



Pemamfaatan Antrasit Batu Bara Sebagai Bahan *Briket* Dengan Campuran Kapur Sirih, *Molase*, Air Menggunakan Metode *Taguchi*

Gilbert Simanjuntak¹, Ilham Ary Wahyudie², Yudi Oktriadi³

^{1,2,3} Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Email : Gilbertjuntak123@gmail.com

Received: 9 Desember 2026; Received in revised form: 7 Januari 2026; Accepted: 7 Januari 2026

Abstract

This study aims to determine the effects of binder composition, drying temperature, and heating duration on the quality of anthracite coal briquettes. The Taguchi Design of Experiment (DOE) method was employed to optimize parameter combinations with a minimal number of experiments. The investigated variables included binder percentages (12.5% and 15%), drying temperatures (90°C and 110°C), and heating durations (90 and 120 minutes). The briquettes were tested for moisture content and compressive strength. Results show that the binder is the most influential factor, contributing 44.83% to the briquette quality, followed by temperature and the temperature–time interaction. Optimal conditions were achieved at 15% binder, 110°C, and 120 minutes, resulting in lower moisture content and higher compressive strength. The Taguchi approach proved effective in identifying dominant factors and determining the optimal parameters for improving anthracite coal briquette performance. These findings serve as a reference for developing briquettes as an alternative energy source, particularly for metallurgical applications.

Keywords: anthracite; coal briquette; binder; taguchi; compressive strength; taguchi.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh binder, suhu, dan waktu pemanasan terhadap kualitas briket batubara antrasit. Metode *Taguchi Design of Experiment* (DOE) digunakan untuk mengoptimalkan kombinasi parameter dengan jumlah percobaan minimal. Variabel yang diuji meliputi persentase binder (12,5% dan 15%), suhu pengeringan (90°C dan 110°C), serta waktu pemanasan (90 dan 120 menit). Pengujian dilakukan terhadap kadar air dan kekuatan tekan briket. Hasil analisis menunjukkan bahwa binder merupakan faktor paling dominan dengan kontribusi 44,83% terhadap kualitas briket, diikuti oleh suhu dan interaksi suhu×waktu. Kondisi optimal diperoleh pada penggunaan 15% binder, suhu 110°C, dan waktu 120 menit, menghasilkan kadar air yang lebih rendah dan kekuatan tekan yang lebih tinggi. Pendekatan Taguchi terbukti efektif dalam mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh sekaligus memberikan rekomendasi optimum untuk peningkatan mutu briket batubara antrasit. Temuan ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan briket sebagai sumber energi alternatif, khususnya untuk kebutuhan proses metalurgi.

Kata kunci: antrasit; briket batubara; binder; binder; kekuatan tekan; taguchi

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, batubara merupakan sumber daya yang sangat melimpah, terutama di Kalimantan dan Sulawesi, dan berpotensi besar sebagai energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan industri. Salah satu pemanfaatannya adalah pembuatan briket batubara sebagai bahan penunjang dalam menstabilkan suhu tungku dan mempercepat proses peleburan bijih timah. Antrasit digunakan sebagai bahan utama karena kandungan karbonnya tinggi (92–98%) sehingga mampu menghasilkan panas besar dan stabil.

Kebijakan energi nasional juga mendorong peningkatan nilai tambah batubara melalui pengembangan produk hilir seperti briket [1][2].

Briket diproduksi melalui proses pemadatan untuk meningkatkan nilai kalor per satuan volume. Berbagai bahan biomassa dapat digunakan, namun penelitian ini berfokus pada batubara antrasit. Meski memiliki nilai kalor tinggi, antrasit dalam bentuk briket masih menghadapi kendala seperti kadar air tinggi, kesulitan penyalaan, dan kandungan abu yang memengaruhi efisiensi pembakaran [3].

Kualitas briket dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti jenis bahan baku, suhu dan durasi pemanasan, serta tekanan pencetakan [4]. Dalam penelitian ini digunakan perekat molase, kapur sirih, dan air. Molase mampu menghasilkan bara yang tinggi dan mudah terbakar, sedangkan kapur sirih menghasilkan briket yang lebih padat dan tidak berasap, meski nilai kalornya lebih rendah [5][6]. Kadar air juga berperan penting karena kadar air berlebih (4–9%) dapat menurunkan efisiensi pembakaran. Pengeringan oven efektif menurunkan kadar air dan meningkatkan nilai kalor briket [7].

