

## OPTIMASI KINERJA MOBIL MAINAN PENGGERAK KARET GELANG MENGUNAKAN METODE TAGUCHI L8

Muhammad irsyad mahdi mubarak<sup>1</sup>, Muhammad ludcky nurhidayat<sup>2</sup>, Hendra Pratama<sup>3</sup>, Ahmad Nabilul Abror<sup>4</sup> Andhika Maulana<sup>5</sup>  
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik  
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia  
e-mail : [@gmail](mailto:_irsyadirsyad565@gmail.com)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan performa mobil mainan dengan penggerak karet gelang menggunakan pendekatan desain eksperimen metode Taguchi. Permasalahan yang diangkat mencakup ketidakstabilan kecepatan, jarak tempuh yang tidak konsisten, serta performa komponen yang belum optimal. Penelitian ini menguji lima faktor utama, yaitu panjang karet gelang, diameter roda, panjang rangka mobil, jenis material roda, dan lebar sumbu roda—masing-masing pada dua level. Percobaan dirancang menggunakan matriks ortogonal L8(2<sup>7</sup>) dan direplikasi sebanyak tiga kali guna meningkatkan keakuratan data. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor yang paling signifikan dalam memengaruhi performa mobil adalah jenis material roda, disusul oleh panjang rangka mobil. Kombinasi optimal yang dihasilkan adalah panjang karet gelang 50 cm, diameter roda 32 mm, panjang rangka 120 mm, jenis roda tutup botol aluminium, dan lebar sumbu roda 91 mm. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan produk edukatif sederhana serta penerapan nyata dari metode Taguchi dalam rekayasa kualitas.

**Kata kunci** : Mobil Mainan, Metode Taguchi, Desain Eksperimen, Penggerak Karet Gelang, Rekayasa Kualitas

### ABSTRACT

*This study aims to optimize the performance of a rubber band-powered toy car using the Taguchi method of experimental design. The main issues addressed include unstable speed, inconsistent travel distance, and suboptimal component performance. Five key factors were tested: rubber band length, wheel diameter, car frame length, wheel material type, and axle width—each at two levels. The experiments were designed using an L8(2<sup>7</sup>) orthogonal array and replicated three times to improve data accuracy. The analysis revealed that the most significant factor affecting performance was the type of wheel material, followed by the length of the car frame. The optimal combination identified was a 50 cm rubber band length, 32 mm wheel diameter, 120 mm frame length, aluminum bottle cap wheels, and 91 mm axle width. This research contributes to the development of simple educational products and demonstrates a practical application of the Taguchi method in quality engineering.*

**Keywords:** Toy Car, Taguchi Method, Experimental Design, Rubber Band Propulsion, Quality Engineering

---

### Jejak Artikel

Uploud artikel : 11 Oktober 2025

Revisi : 16 Oktober 2025

Publish : 29 Oktober 2025

---

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia teknologi dan pendidikan menuntut penerapan metode belajar yang lebih interaktif dan praktis, salah satunya adalah dengan memanfaatkan media permainan yang bersifat edukatif. Salah satunya adalah mobil mainan yang digerakkan oleh karet,

sebagai media pembelajaran yang bisa memperkenalkan prinsip dasar fisika dan teknik secara langsung kepada siswa dan mahasiswa..

Untuk mengatasi masalah-masalah ini, diperlukan pendekatan yang terencana untuk meningkatkan kinerja mobil mainan tersebut. Salah satu cara yang sesuai adalah melalui rekayasa kualitas, yang merupakan teknik untuk menemukan dan memperbaiki isu-isu kualitas

