
PENERAPAN METODE TAGUCHI DALAM OPTIMASI DESAIN MOBIL MAINAN PENGGERAK KARET UNTUK DESAIN YANG TANGGUH (ROBUST DESIGN)

Aditya Fakhri Wafiq¹, Alvian Nauvally Rizqi Nuryadi², Firman Maulana³, Muhammad Hafidz
Bahaudin⁴, Ulil Auliya⁵

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia
e-mail : fianal532@gmail.com

ABSTRAK

Mobil mainan dengan penggerak karet merupakan salah satu media pembelajaran yang efektif untuk mengenalkan prinsip dasar fisika dan teknik kepada pelajar. Namun, performa mobil ini sering kali tidak konsisten akibat berbagai faktor teknis seperti jarak tempuh yang tidak stabil, kecepatan yang berubah-ubah, arah laju yang tidak terkendali, serta kerusakan komponen mekanis. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kinerja mobil mainan tersebut menggunakan metode Taguchi. Metode ini dipilih karena mampu mengidentifikasi kombinasi parameter desain yang optimal dan menghasilkan produk yang tidak sensitif terhadap gangguan (robust design). Penelitian difokuskan pada empat faktor utama: panjang botol (A), diameter roda (B), panjang penyangga roda (C), dan panjang penggerak karet (D), dengan karakteristik kualitas "Larger the Better". Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor A, B, dan D berpengaruh signifikan terhadap jarak tempuh mobil. Kombinasi optimal yang diperoleh untuk mencapai jarak tempuh maksimum adalah panjang botol 18 cm, diameter roda 7 cm, panjang penyangga roda 3 cm, dan panjang penggerak karet 6 cm. Temuan ini diharapkan dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas mobil mainan berbasis penggerak karet sebagai alat bantu pembelajaran.

Kata kunci : Rekayasa Kualiatas, Metode Taguchi, Mobil Mainan

ABSTRACT

Toy cars powered by rubber bands are an effective learning medium to introduce basic principles of physics and engineering to students. However, the performance of these cars is often inconsistent due to various technical factors such as unstable travel distance, fluctuating speed, uncontrolled direction of motion, and mechanical component damage. This study aims to improve the quality and performance of the toy cars using the Taguchi method. This method is chosen because it can identify the optimal combination of design parameters and produce products that are insensitive to disturbances (robust design). The research focuses on four main factors: bottle length (A), wheel diameter (B), wheel support length (C), and rubber band length (D), with the quality characteristic "Larger the Better." The analysis results show that factors A, B, and D significantly affect the car's travel distance. The optimal combination obtained to achieve the maximum travel distance is a bottle length of 18 cm, wheel diameter of 7 cm, wheel support length of 3 cm, and rubber band length of 6 cm. These findings are expected to be used to improve the efficiency and effectiveness of rubber band-powered toy cars as learning aids

Keywords : *Quality Engineering, Taguchi Method, Toy Car*

Jejak Artikel

Upload artikel : 12 Oktober 2025

Revisi : 20 Oktober 2025

Publish : 29 Oktober 2025

1. PENDAHULUAN

Mobil mainan dengan menggunakan penggerak karet merupakan salah satu media pembelajaran yang digunakan untuk mengajarkan prinsip dasar fisika dan teknik. Memiliki prinsip kerja yang sederhana, mobil ditarik dengan jarak tertentu dan kemudian dilepaskan sehingga mendorong mobil ke depan. Meskipun memiliki konsep dasar yang sederhana dan mudah dipahami tentunya mobil mainan dengan menggunakan penggerak karet terdapat tantangan yang muncul mengenai kinerja dan kualitas dari mobil tersebut. Seperti jarak tempuh yang tidak konsisten, kecepatan mobil yang tidak stabil, terdapat kerusakan komponen mekanis, dan arah laju tidak stabil.

Rekayasa kualitas merupakan pendekatan sistematis untuk meningkatkan produk atau proses melalui identifikasi dan pemecahan masalah kualitas. Dalam konteks mobil mainan dengan penggerak balon, rekayasa kualitas bertujuan untuk memastikan bahwa mobil dapat beroperasi dengan optimal, memiliki umur pakai yang panjang, dan memberikan pengalaman belajar yang positif bagi pengguna. Dengan ini, kelompok kami melakukan eksperimen dengan melakukan rekayasa kualitas sehingga dapat mengatasi tantangan

yang timbul terkait kinerja dan kualitas pada mobil mainan dengan penggerak karet.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode Taguchi adalah pendekatan untuk meningkatkan kualitas yang berfokus pada pengembangan desain produk dan proses. Tujuan dari metode ini adalah membuat produk tidak mudah terpengaruh oleh faktor-faktor gangguan, sehingga disebut sebagai desain yang tangguh. Metode ini digunakan dalam bidang rekayasa dan peningkatan kualitas dengan metode eksperimen desain untuk mengidentifikasi penyebab utama yang paling berpengaruh terhadap kualitas produk dalam proses, sehingga karakteristik kualitas dapat dikendalikan.

