

# Eksperimen Kualitas Ketahanan Bakar Pada Briket Serbuk Kayu Menggunakan Metode Taguchi

Muhammad Faishal Jundana Muttaqin\*, Fredynanta Ginting S, Dimas Ardianto,  
Hizkia Debitus D. J, Hafidzul Muparrij

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung

\*Koresponden email: muhammad.muttaqin@ti.itera.ac.id

Diterima: 2 Juli 2025

Disetujui: 17 Juli 2025

## Abstract

This study discusses an experimental approach to producing briquettes from sawdust, with the aim of evaluating their burn durability using the Taguchi method. This method was employed to identify and optimize the key factor combinations involved in briquette manufacturing. The experiment tested three main factors—charcoal composition, tapioca flour (as a natural binder), and water (as a solvent)—each at two distinct levels. Four experimental combinations were conducted based on the L4 ( $2^3$ ) orthogonal array, with each experiment replicated three times to ensure data reliability. The experimental results revealed that the tapioca flour factor (B) had the greatest influence on burn durability, followed by charcoal (A), while water (C) had a negligible effect. ANOVA results indicated that factor B contributed 12.52%, factor A 4.04%, and factor C only 0.01%, with the remaining 83.43% attributed to experimental error. The optimal combination for achieving the best burn durability was A1 (80 gr of charcoal), B1 (16 gr of tapioca flour), and C1 (120 ml of water). These findings offer practical implications for the development of efficient and environmentally friendly biomass-based alternative energy, and demonstrate the effectiveness of the Taguchi method in quality optimization processes.

**Keywords:** *quality, experiment, taguchi method, briquette production, anova*

## Abstrak

Penelitian ini membahas eksperimen pembuatan briket dari serbuk kayu dengan tujuan mengevaluasi ketahanan lama bakar briket melalui penerapan metode Taguchi. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengoptimalkan kombinasi faktor-faktor penting dalam proses produksi briket. Tiga faktor utama yang diuji dalam penelitian ini adalah komposisi arang, tepung tapioka sebagai perekat alami, dan air sebagai pelarut, masing-masing pada dua level berbeda. Empat kombinasi percobaan dilakukan berdasarkan matriks orthogonal L4 ( $2^3$ ), dengan masing-masing percobaan direplikasi tiga kali untuk meningkatkan reliabilitas data. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa faktor tepung tapioka (B) memberikan pengaruh paling besar terhadap ketahanan bakar, diikuti oleh arang (A), sedangkan air (C) menunjukkan pengaruh yang sangat kecil. Hasil analisis ANOVA memperlihatkan bahwa nilai kontribusi faktor B sebesar 12,52%, faktor A sebesar 4,04%, dan faktor C hanya 0,01%, dengan sisanya merupakan kontribusi kesalahan (error) sebesar 83,43%. Komposisi optimal yang dihasilkan untuk ketahanan pembakaran terbaik adalah A1 (80 gr arang), B1 (16 gr tepung tapioka), dan C1 (120 ml air). Temuan ini memberikan kontribusi praktis bagi pengembangan energi alternatif berbasis biomassa yang efisien dan ramah lingkungan, serta membuktikan efektivitas metode Taguchi dalam proses optimasi kualitas produk.

**Kata Kunci:** *kualitas, eksperimen, metode taguchi, pembuatan briket, anova*

## 1. Pendahuluan

Peningkatan kualitas produk merupakan salah satu fokus utama dalam pengembangan industri manufaktur dan produk energi alternatif. Kualitas produk yang buruk dapat menyebabkan penurunan kepuasan pelanggan, inefisiensi produksi, dan bahkan kerugian ekonomi serta reputasi yang signifikan bagi produsen [1][2]. Dalam konteks bahan bakar alternatif seperti briket, kualitas yang dimaksud tidak hanya mencakup performa fisik dan kimiawi, tetapi juga efisiensi pembakaran, kemudahan penggunaan, serta dampak lingkungannya [3][4].

Briket merupakan bahan bakar padat yang dibuat dari biomassa terkompresi seperti serbuk kayu, jerami, sekam padi, tempurung kelapa, atau limbah pertanian lainnya. Produk ini dipandang sebagai salah satu solusi energi yang ramah lingkungan, terbarukan, dan berbiaya rendah, khususnya untuk masyarakat pedesaan dan sektor usaha mikro [5][6][7]. Di tengah meningkatnya kekhawatiran terhadap krisis energi

fosil dan isu pemanasan global, pengembangan briket sebagai bahan bakar alternatif memiliki urgensi yang tinggi [8][9].

