

# Optimasi Pengaturan Parameter Bubut pada Material SKD 11 terhadap Kekasaran dan *Material Removal Rate* Menggunakan Metode Taguchi Grey Fuzzy

Anita Nuryanti<sup>1\*</sup>, Pranowo Sidi<sup>2</sup>, Farizi Rachman<sup>3</sup>

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [anitanuryanti12@gmail.com](mailto:anitanuryanti12@gmail.com)<sup>1\*</sup>

---

**Abstract** – Within the increasing of competitive and demand for quality product in the market place, therefore the demands for quality for metal cutting are getting higher, one of them are turning process. The quality of the product can be seen from the surface roughness and material removal rate. Surface roughness have a affect in functional product. The more smaller in roughness, the quality is more better. Material removal rate in the machining process is very important because it relates to dimensional accuracy in tool, dies serta mold. This research using parameter related to turning such as spindle speed, feed rate and depth of cut for material SKD 11 using chisel CNMG. The analysis was performed using Taguchi Grey Fuzzy methd by combining two responses of surface roughness and material removal rate. The result shows that, feed rate, spindle speed and depth of cut has no significant effect to surface roughness and material removal rate. The percent contribuion od feed rate 0,086% depth of cut 15,44% and spindle speed 5,216%. The optimum combination of parameters

**Keyword:** surface roughness, material removal rate, parameter, SKD 11, taguchi grey fuzzy

---

## 1. PENDAHULUAN

Tuntutan di industri terhadap kualitas hasil proses pemotongan logam semakin tinggi. Hal tersebut berkaitan dengan meningkatnya daya saing dan permintaan akan produk yang berkualitas di pasar. Salah satunya adalah proses pembubutan. Proses pembubutan merupakan proses pemesinan yang digunakan untuk membuat komponen-komponen mesin berbentuk silindris [1]. Misalnya dalam industri manufaktur, mesin bubut berperan dalam pembuatan komponen-komponen seperti *punch* dan *dies* dalam proses *bending*, *deep drawing* dan *shearing*. Salah satu material yang dapat digunakan dalam pembuatan komponen-komponen tersebut adalah baja SKD 11. Kualitas hasil proses pembubutan dapat dilihat salah satunya dari kekasaran dan *material removal rate*.

Kekasaran dapat mempengaruhi performa yang berkaitan dengan aspek fungsional dari produk. Semakin kecil kekasaran maka semakin baik kualitasnya. Beberapa komponen membutuhkan kehalusan permukaan tertentu agar tidak terjadi gesekan antar komponen, contohnya part-part elemen mesin yang

membutuhkan kehalusan tinggi agar tidak terjadi gesekan antar komponen [2]. *Material removal rate* adalah laju pembuangan gram pada proses bubut. Dalam *material removal rate* pemilihan jenis alat potong akan sangat berpengaruh dalam hasil kualitas suatu produk [3] dan peningkatan produktivitas dalam suatu pengerjaan. Parameter pemesinan yang berpengaruh dalam *material removal rate* adalah *feed rate*, *cutting speed*, dan *depth of cut* [4]. Sehingga, *material removal rate* harus diperhatikan.

Soesanti, pada tahun 2012 melakukan penelitian yang berjudul Optimasi Parameter Permesinan untuk Kekasaran Permukaan, Gaya Potong, dan Umur Pahat pada Proses Bubut dengan Menggunakan metode *Taguchi Grey Fuzzy*. Parameter yang berpengaruh pada kekasaran permukaan adalah gerak makan, radius pojok dan kedalaman potong dengan persen kontribusi masing-masing parameter adalah 37,48%, 34,42%, dan 14,05% [5].

Handoko dan Mudjijana pada tahun 2010, melakukan penelitian dengan judul Pengaruh *Feedrate* Terhadap *Surface Roughness* dan *Material Removal Rate* Pada Operasi Bubut Bahan *Austempered Ductile Iron*. Dalam hasil

penelitian tersebut pengaruh *feed rate* terhadap kekasaran permukaan sangat berpengaruh yaitu antara 1,815 hingga 2,187 mikron dengan federate sebesar 0,082 mm/rev. Sedangkan untuk *metal removal rate* semakin tebal pemotongan makan akan menghasilkan *material removal rate* yang semakin tinggi. Sehingga dengan *feed rate* yang tinggi akan mengurangi *machining time* secara signifikan.