Dengan menggunakan metode ini, diperoleh kombinasi terbaik antara elemen produk dan elemen proses dalam tingkat keseragaman yang tinggi, sehingga menghasilkan kualitas terbaik dengan biaya yang lebih rendah. (Halimah & Ekawati, 2020).

Metode Taguchi menggunakan pengulangan eksperimen untuk melihat faktor-faktor apa saja yang sangat berpengaruh terhadap kualitas produk. Control factor dan Noise factor adalah dua faktor yang digunakan untuk merekayasa kualitas. Selanjutnya, hasil pengulangan eksperimen akan dihitung dan dianalisa menggunakan analysis of variance (ANOVA). Perhitungan ANOVA akan menunjukkan nilai faktor

dan interaksi faktor apa yang paling berpengaruh terhadap kualitas. Selain itu, ANOVA juga akan menghitung tingkat signifikansi dari parameter yang digunakan (Azmi et al., 2024).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 PERENCANAAN EKSPERIMEN

3.1.1 PEMISAHAN FAKTOR KONTROL DAN FAKTOR GANGGUAN

Dengan menentukan faktor-faktor yang dapat dikendalikan terhadap faktor gangguan, maka hasil dari faktor-faktor yang dapat dikendalikan tersebut dapat dilihat pada tabel.

No	Faktor
1	Panjang Botol
2	Diameter Roda
3	Panjang Penyangga Roda
4	Panjang penggerak karet

Faktor-faktor gangguan yang terdapat dalam penelitian ini adalah lingkungan luar berupa angin serta kondisi lantai percobaan, sehingga eksperimen hanya dilakukan terhadap faktor-faktor yang bisa dikendalikan. Untuk memastikan keandalan hasil, setiap eksperimen dilakukan beberapa kali dengan cara mengulang (replikasi).. Pengkodean dilakukan terhadap faktor kontrol. Faktor kontrol adalah faktor yang nilai-nilainya dapat diatur. Pengkodean terhadap faktor kontrol ini dapat dilihat pada tabel

Kode	Faktor
------	--------

A	Panjang Botol
B	Diameter Roda
C	Panjang Penyangga Roda
D	Panjang Penggerak Karet

3.1.2 PENENTUAN KARAKTERISTIK KUALITAS

Kode	Faktor Kontrol	Level 1	Level 2
A	Panjang Botol	15 cm	18 cm
B	Diameter Roda	3 cm	4 cm
C	Panjang Penyangga Roda	8 cm	10 cm
D	Panjang Penggerak Karet	8 cm	10 cm

Pada penelitian ini digunakan untuk meneliti komposisi mana yang tepat agar mobil mainan dengan penggerak karet dapat menempuh jarak sejauh mungkin sehingga karakteristik kualitas yang digunakan adalah *Larger the Better*

3.1.3 PENENTUAN JUMLAH LEVEL DAN NILAI LEVEL FAKTOR

Menentukan jumlah level memiliki arti penting bagi akurasi hasil percobaan.

Semakin banyak level yang diteliti, maka hasil eksperimen akan semakin akurat karena data yang diperoleh lebih banyak. Dari berbagai pilihan faktor terkendali yang ada, maka dapat ditentukan level untuk masing-masing faktor yang telah diteliti. Penentuan level ini dilakukan

dengan mengacu pada pertimbangan berikut:

- a) Nilai dari masing-masing level masih dalam batas rentang yang telah ditetapkan.
- b) Titik-titik level yang menunjukkan nilai ekstrem.
- c) Level tersebut masih bisa dioperasikan dengan teknologi proses yang tersedia.

Sumber data dalam menentukan level dari faktor ini berasal dari data pabrik yang merupakan gabungan dari buku panduan dan pengalaman operator. Data hasil penentuan level ini dapat dilihat pada tabel.