Namun demikian, tantangan utama dari pengembangan briket adalah memastikan kualitasnya tetap konsisten, terutama dalam hal ketahanan waktu bakar, emisi yang rendah, dan mudah diproduksi. Salah satu pendekatan ilmiah yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan performa produk secara sistematis adalah metode Taguchi. Metode ini dikembangkan oleh Dr. Genichi Taguchi dan telah banyak digunakan dalam industri manufaktur untuk meningkatkan kualitas melalui desain eksperimen yang efisien [10][11][12]: Studi eksperimental terbaru juga menunjukkan bahwa penggunaan pendekatan statistik dalam desain briket biomassa semakin menjadi perhatian global. Zhang et al. [22] menyoroti pentingnya keberlanjutan produksi briket dalam skala besar. Singh dan Singh [23] membuktikan bahwa variasi jenis perekat sangat mempengaruhi performa pembakaran. Penelitian oleh Chen et al. [24] mengkaji karakteristik pembakaran biomassa dengan pendekatan eksperimen terkontrol, sedangkan Gupta dan Agarwal [25] berhasil menerapkan metode Taguchi secara optimal dalam konteks briket biomassa untuk meminimalkan variabilitas proses.

Metode Taguchi menawarkan pendekatan robust design, yaitu mengidentifikasi pengaruh signifikan dari berbagai faktor proses terhadap kualitas produk, dengan jumlah eksperimen yang minimal [13][14]. Dalam pengujian produk seperti briket, metode ini memungkinkan peneliti untuk menemukan kombinasi bahan baku yang paling optimal, sekaligus mengurangi variabilitas hasil produksi yang dapat muncul akibat perubahan kondisi lingkungan maupun operator.

Beberapa penelitian sebelumnya telah berhasil menerapkan metode Taguchi dalam pengembangan material konstruksi dan energi terbarukan. Misalnya, Sutoni [15] menerapkan metode ini untuk menguji kuat tekan dan daya serap batako, sementara Aprilyanti dan Suryani [16] menggunakannya untuk meningkatkan kualitas batu bata dari sekam padi. Halimah dan Ekawati [17] juga berhasil meningkatkan kualitas bata ringan di industri kecil menengah dengan pendekatan serupa.

Melanjutkan tren tersebut, penelitian ini difokuskan pada analisis kualitas briket serbuk kayu sebagai salah satu jenis biomassa yang melimpah di Indonesia namun belum dimanfaatkan secara optimal [18][19]. Fokus utama adalah mengkaji pengaruh komposisi arang, tepung tapioka, dan air terhadap ketahanan waktu pembakaran briket. Ketiga faktor ini dipilih karena memiliki pengaruh signifikan terhadap performa briket: arang sebagai sumber karbon utama, tepung tapioka sebagai perekat alami, dan air sebagai pelarut yang berperan dalam pembentukan struktur briket [20][21].

Novelty dari penelitian ini terletak pada kombinasi dua pendekatan yang belum banyak diintegrasikan secara eksplisit dalam studi serupa: pertama, penggunaan metode Taguchi dengan desain eksperimen  $L_4(2^3)$  dalam konteks briket serbuk kayu; kedua, konversi satuan bahan dari satuan rumah tangga (sendok makan) ke satuan ilmiah (gram dan mililiter) untuk meningkatkan validitas ilmiah data. Penelitian ini juga menyajikan analisis kontribusi faktor terhadap waktu pembakaran melalui ANOVA secara terperinci, mengungkap bahwa kontribusi terbesar berasal dari bahan perekat, bukan bahan utama (arang), serta mengidentifikasi tingginya error sebagai tantangan nyata dalam eksperimen biomassa skala kecil. Hal ini memberikan kontribusi baru dalam pengembangan pendekatan eksperimental berbasis statistik yang lebih akurat untuk produk energi alternatif berbasis biomassa.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi kombinasi bahan yang paling optimal dalam menghasilkan briket dengan daya tahan pembakaran terbaik, menggunakan metode Taguchi sebagai kerangka analisis. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi dalam peningkatan kualitas briket berbasis biomassa, tetapi juga sebagai referensi aplikatif bagi produsen lokal dan penggiat energi alternatif dalam merancang proses produksi yang efisien, ramah lingkungan, dan ekonomis. Dengan pendekatan yang sistematis serta analisis statistik yang cermat, hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis dalam peningkatan kualitas briket, serta menjadi rujukan penting dalam pemanfaatan limbah biomassa sebagai energi alternatif berkelanjutan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimen dengan metode Taguchi untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan komposisi bahan pembuatan briket serbuk kayu. Metode Taguchi dipilih karena efisien dalam mengidentifikasi pengaruh faktor-faktor terhadap respon kualitas dengan jumlah eksperimen yang minimal. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium teknik, dengan menggunakan bahan-bahan lokal yang mudah didapat.