dalam suatu produk atau proses. Dalam hal ini, metode Taguchi dipilih karena kemampuannya dalam merancang eksperimen dengan efisien, mengenali faktor-faktor kunci, serta menemukan kombinasi parameter yang optimal dengan mengurangi dampak dari faktor pengganggu.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan faktor-faktor yang paling signifikan dalam mempengaruhi performa mobil mainan dengan penggerak karet, terutama terkait jarak tempuh, serta menentukan desain terbaik yang diinginkan. Beberapa faktor yang akan diuji mencakup panjang karet gelang, diameter roda, panjang rangka mobil, jenis material roda, dan lebar sumbu roda. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti terhadap peningkatan kualitas produk edukatif yang sederhana, serta menjadi sumber acuan dalam penggunaan metode Taguchi dalam penelitian teknik industri.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Desain sebuah percobaan, dengan maksud untuk menemukan kombinasi terbaik dari beberapa faktor yang memengaruhi kinerja mobil mainan yang digerakkan oleh karet, terutama dari sudut pandang jarak yang bisa ditempuh. Metode Taguchi diterapkan sebagai alat utama untuk merancang percobaan dengan cara yang efisien dan efektif.

### A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Sistem Manufaktur dan Ergonomi di Universitas Muhammadiyah Gresik, pada tanggal 7 Juli 2025.

### B. Jenis Dan Pendekatan Penelitian

Tipe penelitian yang digunakan adalah penelitian jenis percobaan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu susunan rangka terbaik untuk menciptakan mobil mainan yang memiliki kecepatan paling baik dan juga melakukan perbaikan.

### C. Objek Penelitian

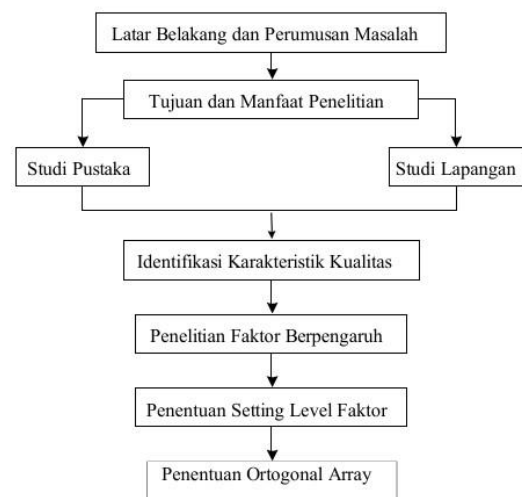
Subjek penelitian yang diteliti adalah mobil mainan dengan penggerak karet yang dianalisis

berdasarkan ketahanan produk. Subjek ini dipantau secara langsung di area produksi.

### D. Variabel Penelitian

Dalam penelitian terdapat 2 variabel yakni variabel bebas (independen) yaitu Panjang Karet Gelang (A), Diameter Roda (B), Panjang Rangka Mobil (C), Jenis Material Roda (D), Lebar Sumbu Roda (E), dan variabel terikat (dependen) yaitu jarak tempuh mobil mainan dalam satuan sentimeter (cm).

**E. Skenario Penelitian** Berikut adalah skenario penyelesaian yang digunakan dalam proyek akhir ini:



## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN A.

### Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Dalam perancangan dan uji kinerja mobil-mobilan berpengerak karet gelang, dilakukan identifikasi terhadap faktor-faktor yang dapat dikendalikan dan dipisahkan dari faktor gangguan. Faktor terkendali merupakan variabel yang nilainya dapat diatur secara sistematis selama eksperimen untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja mobil, terutama jarak tempuh. Proses pengkodean dilakukan untuk faktor kontrol. Faktor kontrol merujuk pada elemen yang nilainya dapat disesuaikan. Detail pengkodean untuk faktor kontrol dapat ditemukan dalam tabel berikut:

Kode	Faktor
A	Panjang Karet Gelang
B	Diameter Roda
C	Panjang Rangka Mobil
D	Jenis Material Roda
E	Lebar sumbu roda

### B. Penentuan Karakteristik Kualitas

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kombinasi yang paling sesuai agar mobil mainan bertenaga karet dapat menempuh jarak maksimal, sehingga karakteristik kualitas yang diadopsi adalah *semakin besar semakin baik (Larger the Better)*.