3.1.4 PERHITUNGAN DERAJAT KEBEBASAN

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah eksperimen minimum yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati. Perhitungan derajat kebebasan dan kombinasi yang diusulkan nantinya akan mempengaruhi Pemilihan dalam tabel matriks ortogonal yang telah dijelaskan sebelumnya.

Jumlah Dof	Orthogonal Array
2 – 3	L4 (2 ³)
4 – 7	L8 (2 ⁷)
8 – 11	L12 (2 ¹¹)
12 – 15	L16 (2 ¹⁵)

Dari hasil pemilihan faktor dan penentuan jumlah level, maka derajat kebebasan dapat dihitung. Terdapat empat faktor dan dua level dalam penelitian ini: 1. Faktor A adalah botol = 2 Level
2. Faktor B adalah roda = 2 Level
3. Faktor C adalah penyangga roda = 2 Level
4. Faktor D adalah penggerak karet = 2 Level

Dengan adanya faktor (A, B, C, D, E)

Matriks Ortogonal L ₈ (2 ⁷)							
Eksperimen	Kolom/Faktor						
	1	2	3	4	5	6	7
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

maka derajat kebebasan adalah sebagai berikut :

Dimana

Dof untuk= $N_a - 1 = 2 - 1 = 1$
faktor A

Dof untuk= $N_b - 1 = 2 - 1 = 1$
faktor B

Dof untuk= $N_c - 1 = 2 - 1 = 1$
faktor C

Dof untuk= $N_d - 1 = 2 - 1 = 1$
faktor D

Jumlah Dof = 1 + 1 + 1 + 1 = 4
Berdasarkan nilai Dof tersebut, pemilihan matriks OA harus memenuhi persamaan:
Maka,

Untuk pemilihan jenis OA yang digunakan, harus berdasarkan ketentuan yang sudah ditetapkan berdasarkan tabel.

Dari tabel di atas maka dapat disimpulkan bahwa pada penelitian kali ini menggunakan $L_8(2^7)$.

3.1.5 PEMILIHAN MATRIKS ORTHOGONAL

Matriks ortogonal yang sesuai adalah yang lebih besar atau sama dengan matriks eksperimen. Berdasarkan hasil perhitungan derajat kebebasan matriks ortogonal maka dipilihlah matriks ortogonal. $L_8(2^7)$ nilai derajat kebebasan 7. Tabel matrik ortogonal $L_8(2^7)$ dapat dilihat pada Tabel

3.2 PELAKSANAAN EKSPERIMEN

Tahap pelaksanaan meliputi Penentuan jumlah replikasi dan randomisasi eksperimen.

3.2.1 JUMLAH REPLIKASI

Replikasi adalah pengulangan perlakuan yang sama dalam sebuah percobaan dengan kondisi yang sama, agar hasil yang diperoleh lebih akurat.

Dalam penelitian ini, setiap eksperimen dilakukan 2 kali replikasi, dan terdapat 8 eksperimen. Jadi, total

jumlah pelaksanaan eksperimen adalah 16 kali.

3.2.2 RANDOMISASI

Randomisasi adalah pengacakan urutan percobaan untuk memastikan pengujian tetap valid dan menghilangkan kemungkinan adanya bias.

Pada eksperimen ini, pengacakan dilakukan terutama pada penempatan faktor dan penggunaan kode huruf untuk setiap faktor. Pengacakan sederhana secara acak dilakukan pada urutan eksperimen, yaitu dari eksperimen pertama hingga kedelapan. Replikasi eksperimen-eksperimen tersebut dilakukan berurutan hingga dua kali replikasi. Data hasil percobaan mobil mainan dengan penggerak karet dapat dilihat pada Tabel

3.3 ANALISA HASIL EKSPERIMEN

Eksperimen	Matriks Ortogonal $L_8(2^7)$							Replikasi Jarak tempuh mobil mainan		Jumlah	Rata Rata
	Kolom/Faktor							I	II		
	1 A	2 B	3 C	4 D	5 e	6 e	7 e				
1	1	1	1	1	1	1	1	35	70	105	52.5
2	1	1	1	2	2	2	2	38	75	113	56.5
3	1	2	2	1	1	2	2	32	77	109	54.5
4	1	2	2	2	2	1	1	36	68	104	52
5	2	1	2	1	2	1	2	40	65	105	52.5
6	2	1	2	2	1	2	1	34	70	104	52
7	2	2	1	1	2	2	1	35	72	107	53.5
8	2	2	1	2	1	1	2	37	65	102	51
Jumlah										849	424.5
Rata-Rata										106	53