### 2.1 Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Serbuk kayu (sumber utama karbon)
- Tepung tapioka (sebagai perekat alami)
- Air (sebagai pelarut)

Alat yang digunakan meliputi:

- Timbangan digital untuk mengukur bahan
- Cetakan briket
- Oven pengering
- Kompor uji untuk pembakaran
- Stopwatch untuk mengukur durasi pembakaran
- Termometer untuk mencatat suhu lingkungan saat pengujian

## 2.2 Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan tahap penting dalam penelitian untuk menyusun perlakuan yang sistematis guna mengamati pengaruh variabel-variabel yang ditentukan terhadap respon kualitas, dalam hal ini ketahanan waktu bakar briket. Pada penelitian ini, digunakan pendekatan Taguchi Orthogonal Array (OA) tipe L4 ( $2^3$ ) yang memungkinkan analisis terhadap 3 faktor masing-masing dengan 2 level, menghasilkan total 4 kombinasi perlakuan. Metode ini dipilih karena efisien dan memungkinkan eksplorasi pengaruh faktor secara sistematis dengan jumlah eksperimen minimal, namun tetap valid secara statistik.

### a. Faktor dan Level yang Digunakan

Tiga faktor utama yang diasumsikan memengaruhi kualitas briket dipilih berdasarkan tinjauan literatur [3][4][9][20][23] dan uji pendahuluan yang dilakukan di laboratorium:

**Tabel 1.** Kombinasi faktor

Kode	Faktor	Level 1	Level 2
A	Arang (gram)	80 g	96 g
B	Tepung Tapioka (gram)	16 g	8 g
C	Air (mililiter)	120 ml	150 ml

- Faktor A – Arang: Arang serbuk kayu berfungsi sebagai sumber karbon utama yang menentukan energi pembakaran. Jumlah pada masing-masing level dikonversi dari 10 dan 12 sendok makan arang yang setara  $\pm 80$  g dan  $\pm 96$  g berdasarkan uji rata-rata massa per sendok menggunakan timbangan digital.
- Faktor B – Tepung Tapioka: Sebagai perekat alami, komposisinya memengaruhi kekompakan dan durabilitas briket. Dua level (2 sdm dan 1 sdm) dikonversi menjadi 16 g dan 8 g secara berturut.
- Faktor C – Air: Air membantu dalam pencampuran bahan dan pembentukan struktur briket. Volume dikonversi dari 8 dan 10 sendok makan air menjadi 120 ml dan 150 ml, berdasarkan 1 sdm =  $\pm 15$  ml.

Penggunaan satuan gram dan mililiter dipilih untuk meningkatkan validitas ilmiah dan keterulangan eksperimen, menggantikan satuan rumah tangga yang tidak presisi. Konversi dilakukan melalui pengukuran rata-rata berat dan volume menggunakan alat ukur digital, dengan tiga kali pengulangan per item untuk mengurangi bias.

### b. Pemilihan Orthogonal Array (OA)

Dalam metode Taguchi, OA dipilih berdasarkan banyaknya faktor dan level. Dengan 3 faktor dan masing-masing 2 level, derajat kebebasan (degree of freedom/DOF) dihitung sebagai berikut:

- DOF faktor = jumlah faktor  $\times$  (level - 1) =  $3 \times (2 - 1) = 3$
- OA yang sesuai:  $L4(2^3) \rightarrow 4$  kombinasi perlakuan

Orthogonal array L4 memungkinkan eksplorasi kombinasi berikut:

**Tabel 2.** Kombinasi level

Trial	A (Arang)	B (Tepung Tapioka)	C (Air)
1	Level 1	Level 1	Level 1
2	Level 1	Level 2	Level 2
3	Level 2	Level 1	Level 2
4	Level 2	Level 2	Level 1

#### c. Replikasi dan Total Eksperimen

Setiap kombinasi eksperimen dilakukan sebanyak 3 kali replikasi untuk meningkatkan keandalan data dan mengurangi variasi dari faktor-faktor yang tidak dikendalikan (noise). Dengan demikian, total eksperimen yang dilakukan adalah:

- $4 \text{ kombinasi} \times 3 \text{ replikasi} = 12 \text{ percobaan}$

Replikasi ini penting untuk memungkinkan analisis statistik seperti ANOVA (Analysis of Variance) dan perhitungan rata-rata respon (waktu bakar) dari tiap kombinasi perlakuan.

#### d. Tujuan Desain

Desain eksperimen ini bertujuan:

- Mengidentifikasi faktor dominan yang memengaruhi ketahanan bakar briket.
- Menentukan level optimal dari masing-masing faktor untuk memperoleh waktu pembakaran terlama.
- Memberikan rekomendasi formulasi bahan yang efisien dan efektif untuk digunakan dalam produksi briket berskala kecil maupun menengah.