Pada penelitian ini akan dilakukan eksperimen pada material SKD 11 dengan diameter yang lebih kecil, yaitu 12,30 mm dengan pengerjaan bubut luar. Parameter yang digunakan adalah putaran *spindle*, kecepatan pemakanan, dan kedalaman potong yang masing-masing memiliki tiga level dan replikasi sebanyak tiga kali. Metode yang digunakan adalah Taguchi *Grey Fuzzy*.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Alat dan Bahan Penelitian

- a) Material  
Material yang digunakan adalah baja SKD 11.
- b) Alat ukur *material removal rate*  
menggunakan timbangan.
- c) Mesin CNC  
Mesin yang digunakan adalah CNC bubut *Leadwell* milik Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- d) Pahat  
Pahat yang digunakan adalah pahat *insert* berjenis *carbide* CNMG120408-MA.
- e) Alat ukur kekasaran permukaan *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ-310

### 2.2 Rancangan Eksperimen

Metode Taguchi merupakan metodologi yang memiliki tujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dengan menggunakan biaya dan sumber daya seminimal mungkin [6]. Metode Taguchi menggunakan matriks orthogonal untuk menentukan batas minimum jumlah eksperimen yang dilakukan. Parameter yang digunakan adalah *spindle speed*, *feed rate* dan *depth of cut* yang masing-masing memiliki tiga level yang ditunjukkan pada Tabel 1, Kemudian dengan variable responnya adalah kekasaran dan *material removal rate*. Matriks orthogonal yang digunakan adalah  $L_9(3^3)$  yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1: Nilai level variabel bebas

Variabel bebas	Level		
	1	2	3
<i>Spindle speed</i> (RPM)	800	900	1000
<i>Feed Rate</i> (mm/min)	0,08	0,15	0,2
<i>Depth of Cut</i> (mm)	0,2	0,4	0,6

Tabel 2: *Orthogonal Array*

Eksperimen	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Replikasi dilakukan sebanyak tiga kali dan dilakukan randomisasi saat eksperimen untuk menyamakan pengaruh dari faktor-faktor tidak terkendali. Rancangan percobaan seperti Tabel 3 berikut

Tabel 3: Rancangan Percobaan

Eksperimen	Spindle speed (RPM)	Feed Rate (mm/min)	Depth of Cut (mm)
1	800	0,08	0,2
2	800	0,15	0,4
3	800	0,2	0,6
4	900	0,08	0,4
5	900	0,15	0,6
6	900	0,2	0,2
7	1000	0,08	0,6
8	1000	0,15	0,2
9	1000	0,2	0,4

### 2.3 Taguchi Grey Fuzzy

Metode *Grey Relational Analysis* adalah metode yang digunakan untuk menangani permasalahan optimasi multirespon secara serentak. Melalui *Grey Relational Analysis*, nilai *Grey Relational Grade* diperoleh untuk mengevaluasi beberapa respon. Sehingga optimasi dari multirespon yang kompleks dapat dikonversikan menjadi optimasi dari respon tunggal dengan *Grey Relational Grade* sebagai fungsi objektifnya. Langkah-langkah analisis menggunakan Taguchi *Grey Relational Analysis* adalah sebagai berikut:

#### 1. Rasio S/N

Rasio S/N atau yang dikenal juga dengan rasio signal to noise adalah untuk meminimalkan sensitivitas karakteristik kualitas terhadap faktor gangguan. Berdasarkan tipe dari respon, berikut tiga tipe dari rasio S/N yang diaplikasikan :

*Nominal is the best*

$$\frac{S}{N} \text{ rasio} = 10 \log \frac{y^2}{s^2} \quad (1)$$

*Larger is better*

$$\frac{S}{N} \text{ rasio} = -10 \log \frac{1/y^2}{n} \quad (2)$$

*Smaller is better*

$$\frac{S}{N} \text{ rasio} = -10 \log \frac{y^2}{n} \quad (3)$$

Dimana n adalah jumlah pengulangan, y adalah data percobaan dan  $s^2$  adalah varians sampel.

