



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201953277, 2 September 2019

Pencipta

Nama : **Am. Mufarrih, Kuni Nadliroh,**
Alamat : Jl. Pemuda, No. 41 A, RT/RW 008/002, Kelurahan Ngrowo,
Kecamatan Bojonegoro, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur,
62119
Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **Universitas Nusantara PGRI Kediri**
Alamat : Jl. KH. Ahmad Dahlan No.76, Mojoroto, Kec. Mojoroto, Kediri,
Jawa Timur, 64112
Kewarganegaraan : Indonesia
Jenis Ciptaan : **Program Komputer**
Judul Ciptaan : **GRA Soft**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 21 Agustus 2019, di Kota Kediri
Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.
Nomor pencatatan : 000152559

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Am. Mufarrih	Jl. Pemuda, No. 41 A, RT/RW 008/002, Kelurahan Ngrowo, Kecamatan Bojonegoro
2	Kuni Nadliroh	Tegalrejo, RT/RW 002/005, Desa Tegalrejo, Kec. Rejotangan



BUKU PANDUAN GRA - SOFT



Am. Mufarrih, M.T.

(KETUA / NIDN. 0730048904)

Kuni Nadliroh, M.Si.

(Anggota / NIDN. 0711058801)

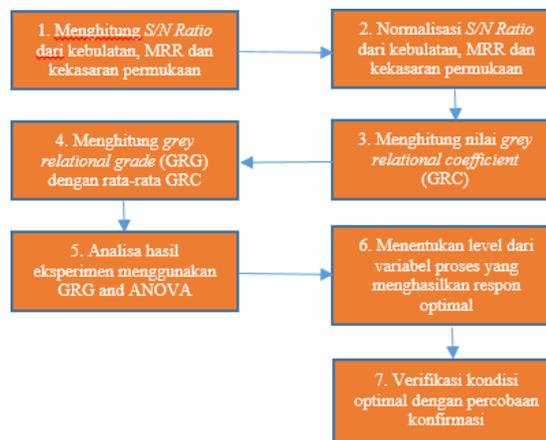
Universitas Nusantara PGRI Kediri

1. Pendahuluan

Metode Taguchi telah dilakukan untuk menganalisis hasil eksperimen. Metode Taguchi menggunakan rancangan matriks ortogonal untuk mempelajari variabel-variabel dan interaksinya menggunakan percobaan dalam jumlah kecil. *Grey relational grade* (GRG) digunakan untuk mengkonversi masalah multirespon menjadi satu respon. Ruang lingkup penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kombinasi optimal dari variabel proses yang secara bersamaan meminimalkan kekasaran permukaan, kebulatan serta memaksimalkan laju pembuangan geram atau *material removal rate* (MRR). Untuk mencapai tujuan ini, maka digunakan Taguchi yang dikombinasikan dengan *grey relational analysis*.

2. Operasional GRA – SOFT

Langkah-langkah yang digunakan untuk melakukan optimasi menggunakan Taguchi-*grey relational analysis* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah optimasi menggunakan *Taguchi-grey relational analysis*

Perhitungan S/N Ratio

Signal to noise ratio (S/N) dalam metode Taguchi merupakan ukuran karakteristik kualitas dan nilai penyimpangan dari nilai yang diinginkan. Ada tiga jenis karakteristik kualitas dalam analisa S/N ratio. S/N ratio dari respon kekasaran permukaan dan kebulatan dihitung menggunakan karakteristik semakin kecil semakin baik, sedangkan S/N ratio dari MRR dihitung menggunakan karakteristik semakin besar semakin baik. S/N ratio dari seluruh respon dapat dilihat pada Tabel 2.

Persamaan 1 menunjukkan rumus S/N Ratio karakteristik semakin kecil semakin baik.

$$S/N = -10 \log \left[\frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right] \quad (1)$$

Sedangkan S/N Ratio untuk karakteristik semakin besar semakin baik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S/N = -10 \log \left[\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n} \right] \quad (2)$$

Dimana n adalah jumlah pengukuran dan y_i adalah karakteristik nilai yang diukur.