Dengan desain eksperimen yang terstruktur seperti ini, diharapkan hasil penelitian dapat dijadikan dasar dalam optimasi proses produksi briket berbasis biomassa secara ilmiah dan terstandar.

### 2.3 Prosedur Eksperimen

Prosedur eksperimen dalam penelitian ini dirancang untuk memastikan pelaksanaan setiap tahap dilakukan secara konsisten, terukur, dan sesuai dengan prinsip *design of experiment*. Tujuannya adalah untuk mengamati pengaruh komposisi bahan terhadap ketahanan waktu bakar briket serbuk kayu secara objektif dan dapat direplikasi.

Langkah-langkah yang dilakukan dijabarkan sebagai berikut:

#### a. Penentuan Level Faktor

Sebelum pelaksanaan eksperimen, dilakukan kajian pustaka dan observasi pendahuluan terhadap beberapa kombinasi bahan baku briket. Berdasarkan hasil tersebut, dipilih 3 faktor yang dianggap paling berpengaruh, yaitu: arang (A), tepung tapioka (B), dan air (C), masing-masing dengan dua level (tinggi dan rendah). Penetapan level ini bertujuan untuk menangkap perbedaan karakteristik pembakaran yang dihasilkan oleh variasi komposisi bahan.

#### b. Penyiapan Bahan Baku

- Serbuk kayu dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air awal dan disaring agar ukuran partikel relatif seragam.
- Tepung tapioka sebagai perekat alami digunakan dalam keadaan kering dan halus.
- Air diukur menggunakan gelas ukur sesuai dengan jumlah dalam level masing-masing perlakuan. Seluruh bahan ditimbang dengan timbangan digital presisi 0,01 gr untuk memastikan akurasi.

#### c. Proses Pencampuran

- Bahan-bahan dicampur secara manual dalam wadah plastik besar sesuai takaran setiap kombinasi (lihat desain pada bagian 2.2).
- Proses pencampuran dilakukan selama minimal 5 menit hingga adonan merata dan mencapai konsistensi semi-padat yang dapat dicetak.
- Kondisi pencampuran dijaga tetap homogen, dan tidak diperkenankan menambahkan bahan selama proses berlangsung.

#### d. Pencetakan Briket

- Campuran bahan dicetak menggunakan cetakan logam silinder berdiameter  $\pm 5$  cm dan tinggi  $\pm 5$  cm.
- Adonan ditekan secara manual dengan kekuatan seragam menggunakan alat penekan untuk menghasilkan bentuk yang padat dan tidak mudah retak.
- Setelah pencetakan, briket diberi label kode perlakuan (misalnya A1B1C1, A2B2C1, dll).

- e. Pengeringan Briket
  - Briket yang telah dicetak dikeringkan terlebih dahulu di bawah sinar matahari selama 24 jam.
  - Setelah itu, briket dimasukkan ke dalam oven laboratorium pada suhu 100°C selama 2 jam untuk memastikan kandungan air benar-benar rendah dan seragam antar perlakuan.
  - Pengeringan dilakukan untuk menghindari pembakaran tidak sempurna akibat kelembaban yang tinggi.
- f. Uji Ketahanan Bakar
  - Pengujian dilakukan di ruang terbuka yang terlindung dari angin kencang.
  - Briket diletakkan di atas tungku kawat dan dinyalakan dengan api kecil.
  - Saat nyala api stabil, stopwatch diaktifkan.
  - Waktu pembakaran dihitung dari nyala awal hingga api benar-benar padam (tanpa bara).
  - Setiap percobaan dicatat dengan detail, termasuk suhu lingkungan saat itu menggunakan termometer.
- g. Replikasi dan Pencatatan
  - Setiap kombinasi perlakuan diuji sebanyak 3 kali (replikasi).
  - Seluruh hasil waktu bakar (dalam satuan menit) dicatat dan dirata-ratakan untuk tiap perlakuan.
  - Data dikumpulkan dalam tabel observasi dan disiapkan untuk analisis statistik lebih lanjut (lihat bagian 3).
- h. Pengendalian Variabel

Untuk menjamin validitas hasil eksperimen, beberapa variabel dikendalikan secara ketat, antara lain:

  - Operator tetap untuk seluruh tahapan eksperimen.
  - Kondisi lingkungan stabil, dilakukan di tempat dengan suhu sekitar 28–30°C.
  - Peralatan dan bahan standar yang sama digunakan di seluruh replikasi dan kombinasi.

Dengan mengikuti prosedur ini, diharapkan hasil eksperimen memiliki reliabilitas yang tinggi serta memberikan dasar kuat dalam melakukan analisis pengaruh masing-masing faktor terhadap ketahanan bakar briket.