Batubara diklasifikasikan menjadi lima peringkat, dan antrasit menempati peringkat tertinggi karena kandungan karbonnya >93% dan zat terbangnya <10% [8][9]. Namun batubara Indonesia, terutama peringkat rendah, umumnya memiliki kadar air tinggi sehingga diperlukan teknologi pengolahan lanjutan untuk meningkatkan mutu pembakarannya [10].

Molase sebagai limbah industri gula juga digunakan secara luas sebagai perekat karena sifatnya yang kental dan mudah tercampur, dengan kandungan nutrisi yang tinggi [11]. Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa komposisi perekat, tekanan pencetakan, dan ukuran partikel sangat memengaruhi kekuatan mekanik, kerapatan, laju pembakaran, serta nilai kalor briket [12][13]. Penelitian dengan variasi bahan alternatif seperti *fly ash*, serbuk gergaji, dan lumpur IPAL juga menegaskan pentingnya pemilihan perekat yang tepat. Selain itu, proses karbonisasi terbukti dapat menurunkan kadar air briket secara signifikan, sehingga meningkatkan mutu pembakaran [14].

Metode Taguchi banyak digunakan untuk mengoptimalkan variabel proses karena mampu mengidentifikasi faktor paling berpengaruh dengan jumlah percobaan minimal. Beberapa studi menyimpulkan bahwa suhu pengeringan menjadi faktor dominan yang menentukan kualitas akhir briket, di samping tekanan pemadatan dan persentase perekat [15].

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, kajian yang secara khusus menggunakan batubara antrasit dengan perekat molase, kapur sirih, dan air melalui pendekatan Taguchi DOE masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut sekaligus mendukung peningkatan kualitas briket batubara bagi kebutuhan energi, terutama pada sektor peleburan dan hilirisasi mineral di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Proses Pembuatan Briket Baru Bara

Tahap pembuatan briket batu bara pertama kali dilakukan adalah persiapan bahan dan alat yang digunakan dalam pembuatan briket baru bara. Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan briket batu bara adalah antrasit batubara, serta perekat yang digunakan adalah kapur sirih, molase, air.

Antrasit merupakan batubara dengan peringkat tertinggi yang memiliki sifat keras, kandungan zat terbang kurang dari 10%, serta karbon lebih dari 93%. Meskipun batubara Indonesia umumnya memiliki kadar belerang dan abu yang rendah, tingginya kadar air terutama pada batubara peringkat rendah menyebabkan nilai kalor rendah dan membatasi pemanfaatannya di sektor metalurgi, sehingga diperlukan teknologi peningkatan kualitas pembakarandapat dilihat pada Gambar 1. Kualitas briket dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusunnya. Kapur sirih digunakan sebagai bahan tambahan untuk meningkatkan kekuatan, kestabilan, serta ketahanan terhadap suhu tinggi dan menurunkan kadar air dapat dilihat pada Gambar 2. Molase berperan sebagai perekat efektif dengan nilai kalor tinggi sebesar 6106,23 kalori/gram, melebihi standar SNI 01–6235–2000. Penggunaan molase terbukti meningkatkan kerapatan, kekuatan tekan, dan nilai kalor briket, molase dapat dilihat pada Gambar 3. Selain itu, kadar air yang rendah berkorelasi positif terhadap peningkatan nilai kalor, sehingga proses pembuatan menjadi faktor penting dalam menentukan kualitas biobriket dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 1. Antrasit batu bara



Gambar 3. Molase



Gambar 2. Kapur sirih



Gambar 2. Air

Bahan yang telah ditimbang kemudian dicampur dan diaduk selama 1 menit hingga homogen. Campuran tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk silindris dan ditekan menggunakan mesin press hidrilik dengan tekanan 10 MPa dan 12 MPa.