Normalisasi S/N Ratio

Dalam *Grey relational analysis, data preprocessing* digunakan untuk menormalisasi data awal. Data hasil eksperimen yaitu nilai kekasaran permukaan, kebulatan dan MRR dirubah menjadi nilai antara 0 dan 1 dengan menggunakan normalisasi linier. Dalam penelitian ini, nilai kekasaran permukaan dan kebulatan harus diminimalkan (semakin kecil semakin baik), persamaan yang digunakan ialah sebagai berikut:

$$X_i^*(k) = \frac{\max_{\forall k} X_i(k) - X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \quad (3)$$

Sedangkan MRR mempunyai karakteristik semakin besar semakin baik dan normalisasi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X_i^*(k) = \frac{X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)}{\max_{\forall k} X_i(k) - \min_{\forall k} X_i(k)} \quad (4)$$

Dimana $x_i^*(k)$ adalah nilai setelah *grey relational generation* (nilai normalisasi), $\max(x_i(k))$ and $\min(x_i(k))$ adalah nilai tertinggi dan nilai terendah dari $x_i(k)$ untuk respon ke-k secara berurutan, k menjadi 1 untuk kekasaran permukaan, 2 untuk kebulatan dan 3 untuk MRR.

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan data setelah *grey relational generation*. Hasil normalisasi yang lebih besar berarti menghasilkan kinerja yang lebih baik dan hasil normalisasi terbaik harus sama dengan jumlah keseluruhan.

Tabel 2. S/N Ratio dan normalisasi S/N Ratio

No.	S/N Ratio			Normalisasi S/N Ratio		
	Ra	Kb	MRR	Ra	Kb	MRR
1	-1.889	-20.000	-2.427	0.000	0.000	0.000
2	-6.653	-26.021	6.235	0.415	0.356	0.564
3	-9.916	-29.542	9.221	0.699	0.565	0.759
4	-8.669	-29.542	6.529	0.590	0.565	0.583
5	-10.829	-33.979	11.792	0.778	0.827	0.926
6	-10.555	-33.979	8.350	0.755	0.827	0.702
7	-10.817	-36.902	12.924	0.777	1.000	1.000
8	-11.443	-33.979	9.794	0.832	0.827	0.796
9	-13.373	-36.902	11.815	1.000	1.000	0.928

Grey Relational Coefficient

Korelasi antara hasil eksperimen terbaik dan aktual, dilambangkan dengan *grey relational coefficients* (GRC). Rumus untuk menghitung *grey relational coefficients* ($\xi_i(k)$) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta_{min} + \zeta \Delta_{max}}{\Delta_{0,i}(k) + \zeta \Delta_{max}} \quad (5)$$

Dimana $\Delta_{0,i}(k)$ adalah *deviation sequence* dari *reference sequence* $x_0^*(k)$ dan *comparability sequence* $x_i^*(k)$. ζ adalah koefisien pembeda ($\zeta \in [0,1]$) dan digunakan untuk mengatur perbedaan koefisien relasional. Dalam penelitian ini ζ diambil nilai 0.5 dan kemudian *grey relational coefficient* dihitung menggunakan persamaan 5 dan disajikan pada tabel 3.

Grey relational grade

Rumus untuk menghitung *grey relational grade* adalah sebagai berikut:

$$\alpha_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (6)$$

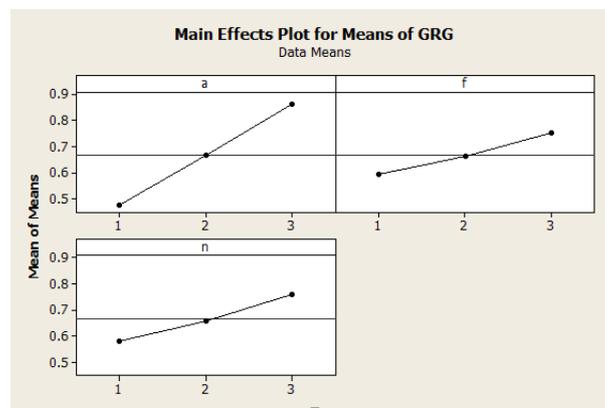
Dimana n adalah jumlah karakteristik kualitas. Jika *grey relational grade* nilai yang lebih besar, hal itu menunjukkan bahwa kombinasi variabel proses yang digunakan sudah mendekati nilai optimal.