#### 2.4 Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara kuantitatif dengan pendekatan metode Taguchi dan dilengkapi dengan analisis variansi (ANOVA – Analysis of Variance) untuk mengetahui signifikansi pengaruh masing-masing faktor terhadap kualitas respon, yaitu ketahanan waktu bakar briket. Seluruh data diolah secara manual dan dibantu dengan perangkat lunak spreadsheet untuk meningkatkan akurasi perhitungan.

1. Perhitungan Nilai Respon

Setelah percobaan dilakukan, nilai waktu pembakaran (Y) dari setiap replikasi dicatat dan dihitung rata-ratanya untuk masing-masing kombinasi perlakuan (4 kombinasi × 3 replikasi). Rata-rata waktu bakar digunakan sebagai respon utama dalam analisis kualitas.
2. Perhitungan Rata-rata Respon Tiap Level Faktor

Untuk mengetahui pengaruh setiap level dari masing-masing faktor terhadap respon:

  - Dihitung rata-rata hasil eksperimen untuk level 1 dan level 2 dari setiap faktor (A, B, dan C).
  - Selisih antara rata-rata level tertinggi dan terendah disebut sebagai main effect, yang menggambarkan besar pengaruh suatu faktor terhadap respon.
3. Penentuan Ranking Faktor

Setelah menghitung main effect masing-masing faktor, dilakukan pengurutan (ranking) berdasarkan besarnya pengaruh dari yang terbesar ke terkecil:

  - Faktor dengan selisih rata-rata paling tinggi dianggap paling berpengaruh.
  - Faktor dengan pengaruh terkecil diasumsikan kurang berkontribusi terhadap perubahan kualitas briket.

4. Analisis Variansi (ANOVA)  
Untuk menguji signifikansi statistik pengaruh faktor terhadap respon, dilakukan analisis ANOVA dengan langkah sebagai berikut:
  - a. Perhitungan Komponen ANOVA:
    - Total Sum of Squares (SSTotal): Menggambarkan keseluruhan variasi data dari nilai individual terhadap rata-rata keseluruhan.
    - Sum of Squares untuk masing-masing faktor (SSA, SSB, SSC): Menggambarkan variasi akibat faktor A, B, dan C.
    - Sum of Squares Error (SSE): Variasi yang tidak dapat dijelaskan oleh model, yaitu variasi yang berasal dari faktor-faktor tak terkontrol (noise).
  - b. Derajat Kebebasan (DF):
    - Untuk setiap faktor:  $DF = \text{jumlah level} - 1$
    - Untuk error:  $DF = \text{total replikasi} - \text{jumlah perlakuan} - \text{jumlah faktor}$
    - Total  $DF = \text{jumlah total data} - 1$
  - c. Perhitungan Mean Square (MS):
    - $MS = SS / DF$
    - Digunakan untuk menghitung nilai F-hitung
  - d. Uji Signifikansi:
    - $F\text{-hitung} = MS \text{ Faktor} / MS \text{ Error}$
    - Dibandingkan dengan nilai F-tabel (signifikansi 5%) untuk menentukan apakah pengaruh suatu faktor signifikan.
  - e. Persentase Kontribusi (% Contribution):
    - Persentase kontribusi dihitung dari:  
 $\% \text{ Contribution} = (SS \text{ Faktor} / SS \text{ Total}) \times 100\%$
    - Memberikan informasi tentang seberapa besar pengaruh relatif masing-masing faktor terhadap respon.
5. Penentuan Komposisi Optimal  
Berdasarkan hasil rata-rata level dan kontribusi faktor:
  - Kombinasi level dari A, B, dan C yang menghasilkan respon (Y) tertinggi dipilih sebagai komposisi optimal.
  - Kombinasi ini disarankan sebagai formulasi pembuatan briket terbaik dalam konteks penelitian ini.
6. Validasi Hasil (Konfirmasi Eksperimen)  
Langkah terakhir dari analisis data adalah konfirmasi hasil, yaitu:
  - Membandingkan hasil komposisi optimal berdasarkan analisis Taguchi dengan data eksperimen aktual.
  - Jika waktu bakar aktual dari kombinasi optimal sesuai atau mendekati nilai prediksi, maka model dianggap valid dan dapat dijadikan acuan.

Dengan pendekatan ini, teknik analisis data tidak hanya memungkinkan evaluasi efektivitas faktor-faktor dalam proses produksi briket, tetapi juga memberikan dasar ilmiah untuk pengambilan keputusan dalam formulasi produk energi alternatif berbasis biomassa.