2. Normalisasi Rasio S/N

Normalisasi adalah transformasi yang dilakukan untuk medistribusikan data secara merata dan skala ke dalam rentang yang dapat diterima untuk analisis lebih lanjut. Normalisasi rasio S/N berguna untuk menyamaratakan antara nilai rasio S/N dengan nilai maksimumnya 1 dan minimumnya 0. Berikut ini merupakan rumus normalisasi rasio S/N [7] :

*Nominal is the best*

$$Z_{ij} = \frac{(|Y_{ij}-T|) - \min(|Y_{ij}-T|i)}{\max(|Y_{ij}-T|i) - \min(|Y_{ij}-T|i)} \quad (4)$$

*Larger the better*

$$Z_{ij} = \frac{Y_{ij} - \min(Y_{ij,i=1,2,3,\dots,n})}{\max(Y_{ij,i=1,2,3,\dots,n}) - \min(Y_{ij,i=1,2,\dots,n})} \quad (5)$$

*Smaller the better*

$$Z_{ij} = \frac{\max(Y_{ij,i=1,2,3,\dots,n}) - Y_{ij}}{\max(Y_{ij,i=1,2,3,\dots,n}) - \min(Y_{ij,i=1,2,\dots,n})} \quad (6)$$

Dimana,

$Z_{ij}$  = normalisasi rasio S/N

$Y_{ij}$  = rasion S/N eksperimen ke-i

T = nilai target

Min  $Y_{ij}$  = nilai terendah rasio S/N ke-i

Max  $Y_{ij}$  = nilai tertinggi rasio S/N ke-i

3. Simpangan deviasi

Simpangan deviasi adalah selisih absolut antara nilai maksimum hasil normalisasi yang besarnya 1 dengan data yang telah dinormalisasi. Penentuan simpangan deviasi dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut [7] :

$$\Delta_{ij} = |Z_{oj} - Z_{ij}| \quad (7)$$

Dimana

$\Delta_{ij}$  = nilai simpangan deviasi

$Z_{oj}$  = nilai normalisasi rasio S/N terbesar

$Z_{ij}$  = nilai normalisasi rasio S/N eksperimen ke-i

4. Grey Relational Coefficient(GRC)

$$GC_{ij} = \frac{\Delta_{min} + \lambda \Delta_{max}}{\Delta_{ij} + \lambda \Delta_{max}} \quad (8)$$

Dimana

$GC_{ij}$  = Grey Relational Coefficient untuk eksperimen ke-i dan variabel/respon ke-j

$\Delta_{min}$  = nilai terendah dari rangkaian deviasi

$\Delta_{max}$  = nilai tertinggi dari rangkaian deviasi

$\lambda$  = koefisien pembeda ( $0 \leq \lambda \leq 1$ )

$\Delta_{ij}$  = angka deviasi

5. Fuzzification

*Fuzzification* merupakan proses perubahan nilai awal, yaitu *grey relation coefficient* menjadi bilangan *Fuzzy* dengan menggunakan fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang digunakan untuk menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan). Interval

nilai keanggotaan yang digunakan adalah antara 0 sampai 1.

6. Fuzzy Rules

*Fuzzy rules* merupakan aturan yang menjelaskan mengenai hubungan antara *output* dan nilai-nilai tertentu pada masing-masing variabel *input*. Selain itu, *fuzzy rules* juga merupakan alat penarik kesimpulan akan menghasilkan nilai *fuzzy* berdasarkan logika *fuzzy*. Biasanya *fuzzy rules* dibuat berdasarkan pengelompokkan dengan bentuk batasan aturan *if-then* (jika-maka).