Grey relational ordering

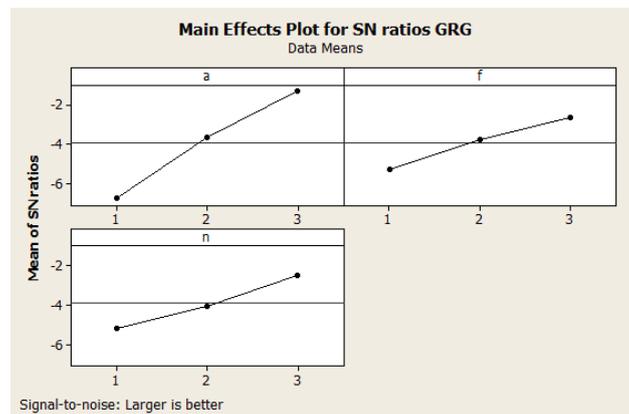
Urutan pertama nilai *grey relational grade* paling besar. Nilai *grey relational grade* dihitung menggunakan Persamaan 6. dan urutan *grey relational grade* disajikan dalam tabel 4. Dari tabel 4, kita dapat mengetahui bahwa pengaturan parameter ke-9 (percobaan 9) memiliki nilai *grey relational grade* terbesar dan ini menunjukkan bahwa percobaan 9 adalah pengaturan variabel proses pembubutan yang optimal untuk meminimalkan kekasaran permukaan dan kebulatan, serta memaksimalkan MRR secara bersamaan di antara sembilan percobaan yang dipilih. Karakteristik semakin besar semakin baik dari *grey relational grade* dianggap mewakili karakteristik kualitas dari multirespon, karena karakteristik kinerja multirespon yang lebih tinggi adalah target dari penelitian ini. Level dari variabel proses dengan *S/N ratio* tertinggi memberikan kombinasi optimal. Sehingga dapat diketahui bahwa pengaturan variabel proses untuk karakteristik multirespon yang optimal adalah $a_3f_3n_3$. *Main effect plot* untuk rata-rata GRG ditunjukkan Gambar 2. dan *main effect plot* untuk *S/N ratio* dari GRG ditunjukkan Gambar 3.

Tabel 3. *Grey relational coefficient* dan *grey relational grades*

Trial No.	<i>Grey relational coefficient</i>			GRG	Order
	Ra	Kebulatan	MRR		
1	0.333	0.333	0.333	0.3333	9
2	0.461	0.437	0.534	0.4774	8
3	0.624	0.535	0.675	0.6111	6
4	0.550	0.535	0.546	0.5432	7
5	0.693	0.743	0.871	0.7691	3
6	0.671	0.743	0.627	0.6801	5
7	0.692	1.000	1.000	0.8973	2
8	0.748	0.743	0.710	0.7339	4
9	1.000	1.000	0.874	0.9579	1



Gambar 2. *Main effect plot* untuk rata-rata GRG



Gambar 3. *Main effect plot* untuk *S/N Ratio* GRG

Sehingga dapat diketahui bahwa kombinasi paling baik untuk memaksimalkan karakteristik multirespon atau GRG adalah kedalaman potong sebesar 1,5 mm, gerak makan sebesar 0.15 mm/put dan putaran spindel sebesar 1000 rpm. Tabel respon untuk rata-rata GRG ditunjukkan pada Tabel 4. Tabel respon untuk S/N ratio GRG ditunjukkan pada Tabel 5. Hasil ANOVA dari karakteristik multirespon disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan analisa pada Tabel ini, dapat disimpulkan bahwa kedalaman potong diikuti putaran spindel dan gerak makan berpengaruh signifikan terhadap *grey relational grade*.