### 2.5 Validitas dan Reprodusibilitas

Replikasi tiga kali dilakukan pada setiap perlakuan untuk memastikan konsistensi hasil dan mengurangi pengaruh variabel tak terkontrol. Semua eksperimen dilakukan dalam kondisi lingkungan yang seragam untuk menjaga validitas internal. Dengan metodologi ini, diharapkan diperoleh informasi yang komprehensif tentang kontribusi masing-masing faktor terhadap kualitas pembakaran briket, serta identifikasi komposisi bahan paling optimal.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah eksperimen dilakukan berdasarkan kombinasi faktor dalam desain Taguchi, diperoleh data waktu pembakaran briket. Rata-rata hasil percobaan menunjukkan variasi ketahanan bakar berdasarkan perubahan komposisi bahan. Rincian data dan analisis ditampilkan sebagai berikut:

#### 3.1 Data Eksperimen dan Rata-rata Respon

Empat kombinasi eksperimen dengan masing-masing tiga replikasi menghasilkan 12 data waktu bakar. Perhitungan rata-rata waktu bakar tiap kombinasi ditampilkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Rata-rata Hasil Eksperimen

Trial	A	B	C	Y1	Y2	Y3	Rata-rata Y
1	1	1	1	47.1	53.6	50.9	50.53
2	1	2	2	46.4	45.1	48.4	46.63
3	2	1	2	47.7	49.3	47.8	48.27
4	2	2	1	46.5	43.2	44.1	44.60

#### 3.2 Perhitungan Main Effect dan Ranking Faktor

Nilai rata-rata respon dihitung untuk masing-masing level setiap faktor:

**Tabel 4.** Rata-rata Respon Tiap Level

Faktor	Level 1	Level 2	Selisih	Ranking
A	48.58	46.43	2.15	2
B	49.40	45.62	3.78	1
C	47.57	47.45	0.12	3

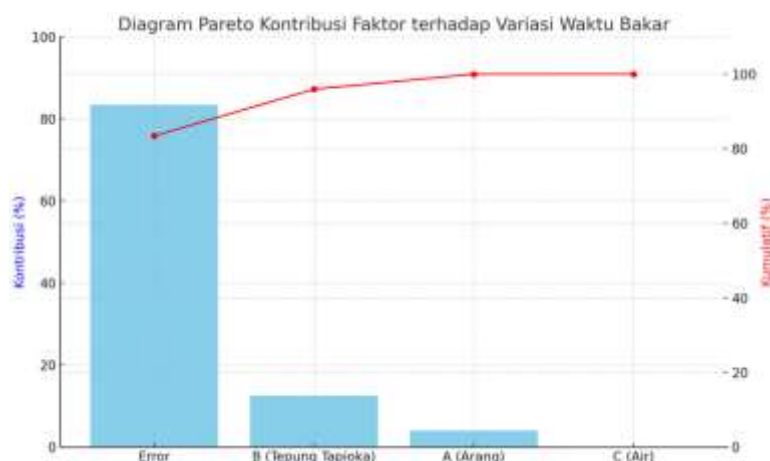
Faktor tepung tapioka (B) menunjukkan pengaruh paling besar terhadap ketahanan bakar.

#### 3.3 Analisis ANOVA

Berdasarkan hasil analisis ANOVA, faktor B (tepung tapioka) memiliki pengaruh paling signifikan terhadap waktu pembakaran briket dengan kontribusi sebesar 12,52%, ditunjukkan oleh nilai F-hitung yang tertinggi. Disusul oleh faktor A (arang) dengan kontribusi 4,04%, yang juga memiliki pengaruh meskipun tidak sebesar faktor B. Sementara itu, faktor C (air) menunjukkan pengaruh yang sangat kecil dan tidak signifikan terhadap ketahanan bakar, dengan kontribusi hanya 0,01%.

**Tabel 5.** Hasil Perhitungan ANOVA

Sumber	SS	DF	MS	F-hitung	Kontribusi (%)
A	13.87	1	13.87	3.24	4.04
B	42.94	1	42.94	10.02	12.52
C	0.04	1	0.04	0.01	0.01
Error	284.78	8	35.60	-	83.43
Total	341.63	11			100.00



**Gambar 1.** Diagram Pareto ANOVA Hasil Pembakaran

Adapun nilai error sebesar 83,43% menunjukkan bahwa terdapat variabel atau faktor lain yang belum dikendalikan dalam eksperimen ini, serta potensi variasi acak dalam proses pembuatan dan pembakaran briket. Hal ini menjadi catatan penting untuk perbaikan desain eksperimen di penelitian lanjutan agar lebih robust.

Nilai error yang sangat tinggi dalam hasil ANOVA, yaitu sebesar 83,43%, mengindikasikan bahwa sebagian besar variabilitas dalam waktu pembakaran briket tidak dapat dijelaskan oleh tiga faktor utama yang diuji (arang, tepung tapioka, dan air). Hal ini menunjukkan bahwa model eksperimental saat ini belum mampu secara optimal merepresentasikan fenomena yang diteliti, sehingga masih terdapat faktor-faktor lain yang berpengaruh tetapi belum dimasukkan dalam model, seperti:

- Ukuran partikel bahan baku, yang dapat mempengaruhi kepadatan dan porositas briket.
- Tekanan pemadatan saat pencetakan, yang berpengaruh pada kerapatan dan struktur internal briket.
- Waktu dan suhu pengeringan, yang menentukan kadar air residu dan stabilitas briket.
- Kondisi lingkungan saat pembakaran, seperti kelembaban udara atau sirkulasi oksigen.