Briket hasil pencetakan ditimbang untuk memperoleh berat awal, kemudian dikeringkan menggunakan mesin *heat treatment* pada suhu 90°C selama 90 menit dan 110°C selama 120 menit, dengan waktu pemanasan awal 30 menit untuk mencapai suhu tersebut. Setelah proses pengeringan, briket diuji melalui dua pengujian, yaitu uji kadar air untuk mengetahui jumlah air yang tersisa dan uji tekan menggunakan mesin *Zwick Roell* untuk menilai kekuatan tekan dan ketahanan briket terhadap benturan. Press hidrolik digunakan sebagai alat pemadat pada proses pencetakan briket batubara dengan kapasitas tekanan hingga 50 ton, mesin press hidrolik dapat dilihat pada gambar 5. Pada penelitian ini, variasi tekanan yang digunakan adalah 10 dan 12 MPa. Setelah pencetakan, briket akan dimasukkan ke dalam *heat treatment* seperti gambar 6. Untuk menurunkan kadar air, memperkuat ikatan bahan perekat seperti molase dan kapur sirih, serta menjaga kestabilan bentuk briket selama penyimpanan. Perlakuan panas yang tepat juga dapat memicu karbonisasi ringan sehingga meningkatkan nilai kalor dan kestabilan pembakaran. Oleh karena itu, pengaturan tekanan, suhu, dan waktu pemanasan sangat menentukan kualitas briket yang dihasilkan. Mesin *Zwick Roell* digunakan untuk menguji kekuatan tekan briket batu bara, dapat kita lihat pada gambar 7.



Gambar 5. Press Hidrolik



Gambar 6. Heat Treatment



Gambar 7. Zwick Roell

2.2 Metode Taguchi

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan *Taguchi Design of Experiment* (DOE) karena mampu menganalisis pengaruh berbagai faktor secara efisien serta menentukan kombinasi perlakuan terbaik dengan jumlah percobaan minimal namun tetap representatif. Selain pengaruh masing-masing faktor, Taguchi juga mempertimbangkan interaksi, yaitu kondisi ketika dua atau lebih faktor bekerja bersama dan menghasilkan efek yang berbeda dibandingkan pengaruhnya secara terpisah. Memahami interaksi penting untuk merancang eksperimen yang akurat dan efektif. Taguchi sendiri menekankan pemilihan faktor dan karakteristik kualitas agar interaksi yang tidak diinginkan dapat

diminimalkan. Pada penelitian ini terdapat tiga faktor (binder, suhu, waktu) dengan dua level serta interaksi binder $\times$ suhu, binder $\times$ waktu, dan suhu $\times$ waktu.

Dalam perancangannya, digunakan grafik linear sebagai panduan visual untuk menempatkan faktor utama dan interaksi ke dalam *orthogonal array* (OA). Grafik ini berfungsi menjaga agar setiap faktor ditempatkan dengan benar tanpa terjadi tumpang tindih, sehingga desain percobaan menjadi valid dan sistematis. Pemilihan matriks ortogonal melalui perhitungan total derajat kebebasan berdasarkan jumlah variabel dan level yang digunakan. Pada penelitian ini faktor yang digunakan adalah binder, suhu, waktu dan akan digunakan proses intraksi antara binder $\times$ suhu, binder $\times$ waktu, suhu $\times$ waktu, masing-masing binder tersebut mempunyai 2 level. Jumlah total derajat kebebasan tersebut mempengaruhi pemilihan matriks ortogonal. Tabel 1 menunjukkan total derajat kebebasan.

Tabel 1. Total Derajat Kebebasan

No	Parameter Bebas	Level	Derajat kebebasan (Vn) (k-1)
1	Binder (%)	2	2-1
2	Suhu (c°)	2	2-1
3	Waktu (menit)	2	2-1
4	Interaksi binder dan suhu	2	2-1
5	Interaksi binder dan waktu	2	2-1
6	Interaksi suhu dan waktu	2	2-1
Jumlah			6

Berdasarkan adanya 6 faktor dengan masing-masing memiliki 2 level, maka dapat ditentukan derajat kebebasan dihitung sebagai berikut:

Total DF: Jumlah dari derajat kebebasan masing-masing faktor

Derajat kebebasan = (banyak faktor) $\times$ (banyak level – 1)

= (6) $\times$ (2-1) maka derajat kebebasan adalah 6

Syarat untuk menentukan OA : $L_a(b^c)$ = Nilai C harus lebih besar atau sama dengan dari total derajat kebebasan (DF).