Tabel 4. Tabel respon untuk rata-rata GRG

Level	a (mm)	f (mm/rev)	n (rpm)
1	0.4739	0.5912	0.5824
2	0.6642	0.6601	0.6595
3	0.8630	0.7497	0.7591
Delta	0.3891	0.1584	0.1767
Rank	1	3	2

Average mean = 0.5407

Tabel 5. Tabel Respon untuk S/N Ratio GRG

Level	a (mm)	f (mm/rev)	n (rpm)
1	-6.748	-5.261	-5.192
2	-3.643	-3.796	-4.032
3	-1.334	-2.667	-2.500
Delta	5.414	2.595	2.693
Rank	1	3	2

Tabel 6. ANOVA untuk GRG (karakteristik multirespon)

Source	DF	Seq SS	Adj MS	F	P	% contribution
a	2	44.2778	22.1389	86.23	0.11	66.42
f	2	10.1557	5.0779	19.78	0.048	14.63
n	2	10.9464	5.4732	21.32	0.045	15.83
Error	2	0.5135	0.2567			3.12
Total	8	65.8934				100.00

S = 0.05648 R-Sq = 98.0% R-Sq(adj) = 92.0%

Prediksi Optimal Multirespon dan Percobaan Konfirmasi

Prediksi multirespon bertujuan untuk menghitung prediksi GRG yang dihasilkan dari kondisi optimum pada proses bubut. Persamaan 6 digunakan untuk perhitungan prediksi nilai *grey relational grade*.

$$\hat{\gamma} = \gamma_m + \sum_{i=1}^n (\bar{\gamma}_i - \gamma_m) \quad (7)$$

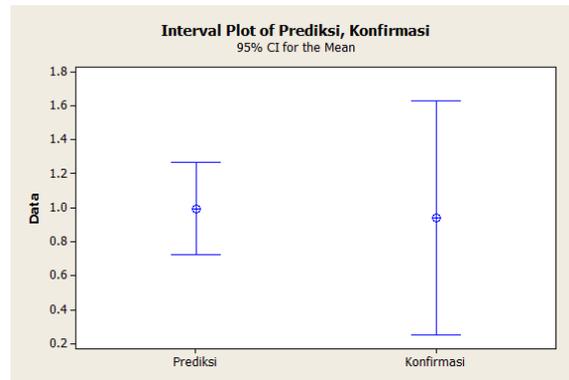
Dimana γ_m adalah jumlah total rata-rata GRG, γ_i adalah rata-rata GRG pada level optimum, n adalah jumlah rancangan variabel proses utama yang mempengaruhi karakteristik kualitas. Tujuan dari eksperimen konfirmasi adalah untuk memverifikasi peningkatan karakteristik kinerja proses bubut. Dengan menggunakan persamaan 6. *grey relational grade* (GRG) diprediksi untuk kombinasi variabel proses optimal adalah (a3-f3-n3) dan nilai GRG sebesar 0,9954.

Validasi hasil eksperimen telah dilakukan oleh percobaan konfirmasi. Tabel 7. menunjukkan hasil percobaan konfirmasi. Percobaan konfirmasi dilakukan dengan replikasi sebanyak tiga kali dan rata-rata percobaan ini kemudian digunakan untuk memvalidasi nilai prediksi.