Selain itu, variabilitas manual dalam proses pembuatan yang dilakukan secara skala laboratorium tanpa bantuan peralatan otomatis juga dapat menyebabkan fluktuasi data yang cukup besar.

Implikasi:

- Dari sisi validitas, hasil eksperimen masih memiliki tingkat ketidakpastian tinggi, sehingga generalisasi hasil harus dilakukan dengan hati-hati.
- Dari sisi pengembangan model, diperlukan penambahan faktor atau pengendalian proses yang lebih ketat dalam eksperimen lanjutan untuk mengurangi variabilitas tak terjelaskan.
- Dari sisi praktis, tingginya error memberi sinyal bahwa produksi briket skala kecil memerlukan standarisasi proses agar kualitas produk lebih konsisten.

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan komposisi bahan pembuatan briket serbuk kayu terhadap ketahanan waktu bakar menggunakan metode Taguchi. Melalui pendekatan eksperimen kuantitatif dengan desain orthogonal array  $L_4(2^3)$ , tiga faktor utama diuji, yaitu arang, tepung tapioka, dan air—masing-masing pada dua level yang berbeda. Eksperimen dilakukan sebanyak empat kombinasi perlakuan, dengan tiga kali replikasi untuk masing-masing kombinasi, menghasilkan 12 data waktu pembakaran.

Dari hasil pengolahan data, diperoleh rata-rata waktu bakar tertinggi pada kombinasi perlakuan A1 (80 gr arang), B1 (16 gr tepung tapioka), dan C1 (120 ml air), yang berarti bahwa komposisi tersebut paling optimal dalam menghasilkan briket dengan durasi pembakaran yang lebih lama. Perhitungan main effect menunjukkan bahwa faktor tepung tapioka (B) memberikan pengaruh paling besar terhadap kualitas briket, disusul oleh arang (A), dan terakhir air (C) yang kontribusinya relatif kecil terhadap respon.

Analisis ANOVA memperkuat temuan ini, di mana faktor B memiliki nilai F-hitung tertinggi (10,02) dan kontribusi terhadap total variasi sebesar 12,52%, sementara faktor A memberikan kontribusi 4,04%. Sebaliknya, faktor C hampir tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap ketahanan waktu bakar, dengan nilai F-hitung hanya 0,01 dan kontribusi 0,01%. Persentase eror sebesar 83,43% menunjukkan masih terdapat variabel lain di luar model yang turut memengaruhi hasil, seperti ketidakseragaman pencampuran bahan, kondisi lingkungan saat pengujian, atau variasi kelembaban bahan.

Dengan demikian, metode Taguchi terbukti efektif dalam menyaring dan mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh terhadap performa pembakaran briket berbasis biomassa. Penelitian ini menyimpulkan bahwa peningkatan kualitas briket serbuk kayu dapat dicapai melalui optimasi proporsi bahan baku, khususnya penggunaan tepung tapioka sebagai perekat alami dalam jumlah yang tepat.

Hasil ini memberikan kontribusi praktis bagi pelaku industri rumah tangga atau produsen briket skala kecil untuk mengembangkan produk yang efisien, ramah lingkungan, dan ekonomis. Selain itu, pendekatan eksperimental seperti ini dapat diadopsi untuk mengembangkan inovasi bahan bakar alternatif lainnya yang bersumber dari biomassa lokal.