7. Defuzzification

*Defuzzification* merupakan perubahan nilai *fuzzy* menjadi *Grey Fuzzy Reasoning Grade (GFRG)* dengan cara melakukan pemetaan himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas (*crisp*). Metode yang paling sering digunakan padaproses *defuzzification* adalah metode *Centroid*. Pada metode ini, *defuzzification* yang dilakukan dengan cara mengambil titik pusat ( $z^*$ ) daerah *fuzzy*.

8. Analysis of Variance

Analisis varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif memperkirakan kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians digunakan pada desain parameter berguna untuk mengidentifikasi kontribusi faktor, sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan.

9. Prediksi GFRG Optimal

Bertujuan untuk mengetahui faktor yang berkontribusi optimal pada eksperimen. Dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\mu_{prediksi} = Y + (A-Y) + (B-Y) + (C-Y) \quad (9)$$

Dengan :

Y = nilai rata-rata keseluruhan GFRG

A/B/C = nilai GRG yang optimal pada faktor A/B/C

10. Interpretasi hasil

a. Persen kontribusi

Persen kontribusi adalah fungsi jumlah kuadrat untuk masing-masing faktor yang signifikan

$$\rho = \frac{SS_A}{SS_{(total)}} \times 100\% \quad (10)$$

b. Interval kepercayaan eksperimen prediksi

$$CI = \pm \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;V_e} \times MS_e}{n_{eff}}} \quad (11)$$

Dengan,

$$n_{eff} = \frac{\text{jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan}}$$

$F_{\alpha;1;V_e}$  = rasio F

$MS_e$  = rata-rata kuadrat error (variansi kesalahan)

c. Interval kepercayaan eksperimen konfirmasi

$$CI = \pm \sqrt{F_{\alpha;1;V_e} MS_e \left[ \left( \frac{1}{n_{eff}} \right) + \left( \frac{1}{r} \right) \right]} \quad (12)$$

Dengan:

r = jumlah eksperimen konfirmasi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Eksperimen

Setelah dilakukan pengambilan data maka didapat hasil pengukuran kekasaran permukaan dan *material removal rate*.

Tabel 4 : Nilai Kekasaran Permukaan *Material Removal Rate*

Eks.	Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ )			<i>Material Removal Rate</i> (gr)		
	1	0,752	0,848	0,974	6	3
2	0,751	0,680	0,655	6,67	6,67	8
3	1,966	2,023	2,091	9	10	9
4	0,885	0,806	0,649	7	7	7
5	1,292	1,075	1,233	8,67	9	10
6	1,304	1,238	1,034	6	7	4
7	0,769	0,712	0,593	8	8	8
8	0,809	0,327	1,007	3,33	2	3,333
9	1,626	1,146	1,034	4	7	7

#### 3.2. Perhitungan Rasio S/N

Perhitungan rasio S/N kekasaran permukaan dan *material removal rate* menggunakan pendekatan *Smaller is Better* atau disebut juga semakin kecil semakin baik. Persamaan yang digunakan adalah persamaan 3. Berikut merupakan hasil perhitungan rasio S/N dalam Tabel 5.

Tabel 5 : Rasio S/N Kekasaran Permukaan dan *material removal rate*

Eksperimen	$Y_{ij}$	$Y_{ik}$
1	1,282	-14,100
2	1,838	-17,073
3	-6,139	-19,412
4	-2,093	-16,902
5	-1,608	-19,313
6	-1,567	-15,272
7	-3,159	-18,062
8	-2,279	-9,415
9	-2,241	-15,798

#### 3.3. Perhitungan Normalisasi Rasio S/N

Perhitungan Normalisasi Rasio S/N kekasaran permukaan dan *material removal rate* berdasarkan karakteristik kualitas *smaller is better*, Sehingga persamaan yang digunakan adalah persamaan 6. Berikut Tabel 6 merupakan hasil perhitungan normalisasi rasio S/N.