Table 7. Hasil eksperimen konfirmasi

Trial No.	Variabel proses			Kekasaran permukaan (μm)	Kebulatan (μm)	MRR (cm^3/min)
	a	f	n			
1	3	3	3	4.887	70	4.245
2	3	3	3	4.821	70	4.197
3	3	3	3	3.981	70	4.203
Rata-rata				4.563	70	4.215

GRG yang dihitung dari eksperimen konfirmasi adalah sebesar 0,9718. *Interval plots* dari GRG prediksi dan GRG eksperimen konfirmasi dengan tingkat keyakinan 95% ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Interval plots GRG prediksi dan GRG eksperimen konfirmasi

Berdasarkan interval plots GRG prediksi dan GRG konfirmasi, nilai GRG konfirmasi ada di kisaran GRG prediksi. Dapat disimpulkan bahwa pengaturan variabel-variabel proses untuk kondisi optimum adalah valid. Perbandingan antara percobaan kombinasi optimum dan kombinasi awal digunakan untuk memperoleh peningkatan kualitas yang dihasilkan dari proses optimasi. Percobaan kombinasi awal adalah eksperimen yang dilakukan dengan menggunakan level 2 untuk semua parameter yang memiliki 3 level. Untuk eksperimen yang memiliki 2 level, level dipilih dari kondisi optimum. Hasil dari percobaan kombinasi awal ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil percobaan kombinasi awal

Trial No.	Variabel proses			Kekasaran permukaan (μm)	Kebulatan (μm)	MRR (cm^3/min)
	a	f	n			
1	3	3	3	3.678	50	3.864
2	3	3	3	3.553	50	3.985
3	3	3	3	3.404	50	4.055
Rata-rata				3.545	50	3.968

Nilai GRG yang dihitung dari percobaan kombinasi awal adalah sebesar 0,7798. Perbandingan respon individu dari percobaan kombinasi awal dan percobaan kombinasi optimal dihitung dan ditabulasikan pada Tabel 10. Perbandingan antara karakteristik multirespon yang diwakili oleh GRG untuk kedua eksperimen juga ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil dari percobaan kombinasi awal dan percobaan kombinasi optimum

	Awal	Optimum	Peningkatan	
SR	3.545	4.563	29%	Increase
KB	50	70	40%	Increase
MRR	3.9679	4.215	6%	Increase
GRG	0.7798	0.9718	25%	Increase

Berdasarkan Tabel 10, GRG yang mewakili karakteristik multirespon meningkat hingga 25% dari 0,7798 menjadi 0,9718. MRR meningkat hingga 6% dari 3.9679 cm³ / menit menjadi 4.215 cm³ / menit. Namun yang harus ditoleransi, kekasaran permukaan dan kebulatan yang seharusnya diturunkan, ternyata justru meningkat. Kebulatan meningkat hingga 40% dari 50 μm hingga 70 μm, dan kekasaran permukaan meningkat hingga 29% dari 3.545 μm menjadi 4,563 μm. Hal ini sesuai dengan karakteristik semakin besar semakin baik yang digunakan sebagai target untuk mengukur karakteristik multirespon kualitas yang dihasilkan dari proses pembubutan dalam percobaan ini.



UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

FAKULTAS TEKNIK

Program Studi : Teknik Mesin, Teknik Elektronika, Teknik Industri,
Teknik Informatika, Sistem Informasi

Alamat : Kampus II, Mojoroto Gang I No. 6 Kediri 64112

Website : www.ft.unpkediri.ac.id E-mail : ft@unpkediri.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor: 0746.2/FT-UN PGRI Kd/STG/A/VIII/2019

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Suryo Widodo, M.Pd

NIP : 19640202 199103 1 002

Jabatan : Dekan Fakultas Teknik

menugaskan:

No	Nama	NIDN	PRODI
1	Am. Mufarrih, S. Pd., MT.	0730048904	Teknik Mesin
2	Kuni Nadliroh, M. Si	0711058801	Teknik Mesin

Untuk melakukan pengajuan Hak Cipta Program Komputer “ GRA-SOFT”

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dan digunakan sebagaimana mestinya.

Atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terimakasih.



Kediri, 30 Agustus 2019
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Suryo Widodo
Dr. Suryo Widodo, M.Pd
NIP. 19640202 199103 1 002