Pengujian dilakukan untuk menentukan komposisi desain yang paling tepat agar mobil-mobilan berpengerak karet gelang dapat menempuh jarak sejauh mungkin. Oleh karena itu, karakteristik kualitas yang digunakan dalam analisis adalah *Larger-theBetter*, yaitu semakin besar nilai output (jarak tempuh), maka semakin baik kualitas kinerja dari mobil tersebut. Pendekatan ini cocok digunakan untuk mengevaluasi sistem yang diharapkan menghasilkan output maksimum.

### C. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor

Dari berbagai alternatif faktor yang dapat dikendalikan, kita dapat menetapkan level untuk masing-masing faktor yang telah diteliti. Proses penentuan level ini berdasarkan pada pertimbangan berikut:

1. Setiap nilai level tetap berada dalam batas rentang yang ditentukan oleh perusahaan.
2. Titik level yang menunjukkan nilai ekstrem.
3. Level ini masih dapat diatur dengan teknologi proses yang tersedia.

Informasi untuk penentuan level faktor ini didapatkan dari data pabrik yang merupakan hasil kombinasi antara panduan manual dan pengalaman operator. Tabel di bawah ini menyediakan data hasil pengaturan level:

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2
------	----------------	---------	---------

A	Panjang Karet Gelang	50 cm	100 cm
B	Diameter Roda	32 mm	40 cm
C	Panjang Rangka Mobil	100,50 cm	120,0 cm
D	Jenis Material Roda	Tutup Botol plastik	Tutup Botol Aluminium
E	Lebar Sumbu Roda	81 cm	91 cm

### D. Perhitungan Derajat Kebebasan

Perhitungan derajat kebebasan diperlukan untuk menentukan jumlah minimum percobaan yang diperlukan untuk menganalisis faktor yang diamati. Proses menghitung derajat kebebasan dan kombinasi yang direncanakan mendatang akan berdampak pada pemilihan dalam tabel matriks ortogonal yang telah dibahas sebelumnya.

Berdasarkan pemilihan faktor dan penetapan jumlah level, derajat kebebasan dapat dihitung. Ada lima faktor dan dua level dalam penelitian ini:

1. Faktor A = Panjang Karet Gelang (2 level)
2. Faktor B = Diameter Roda (2 level)
3. Faktor C = Panjang Rangka Mobil (2 level)
4. Faktor D = Jenis Material Roda (2 level)
5. Faktor E = Lebar Sumbu Roda (2 level)

maka derajat kebebasan adalah sebagai berikut :

1. Dof untuk faktor A =  $2 - 1 = 1$
2. Dof untuk faktor B =  $2 - 1 = 1$
3. Dof untuk faktor C =  $2 - 1 = 1$
4. Dof untuk faktor D =  $2 - 1 = 1$
5. Dof untuk faktor E =  $2 - 1 = 1$
6. Jumlah Dof =  $1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5$

Jumlah Dof	Orthogonal Array
2 – 3	$L_4(2^3)$
4 – 7	$L_8(2^7)$
8 – 11	$L_{12}(2_{11})$
12 – 15	$L_{16}(2_{15})$

### E. Pemilihan Matriks Orthogonal

Matriks ortogonal yang dipilih harus memiliki ukuran yang setidaknya sama dengan matriks eksperimen. Mengacu pada hasil perhitungan derajat kebebasan, matriks ortogonal yang ditentukan adalah  $L_8(2^7)$  yang memiliki derajat kebebasan mencapai 7. Tabel dari matriks ortogonal  $L_8(2^7)$  dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$								
Eksperi Men	Kolom/Faktor							
	1	2	3	4	5	6	7	
	A	B	C	D	E	e	e	
1	1	1	1	1	1	1	1	
2	1	1	1	2	2	2	2	
3	1	2	2	1	1	2	2	
4	1	2	2	2	2	1	1	
5	2	1	2	1	2	1	2	
6	2	1	2	2	1	2	1	
7	2	2	1	1	2	2	1	
8	2	2	1	2	1	1	2	

### F. Jumlah Replikasi

Replikasi merupakan proses pengulangan perlakuan yang identik dalam eksperimen dengan kondisi yang konsisten untuk meningkatkan akurasi hasil. Dalam penelitian ini, terdapat 3 replikasi untuk setiap percobaan, yang terdiri dari 8 jenis eksperimen. Dengan demikian, total eksperimen yang dilaksanakan adalah sebanyak 24 kali.