Tabel 6 : Hasil Normalisasi Rasio S/N Kekasaran Permukaan dan *material removal rate*

Eksperimen	$Z_{ij}$	$Z_{ik}$
1	0,202	0,469
2	0,142	0,766
3	1	1
4	0,115	0,749
5	0,513	0,990
6	0,508	0,586
7	0	0,865
8	0,095	0
9	0,581	0,329

#### 3.4. Perhitungan Simpangan Deviasi

Perhitungan ini menggunakan persamaan 7, maka hasil perhitungan simpangan deviasi ditunjukkan pada Tabel 7 dibawah ini

Tabel 7 : Nilai Simpangan Deviasi

Eksperimen	$\Delta_{ij}$	$\Delta_{ik}$
1	0,798	0,531
2	0,58	0,234
3	0	0
4	0,885	0,251
5	0,487	0,009
6	0,492	0,414
7	1	0,135
8	0,905	1
9	0,419	0,671

#### 3.5. Perhitungan GRC

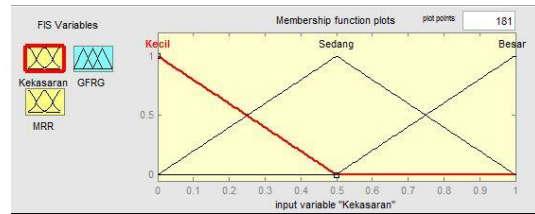
Nilai  $\lambda$  yang digunakan pada umumnya adalah 0,5. Perhitungan ini menggunakan persamaan 8 maka hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 8 dibawah ini

Tabel 8 : Nilai GRC

Eksperimen	GC <sub>ij</sub>	GC <sub>ik</sub>
1	0,385	0,485
2	0,368	0,681
3	1	1
4	0,361	0,666
5	0,506	0,981
6	0,504	0,547
7	0,333	0,787
8	0,356	0,333
9	0,544	0,427

#### 3.6. Fuzzification

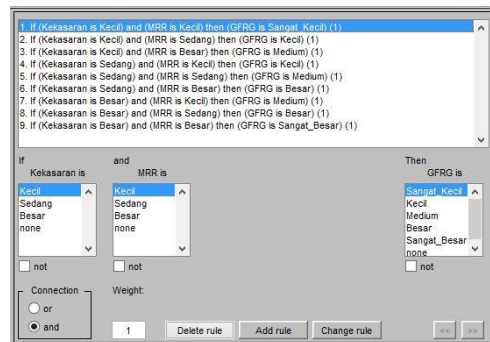
*Fuzzification* merupakan proses perubahan input menjadi bilangan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan. Variabel inputnya adalah kekasaran permukaan dan *material removal rate* (*MRR*).



Gambar 1. Fungsi Keanggotaan untuk kekasaran dan *MRR*

#### 3.7. Fuzzy Rules

Pembuatan *fuzzy rules* yang berupa aturan *if-then* (jikamaka) menggunakan *grey relational coefficient* dari respon-respon sebagai variabel *input*, dan *GFRG* sebagai variabel *output* nya.

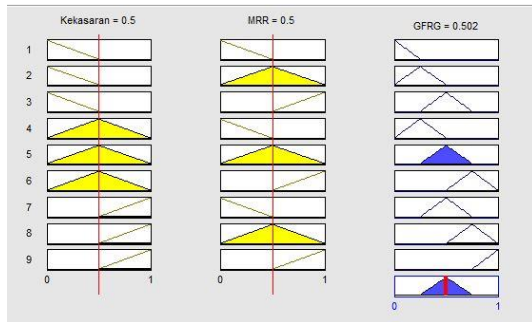


Gambar 2. Fuzzy Rules

#### 3.8. Defuzzification

9 aturan *fuzzy* yang digunakan pada gambar 2 diolah menjadi nilai *GFRG* dengan cara

melakukan pemetaan himpunan *fuzzy* ke himpunan tegas (*crisp*). Proses yang digunakan untuk perubahan nilai tersebut adalah proses *defuzzification* dan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Centroid*.