3.3.1 ANALISA PERHITUNGAN PENGARUH NILAI LEVEL DARI FAKTOR

Analisis perhitungan dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai level dan faktor terhadap hasil. Hal ini bertujuan

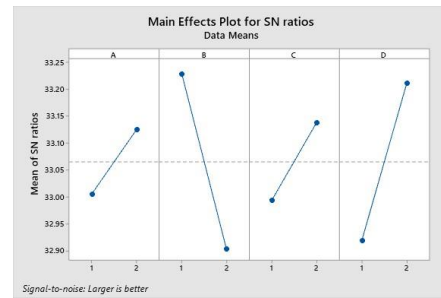
untuk mengetahui rata-rata dan rasio sinyal terhadap kebisingan (signal to noise ratio) dari setiap faktor yang mempengaruhi jarak tempuh mobil mainan. Dengan demikian, dapat diketahui seberapa besar pengaruh setiap level faktor terhadap hasil jarak tempuh mobil mainan, dilakukan pengolahan data respon jarak tempuh mobil mainan. Perhitungan nilai rata-rata jarak tempuh mobil mainan melalui kombinasi level dari masing-masing faktor adalah sebagai berikut:

		A	B	C	D
I	LEVEL 1	141	147	145	142
	LEVEL 2	146	140	142	145
II	LEVEL 1	290	280	282	284
	LEVEL 2	272	282	280	278
DIFFERENCE I		5	7	3	3
DIFFERENCE II		18	2	2	6
TOTAL		23	9	5	9
RANK		1	3	4	2

Response Table for Means

Level	A	B	C	D
1	53.88	53.38	53.25	52.50
2	52.25	52.75	52.88	53.63
Delta	1.63	0.63	0.38	1.13
Rank	1	3	4	2

Dapat dilihat melalui tabel respon diatas bahwa kombinasi level faktor optimum agar menghasilkan jarak tempuh mbil mainan yang paling besar adalah pada faktor A (Ketinggian Botol) = 18 cm, pada faktor B (Diameter Roda) = 7 cm, pada faktor C (Panjang Penyangga Roda) = 3 cm, pada faktor D (Panjang Penggerak Karet) = 6 cm.



Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	1	5,2813	5,2813	1,67	0,265
B	1	0,7813	0,7813	0,25	0,645
D	1	2,5313	2,5313	0,80	0,421
Error	4	12,6250	3,1562		
Total	7	21,2188			

Karena matrik ortogonal $L8(2^7)$ mempunyai 7 derajat kebebasan, maka dapat diambil setengah derajat kebebasan, maka diambil kira-kira setengah derajat kebebasan sebagai pengaruh penting. Namun dalam penelitian ini yang digunakan hanya 5 variabel saja, maka yang digunakan adalah 3 sebagai hal yang berpengaruh penting. Dari tabel yang ada, kombinasi dari tiap level dan faktor optimum dapat dicapai pada nilai rata-rata respon jarak tempuh mobil mainan dengan nilai terbesar yang didapat dari tiap faktor, yaitu faktor A2 dengan ukuran 18 cm, B1 dengan ukuran 7 cm dan D2 dengan ukuran 6 cm.

3.3.2 ANALISA VARIANS RATA-RATA MAINAN MOBIL MOBILAN KARET

Dalam perhitungan ANOVA dibawah ini dilakukan dengan menggunakan analisis varian dua arah.

Berikut ini adalah perhitungan anova pada keseluruhan faktor:

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	1	5,2813	5,2813	1,28	0,340
B	1	0,7813	0,7813	0,19	0,692
C	1	0,2813	0,2813	0,07	0,811
D	1	2,5313	2,5313	0,62	0,490
Error	3	12,3438	4,1146		
Total	7	21,2188			

Berikut ini adalah hasil perhitungan ANOVA pada 3 faktor terpeting yaitu pada faktor A, B dan D:

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	1	5,2813	5,2813	1,67	0,265
B	1	0,7813	0,7813	0,25	0,645
D	1	2,5313	2,5313	0,80	0,421
Error	4	12,6250	3,1562		
Total	7	21,2188			

3.3.3 STRATEGI POOLING UP

Strategi pooling up dilakukan untuk menentukan faktor yang paling berpengaruh secara signifikan pada Kualitas produk. Proses pooling dilakukan dengan menggunakan perhitungan dan tabel ANOVA yang dibagi menjadi dua tahap, yaitu pooling parsial I dimana nilai MShitung lebih kecil atau sama dengan MSerror, dan pooling parsial II dimana nilai Fhitung lebih kecil atau sama dengan Ftabel.