### G. Randomisasi

Urutan pengacakan percobaan (*randomisasi*) dilakukan untuk memastikan validitas pengujian dengan cara mengeliminasi potensi bias. Pada eksperimen ini, pengacakan diterapkan pada posisi faktor serta penempatan kode huruf untuk faktor-faktor tersebut.

Proses pengacakan sederhana secara acak dilakukan pada urutan eksperimen dari yang

pertama hingga yang kedelapan. Replikasi dari eksperimen-eksperimen tersebut berlangsung secara berurutan hingga tiga kali. Data mengenai hasil percobaan dari kualitas mobil mainan dapat dilihat pada tabel yang telah disediakan.

### H. Analisa Perhitungan Pengaruh Nilai Level Dari Faktor

Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$								Replikasi Jarak tempuh			Jumlah	Rata Rata
Eksperi Men	Kolom/Faktor							mobil mainan				
	1	2	3	4	5	6	7	I	II	III		
	A	B	C	D	E	e	e					
1	1	1	1	1	1	1	1	100	110	105	315	105
2	1	1	1	2	2	2	2	125	150	160	435	145
3	1	2	2	1	1	2	2	95	105	140	340	113.333
4	1	2	2	2	2	1	1	150	175	125	450	150
5	2	1	2	1	2	1	2	85	100	137	322	107.333
6	2	1	2	2	1	2	1	145	180	140	465	155
7	2	2	1	1	2	2	1	90	120	76	286	95.3333
8	2	2	1	2	1	1	2	165	95	100	360	120
Jumlah											2973	991
Rata-Rata											371.625	123.875

### Response Table for Means

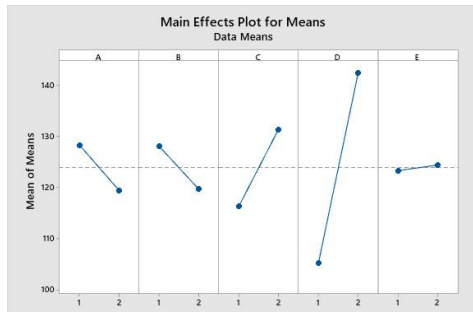
Level	A	B	C	D	E
1	128,3	128,1	116,3	105,2	123,3
2	119,4	119,7	131,4	142,5	124,4
Delta	8,9	8,4	15,1	37,3	1,1
Rank	3	4	2	1	5

Pada hasil response table mean pada minitab kita telah mendapatkan bahwa nilai hasil rata-rata yang dimiliki oleh masing-masing faktor (A,B,C,D,dan E) beserta nilai selisih dari yang terkecil dan yang terbesar yang dapat digunakan untuk melihat pengaruh relatif faktor-faktor tersebut terhadap response seperti berikut ini:

1. Faktor A:
  - a. Level 1 = 128,3
  - b. Level 2 = 119,4
  - c. Delta = 8,9
  - d. Rank = 3
2. Faktor B:
  - a. Level 1 = 128,1

- b. Level 2 = 119,7
  - c. Delta = 8,4
  - d. Rank = 4
3. Faktor C:
- a. Level 1 = 116,3
  - b. Level 2 = 131,4
  - c. Delta = 15,1
  - d. Rank = 2
4. Faktor D:
- a. Level 1 = 105,2
  - b. Level 2 = 142,5
  - c. Delta = 37,3
  - d. Rank = 1
5. Faktor E:
- a. Level 1 = 123,3
  - b. Level 2 = 124,4
  - c. Delta = 1,1
  - d. Rank = 5

Dari hasil nilai delta yang telah didapat kita dapat menyimpulkan bahwa hasil factor D mempunyai hasil nilai delta tertinggi yang berjumlah 37,3. Factor tertinggi kedua adalah C dengan nilai delta sebesar 15,1, dan factor A (8,9), factor B (8,4), dan terakhir factor E dengan pengaruh terkecil yaitu delta sebesar 1,1.