Gambar 3. Defuzzification

### 3.9. Rasio S/N GFRG

Perhitungan rasio S/N GRG menggunakan karakteristik kualitas *larger is better* karena rasio S/N didefinisikan sedemikian hingga selalu dapat ditransformasikan karakteristik kualitas semakin besar semakin baik. Perhitungan ini menggunakan persamaan 8.

Tabel 9. Hasil Rasio S/N GFRG

Eksperimen	S/N GFRG
1	-7,290
2	-5,697
3	-0,72
4	-5,832
5	-2,651
6	-5,482
7	-8,024
8	-5,730
9	-6,214

### 3.10. ANOVA Rasio S/N GFRG

*Analysis of Variance* digunakan untuk mengetahui faktor-faktor mana saja yang berpengaruh terhadap variabel respon dan mengetahui besarnya kontribusi faktor tersebut.

Tabel 10: Analysis of Variance Rasio S/N GFRG

Faktor	Df	Adj SS	Adj MS	F Hitung	P
Spindle Speed	2	8,363	4,181	1,044	0,489
Feed Rate	2	14,318	7,159	1,787	0,359
Depth of Cut	2	10,1407	5,0704	1,266	0,441
Error	2	8,0107	4,0053		
ST	8	40,832			

Pada pengujian hipotesis pada masing-masing faktor dengan membandingkan nilai F hitung dengan F tabel. F tabel yang dipilih dengan tingkat kepercayaan 95% dengan  $\alpha$  sebesar 0,05 dalam tabel  $F_{(0,05;2;2)}$ . Berikut ini merupakan pengujian hipotesa pada masing-masing faktor:

Tabel 11 : Uji Hipotesis

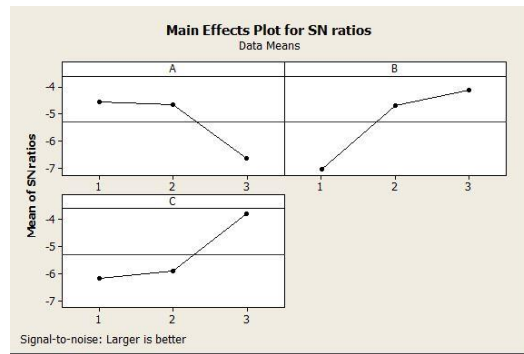
Faktor	F hitung	F tabel	Kesimpulan
Spindle Speed	1,044	19	Diterima
Feed Rate	1,787	19	Dierima
Depth of Cut	1,266	19	Diterima

### 3.11. Perhitungan parameter optimum

Perhitungan parameter optimum bertujuan untuk mengetahui level optimum pada parameter terhadap respon dari eksperimen.

Tabel 12 : Parameter Optimum Respon GFRG

Level	Spindle Speed	Feed Rate	Depth of Cut
1	-4,570	-7,049	-6,167
2	-4,655	-4,692	-5,914
3	-6,656	-4,140	-3,800
Selisih	2,086	2,909	2,386
Rank	3	1	2



Gambar 4. Grafik Level Optimal Rasio S/N GFRG

Berdasarkan Gambar 4, nilai parameter yang optimal untuk mendapatkan kekasaran permukaan dan *material removal rate* pada faktor *spindle speed* pada level 1, *feed rate* pada level 3 dan *depth of cut* pada level 3.

### 3.12. Prediksi GRG Optimal

$$\begin{aligned} \mu \text{ prediksi} &= Y + (FA_{GRG} - Y) + (FB_{GRG} - Y) + \\ &\quad (FC_{GRG} - Y) \\ &= -5,924 + (-4,570 - (-5,294)) + \\ &\quad (-4,140 - (-5,294)) + (-5,194 - \\ &\quad (-5,294)) \\ &= -1,923 \end{aligned}$$

Nilai Y merupakan nilai rata-rata keseluruhan data Rasio S/N GFRG. Data yang digunakan hanya *spindle speed* level 1, *feed rate* level 3 dan *depth of cut* level 3. Nilai tersebut digunakan sebagai konstanta pengurangan serta penjumlahan pada penentuan batas bawah dan atas interval kepercayaan.