#### 5. Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai optimasi kualitas ketahanan bakar briket serbuk kayu menggunakan metode Taguchi, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Pengembangan Variasi Faktor dan Level:  
Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menambahkan variasi level atau faktor lain yang dapat memengaruhi kualitas briket, seperti ukuran partikel serbuk kayu, jenis perekat (misalnya tepung kanji atau molase), atau tekanan pada saat pencetakan.
2. Uji Karakteristik Fisik dan Kimia:  
Selain mengukur ketahanan waktu bakar, sebaiknya dilakukan uji tambahan seperti analisis kadar air, nilai kalor, kadar abu, dan emisi gas buang guna memperoleh gambaran menyeluruh mengenai performa briket yang dihasilkan.
3. Skala Produksi dan Efisiensi Biaya:  
Penelitian dapat diperluas pada skala semi-industri atau industri untuk menguji efisiensi proses produksi, kestabilan kualitas, dan kelayakan biaya dalam produksi massal.
4. Analisis Lingkungan dan Keberlanjutan:  
Penting untuk menambahkan analisis dampak lingkungan dari penggunaan briket ini dibandingkan bahan bakar fosil atau kayu bakar konvensional, untuk menilai kontribusinya terhadap pengurangan emisi karbon.
5. Validasi Lapangan:  
Disarankan dilakukan pengujian di lingkungan nyata (misalnya rumah tangga atau industri kecil) untuk memvalidasi performa briket dalam kondisi penggunaan yang sesungguhnya.
6. Penggunaan Metode Statistik Lanjutan:  
Selain metode Taguchi, penggunaan metode statistik lain seperti *Response Surface Methodology* (RSM) atau regresi berganda dapat memberikan pemodelan yang lebih mendalam terhadap hubungan antar variabel.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] A. Evans, "Quality Management for Organizational Excellence," Cengage Learning, Boston, 2016.
- [2] J. Heizer and B. Render, "Operations Management," 12th ed., Pearson, New Jersey, 2016.
- [3] S. Abdullah, et al., "Characterization and Performance Evaluation of Biomass Briquettes," *Renewable Energy*, vol. 74, pp. 100-109, 2015.
- [4] M. A. Khan, et al., "Biomass Briquettes: Turning Waste Into Energy," *Procedia Environmental Sciences*, vol. 35, pp. 512-520, 2016.
- [5] A. Demirbaş, "Combustion Characteristics of Different Biomass Fuels," *Progress in Energy and Combustion Science*, vol. 30, no. 2, pp. 219-230, 2004.
- [6] E. M. Arismendy and P. D. Daza, "Energy from biomass in developing countries," *Energy Reports*, vol. 6, pp. 312-318, 2020.
- [7] G. K. Sharma, "Biomass Briquetting Technology and Practices," FAO, Bangkok, 2014.
- [8] IEA Bioenergy, "The Role of Bioenergy in the Clean Energy Transition," International Energy Agency, Paris, 2021.
- [9] A. M. Faizal and M. Aris, "Renewable Biomass Fuel: A Cleaner and Sustainable Alternative," *Journal of Cleaner Production*, vol. 208, pp. 1274-1286, 2019.
- [10] G. Taguchi, "Taguchi Methods: Design of Experiments," ASME Press, New York, 1993.
- [11] R. Roy, "A Primer on the Taguchi Method," Society of Manufacturing Engineers, Michigan, 2010.
- [12] H. Phadke, "Quality Engineering Using Robust Design," Prentice Hall, New Jersey, 1989.
- [13] J. Antony, "Design of Experiments for Engineers and Scientists," Butterworth-Heinemann, Oxford, 2003.
- [14] M. Peace, "Taguchi Methods: A Hands-on Approach," Addison-Wesley, Reading, MA, 1993.
- [15] Sutoni, "Aplikasi Metode Taguchi dalam Pengujian Batako," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 5, no. 2, pp. 110-117, 2017.
- [16] Aprilyanti and Suryani, "Optimasi Kualitas Batu Bata Sekam Padi," *Jurnal Teknik*, vol. 10, no. 1, pp. 33-41, 2019.
- [17] Halimah and Ekawati, "Peningkatan Kualitas Bata Ringan," *Jurnal Rekayasa dan Inovasi*, vol. 8, no. 3, pp. 89-96, 2020.
- [18] Y. H. Widodo et al., "Pemanfaatan Serbuk Kayu untuk Briket," *Jurnal Energi dan Lingkungan*, vol. 7, no. 2, pp. 145-151, 2018.
- [19] B. Wicaksono et al., "Optimalisasi Komposisi Briket Biomassa," *Jurnal Teknologi dan Industri*, vol. 6, no. 4, pp. 56-63, 2021.
- [20] D. Nugroho, "Pengaruh Komposisi Tepung Tapioka," *Jurnal Energi Alternatif*, vol. 5, no. 1, pp. 21-28, 2022.

- 
- [21] S. Ramadhani et al., “Peran Air dalam Pembentukan Briket,” *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 3, no. 2, pp. 77–84, 2020.
  - [22] A. Zhang et al., “Sustainable Biomass Briquette Production,” *Energy Conversion and Management*, vol. 234, pp. 113950, 2021.
  - [23] P. Singh and N. Singh, “Effect of Binder Type on Performance of Biomass Briquettes,” *Renewable Energy*, vol. 103, pp. 131–139, 2017.
  - [24] L. Chen et al., “Experimental Study on Combustion Characteristics of Biomass,” *Bioresource Technology*, vol. 273, pp. 551–558, 2019.
  - [25] M. Gupta and S. Agarwal, “Optimization of Biomass Briquetting Parameters Using Taguchi Method,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 219, pp. 127–135, 2019.