Berdasarkan hasil main effects plot for mean dan jika kita menggunakan metode analisa Larger-the-better maka

hasil jumlah level terbaik masing-masing factor adalah seperti berikut ini:

- Faktor A → Level 1 (128,3 lebih besar dari 119,4)
- Faktor B → Level 1 (128,1 lebih besar dari 119,7)
- Faktor C → Level 2 (131,4 lebih besar dari 116,3)
- Faktor D → Level 2 (142,5 lebih besar dari 105,2)
- Faktor E → Level 2 (124,4 lebih besar dari 123,3)

### I. Analisa Varians Rata-rata Mobil-mobilan Dengan Karet

#### Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	159,01	159,01	159,01	2,36	0,265
B	1	141,68	141,68	141,68	2,10	0,284
C	1	455,01	455,01	455,01	6,74	0,122
D	1	2775,13	2775,13	2775,13	41,10	0,023
E	1	2,35	2,35	2,35	0,03	0,869
Residual Error	2	135,03	135,03	67,51		
Total	7	3668,21				

Berdasarkan table anova rata-rata yang telah didapatkan kita dapat melakukan perbandingan F hitung dengan F tabel (18,51) yang menggunakan asumsi signifikan  $\alpha = 0,05$ , derajat bebas pembilang ( $df1 = 1$ ) dan penyebut ( $df2 = 2$ ),

Berikut adalah hasil kesimpulan perbandingan yang dilakukan:

- Faktor A ( $2,36 < 18,51$ ): tidak signifikan
- Faktor B ( $2,10 < 18,51$ ): tidak signifikan
- Faktor C ( $6,74 < 18,51$ ): tidak signifikan
- Faktor D ( $41,10 > 18,51$ ): signifikan
- Faktor E ( $0,03 < 18,51$ ): tidak signifikan

### J.Strategi pooling

Berdasarkan hasil anova yang telah ada kita akan melakukan pendekatan menggunakan strategi pooling dimana model akan disederhanakan, metode pooling dilakukan dengan mengabungkan faktor-faktor yang

dianggap tidak signifikan dengan residual error. Berikut adalah table hasil pooling pertama

Source	Sq	V/Df	Mq	F ratio
A	159.01	1	159.01	2.35
B	141.68	1	141.68	2.09
C	455.01	1	455.01	6.73
D	2775.13	1	2775.13	41.10
E	2.35	1	2.35	0.034
Residual eror	135.03	2	67.515	
Total	3668.21	7	3600.7	

Karena faktor adalah hasil faktor dengan nilai F terkecil maka faktor E akan dipoling.

Source	Sq	V/Df	Mq	F ratio
A	159.01	1	159.01	3.47
B	141.68	1	141.68	3.09
C	455.01	1	455.01	9.93
D	2775.13	1	2775.13	60.60
Residual eror	137.38	3	45.7933	
Total	3668.21	7	3576.62	

Setelah faktor E telah dipoling faktor B adalah faktor yang memiliki nilai terkecil maka faktor B akan dipoling.

Source	Sq	V/Df	Mq	F ratio
A	159.01	1	159.01	2.29
C	455.01	1	455.01	6.57
D	2775.13	1	2775.13	40.11
Residual eror	276.71	4	69.1775	
Total	3665.86	7	3458.33	

Dari hasil poling yang telah dilakukan kita dapat menyimpulkan bahwa hasil pooling yang

telah kita lakukan kita dapat menyimpulkan kalau faktor yang memiliki nilai signifikan dari yang lainnya adalah faktor C dan D dimana hasil nilai f hitung akhir yang dimiliki faktor tersebut lebih besar dari nilai f table yaitu 7.71