### 3.13. Persen kontribusi

Dengan menggunakan persamaan 10, maka persen kontribusi untuk masing-masing faktor ditunjukkan pada Tabel dibawah ini

Tabel 13 : Paramter Optimum Respon GRG

Level	Dof	SS' faktor	P%
Spindle Speed	2	0,352	0,862%
Feed Rate	2	6,307	15,446%
Depth of Cut	2	2,130	5,216%

Pada perhitungan diatas menunjukkan bahwa parameter *spindle speed*, *feed rate* dan *depth of cut* tidak memberikan pengaruh kontribusi signifikan terhadap hasil kekasaran permukaan dan *material removal rate*.

### 3.14. Interval kepercayaan prediksi

Untuk menghitung interval kepercayaan menggunakan persamaan 12. Diketahui bahwa  $\alpha = 5\%$ ,  $V_e = 2$ , maka nilai F tabel yang digunakan yaitu menggunakan tingkat kepercayaan 95%, jika dilihat pada F tabel maka bentuk  $F_{(0,05;1;2)}$  adalah 18,51. Perhitungan interval kepercayaan adalah sebagai berikut ini:

$$n_{eff} = \frac{\text{jumlah data percobaan keseluruhan}}{1 + \text{jumlah derajat bebas yang berpengaruh}}$$

$$n_{eff} = \frac{9 \times 3}{1 + 2 + 2}$$

$$= 5,4$$

$$CI = \pm \sqrt{\frac{F_{\alpha;1;V_e} \times MS_e}{n_{eff}}}$$

$$= \pm \sqrt{\frac{18,51 \times 4,0053}{3,857}}$$

$$= 4,3854$$

$$\mu_{prediksi} - CI \leq \mu \leq \mu_{prediksi} + CI$$

$$(-1,923) - 4,384 \leq \mu \leq (-1,923) + 4,384$$

$$-6,307 \leq \mu \leq 2,462$$

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian tugas akhir yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan, diantaranya adalah :

1. Variabel *spindle speed*, *feed rate* dan *depth of cut* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil kekasaran permukaan dan *material removal rate* pada baja SKD 11.
2. Parameter kombinasi optimum pada mesin bubut *CNC Leadwell* untuk meminimalkan penyimpangan geometri kekasaran permukaan dan *metal removal rate* pada baja SKD 11 adalah *spindle speed* bernilai 800 rpm, *feed rate* bernilai 0,2 mm/menit dan *depth of cut* bernilai 0,6 mm.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutrisno, B.R. (2019). *Analisa Nilai Kekasaran dan Kebulatan Permukaan Lubang Hasil Pembubutan Baja ST 41 Dengan Metode Taguchi Grey. Laporan Tugas Akhir*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- [2] Nurkholies, P. (2019). *Optimasi Setting Parameter CNC Milling pada Material S50C terhadap Kekasaran Permukaan dan Keausan End Mill menggunakan Metode Taguchi Grey Relational Analysis. Laporan Tugas Akhir*. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- [3] Yanda, H., Othman, K., dkk. (2010). *Optimization of Material Removal Rate, Surface Roughness and Tool Life on Conventional Dry Turning FCD 700*.

**International Journal of Mechanical and Material Engineering**. Vol.5 No.2, pp. 182–190.

- [4] Handoko dan Mudjijiana,. (2012). *Pengaruh Feed Rate Terhadap Surface Roughness dan Material Removal Rate pada Operasi Bubut Bahan Austempered Ductir Iron. Prosiding Seminar Nasional*. Universitas Gajah Mada., pp. 47-49.
- [5] Soesanti, A. (2012). *Optimasi Parameter Permesinan untuk Kekasaran Permukaan, Gaya potong dan Umur Pahat pada Proses Bubut dengan Menggunakan Metode Taguchi-Grey-Fuzzy. Laporan Tesis*. Intitut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [6] Soejanto, I. (2009). **Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi**. Graha Ilmu. Yogyakarta, Indonesia.