A. Pooling Parsial I Pada pooling parsial I dilakukan untuk faktor dengan ketentuan nilai (MShitung ≤ MSerror). dan faktor yang di pooled adalah faktor A dan D

a) Pooled Faktor C

$$V_{pooled} = V_e + V_d$$

$$= 3 + 1 = 4$$

$$SS_{pooled} = SS_e + SS_d$$

$$= 12,34 + 0,28 = 12,62$$

$$MS_{pooled} = 12,62/4 = 3,155$$

Sumber	Pooled	D	SS	MS	F-Ratio
A	Y	1	-	-	-
B	-	1	0,78	0,78	0,19
C	-	1	0,28	0,28	0,07
D	-	1	2,53	2,53	0,62
Error	-	3	12,34	4,11	=
Total		7			

Berdasarkan pooling parsial, dapat diketahui bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap Jarak mobil mainan penggerak karet adalah faktor A, B dan D

3.3.4 PERSEN KONTRIBUSI

Untuk mengetahui seberapa besar kontribusi yang diberikan oleh masing-masing faktor, maka persen kontribusi masing-masing faktor dihitung dengan rumus.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
A	1	5,2813	5,2813	1,67	0,265
B	1	0,7813	0,7813	0,25	0,645
D	1	2,5313	2,5313	0,80	0,421
Error	4	12,6250	3,1562		
Total	7	21,2188			

3.4 Uji Konfirmasi

Pada eksperimen konfirmasi, faktor dan level ditetapkan seperti faktor dan level pada kondisi optimal yaitu faktor Panjang botol 18 cm yaitu pada level 2 (A2), diameter roda 3 cm yaitu pada level 1 (B1), panjang

Eksperimen	Hasil Eksperimen	Eksperimen	Hasil Eksperimen
1	82	6	94
2	87	7	80
3	90	8	85
4	88	9	90
5	92	10	93

penyangga roda 8 cm yaitu pada level 1 (C1), panjang penggerak karet 10 cm yaitu pada level 2 (D2) . Untuk konfirmasi diambil 10 sampel dengan level pada kondisi optimum.

Interval kepercayaan rata-rata yang didapat untuk eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut

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

$$N_{\text{eff}} = 16/2 = 8$$

$$CI \text{ Konfirmasi} =$$

$$\pm \sqrt{F_{0,10}(1,10) \times Vel \times \left[\frac{1}{n_{\text{eff}}} + \frac{1}{r} \right]}$$

$$CI \text{ Konfirmasi} = \pm \sqrt{3,29 \times 4,11 \times \left[\frac{1}{8} + \frac{1}{10} \right]} = \pm 1,744$$

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Berdasarkan indikasi faktor maka faktor-faktor yang berpengaruh terhadap jarak yang ditempuh mobil mainan adalah Panjang Botol (A), diameter roda (B), panjang penyangga roda (C), panjang penggerak karet (D). Dan Berdasarkan perbandingan antara F-rasio dan F-tabel pada strategi pooling up yang digunakan menunjukkan bahwa faktor-faktor yang ada cukup berpengaruh secara signifikan terhadap jarak tempuh mobil mainan penggerak karet adalah faktor A (panjang botol), faktor B (diameter roda) dan faktor D (panjang penggerak karet).

2. Untuk mendapatkan hasil yang optimum, kombinasi yang tepat adalah kombinasi level faktor optimum agar menghasilkan jarak tempuh mbil mainan yang paling besar adalah pada faktor A (Panjang Botol) = 18 cm, pada faktor B (Diameter Roda) = 7 cm, pada faktor C (Panjang Penyangga Roda) = 3 cm, pada faktor D (Panjang Penggerak Karet) = 6 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Azmi, A., Febrina, W., & Abrar, A. (2024). Rekayasa Kualitas Batu Bata Merah dengan Menggunakan Metode Design of Experiment (Metode Taguchi). *JOURNAL OF INDUSTRIAL AND MANUFACTURE ENGINEERING*, 8(1), 49–58. <https://doi.org/10.31289/jime.v8i1.10476>
- Halimah, P., & Ekawati, Y. (2020). Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD. XY
- 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., Ismiyah, 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.