### K.Persen Kontribusi

#### Analysis of Variance for Means

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	159,01	159,01	159,01	2,36	0,265
B	1	141,68	141,68	141,68	2,10	0,284
C	1	455,01	455,01	455,01	6,74	0,122
D	1	2775,13	2775,13	2775,13	41,10	0,023
E	1	2,35	2,35	2,35	0,03	0,869
Residual Error	2	135,03	135,03	67,51		
Total	7	3668,21				

Berdasarkan uji ANOVA yang telah dilakukan kita dapat melaksanakan pengujian mengenai pengaruh yang dimiliki oleh masing-masing faktor terhadap rata-rata, penilaian ini akan kita lakukan menggunakan nilai p value dengan menggunakan ambang batas yaitu 0,05.berikut penjelasannya:

Faktor D adalah faktor yang signifikan berdasarkan pengujian nilai P dimana  $0,023 < 0,05$

Faktor adalah factor yang meskipun tidak signifika tapi masih meunjukkan potensi pengaruh yang cukup kuat juga

Sementara itu factor-faktor lainnya seperti A, B, dan C masih memiliki nilai P value yang sangat dlaut ambang signifikan yang menunjukkan bahwa factor tersebut tidak memiliki pengaruh yang signifikan.

### L. Uji Konfirmasi

Eksperimen akan dilaksanakan guna melakukan pengujian dari kombinasi-kombinasi parameter optimum untuk membuktikan dan mengkonfirmasi hasil analisa. Berikut adalah hasil uji konfirmasi

Eksperimen	hasil	Eksperimen	Hasil
1	172	6	190
2	185	7	192
3	180	8	187
4	192	9	198
5	188	10	193

$$CI = \sqrt{F_{\alpha, v1, v2} \times MSE \times \left( \frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right)}$$

Dengan:

- $F_{\alpha, v1, v2}$  = Nilai F tabel (dengan alpha tertentu, dan derajat bebas  $v1$  dan  $v2$ )
- $MSE$  = Mean square error dari hasil pooling (residual error)
- $r$  = Jumlah replikasi pada uji konfirmasi
- $n_{eff}$  = Efektif sample size, dihitung dengan:

$$n_{eff} = \frac{N}{\text{jumlah dof yang digunakan untuk prediksi}}$$

CI = ±9,38 cm

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN A.

##### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari seluruh pengolahan data yang telah kita lakukan kita telah memperoleh kesimpulan seperti berikut ini:

1. Hasil nilai faktor yang paling signifikan adalah faktor D (jenis Material Roda) yang memiliki hasil kontribusi tertinggi dari faktor-faktor yang lainnya
2. Level yang optimal digunakan pada masing-masing faktor adalah seperti berikut ini
  - a. A (Panjang Karet Gelang): Level 1 (50 mm)
  - b. B (Diameter Roda): Level 1 (32 mm)
  - c. C (Panjang Rangka): Level 2 (120 mm)
  - d. D (Jenis Material Roda): Level 2 (Tutup botol aluminium)
  - e. E (Lebar Sumbu Roda): Level 2 (91 mm)

##### B. Saran

Berdasarkan hasil dari seluruh pengolahan data yang telah kita lakukan saran yang dapat diberikan adalah:

1. Fokus pada pengendalian faktor D karena faktor d memiliki pengaruh yang paling dominan
2. Meningkatkan pengawasan untuk faktor parameter lainnya walaupun tidak signifikan karena memiliki kemungkinan adanya sinergi antar faktor

#### DAFTAR PUSTAKA

- Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Ross, P. J. (1996). *Taguchi Techniques for Quality Engineering* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Winarno, W. (2009). *Statistik dan Probabilitas*. Yogyakarta: UPP STIM YKPN.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's Quality Handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Suryanto, T. (2012). *Metode Eksperimen dan Analisis Data untuk Teknik dan Sains*. Bandung: Informatika.
- Mahbubah, N. A., Nuruddin, M., Dahda, S. S., Andesta, D., Ismiah, E., Widyaningrum, D., ... & Negoro, Y. P. (2022). Optimization of CNC turning parameters for cutting Al6061 to achieve good surface roughness based on Taguchi method. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 99(1), 1-9.