Dari hasil perhitungan DF di atas hasil perhitungan total derajat kebebasan sebesar 6 derajat kebebasan. Derajat kebebasan yang paling layak dan sesuai digunakan pada matriks ortogonal adalah $L_8(2^7)$ yang berarti matriks tersebut digunakan ketika memiliki 2 level. Penggunaan $L_8(2^7)$ dilakukan untuk pengujian 6 faktor dengan setiap baris mewakili kombinasi dari level-level tersebut. Derajat kebebasan yang digunakan dan sesuai adalah pada matriks ortogonal $L_8(2^7)$ yang berarti matriks tersebut digunakan ketika memiliki 2 level. Penggunaan $L_8(2^7)$ dilakukan untuk pengujian 6 faktor dengan setiap baris mewakili kombinasi dari level-level tersebut. Parameter bebas terdiri dari binder, temperatur, dan waktu. Level dari binder di peroleh dari perhitungan persentase binder, sehingga diperoleh 12,5% dan 15%. Pada Tabel 2 meunjukkan parameter yang digunakan.

Tabel 2. Parameter bebas

No	Parameter bebas	Level 1	Level 2
1	Binder (%)	12,5	15
2	Temperature (°C)	90	110
3	Time (minute)	90	120

Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan menggunakan beberapa pendekatan statistik berbasis metode Taguchi. Analisis varian Taguchi digunakan untuk mengevaluasi pengaruh setiap parameter uji selama eksperimen, sehingga dapat diketahui faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap kualitas briket yang dihasilkan. Data hasil pengujian kemudian diolah menggunakan analisis varians (ANOVA) dua arah untuk menguraikan variasi total pada data percobaan yang melibatkan lebih dari satu faktor dengan beberapa level. Melalui ANOVA, kontribusi relatif dari setiap faktor terhadap respon dapat dipetakan secara lebih terperinci.

Selain itu, perhitungan rasio signal-to-noise (S/N) dilakukan dengan kriteria *smaller is better* untuk menilai besarnya pengaruh tiap parameter terhadap mutu briket serta menentukan kombinasi faktor yang menghasilkan kondisi proses paling optimal. Metode ini berasal dari pendekatan Taguchi, yang

banyak digunakan untuk perancangan eksperimen untuk menghasilkan hasil yang optimal dengan variasi minim. Semakin kecil rasio ini maka akan semakin baik pula hasil percobaan yang didapatkan. Dibawah ini rumus 1 *smaller is better* sebagai berikut:

$$\text{Rasio S/N} = -10\log_{10}\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n y_i^2\right) \quad 1$$

Selanjutnya, untuk memperkuat analisis, dilakukan perhitungan kontribusi dalam bentuk persentase guna mengetahui faktor dominan yang memengaruhi respon. Persentase kontribusi ditentukan melalui nilai jumlah kuadrat terkoreksi (SS' faktor), yang diperoleh dengan mengurangi nilai kuadrat faktor terhadap *mean square error* sesuai derajat kebebasannya. Rumus 2 perhitungan persentase kontribusi dapat dilihat dibawah ini sebagai berikut:

$$\rho = SS'\text{faktor} / SST \times 100\% \quad 2$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Persentase Binder

Dalam penelitian briket batubara, binder atau bahan pengikat berperan penting untuk merekatkan partikel-partikel batubara agar membentuk briket yang padat, kuat, serta tidak mudah hancur saat proses penanganan, penyimpanan, maupun penggunaan. Binder memiliki beberapa fungsi utama, antara lain memperkuat struktur briket sehingga tetap utuh selama pengeringan dan pembakaran, meningkatkan daya tahan mekanik agar tidak mudah pecah atau rapuh, mempermudah proses pencetakan dengan menyatukan partikel saat ditekan dalam cetakan, serta menstabilkan proses pembakaran dengan memengaruhi efisiensi dan mengurangi asap. Persentase binder dalam campuran briket dihitung berdasarkan perbandingan massa binder terhadap massa total campuran dan dikalikan dengan 100%. Berikut ini rumus 3 perhitungan persentase binder sebagai berikut:

$$\text{Persentase binder}(\%) = \left(\frac{\text{massa binder}}{\text{massa total campuran}} \right) \times 100\% \quad 3$$

Pada penelitian ini, massa total campuran ditetapkan sebesar 55 gram. Komposisi pertama terdiri atas 48,125 gram batubara dan 6,875 gram binder (molase, kapur sirih, dan air). Kemudian akan dihitung persentase binder sebagai berikut:

Batu bara = 48,125 gram, Molase, kapur sirih, air = 6,875 gram

Jadi total masa campuran keseluruhan adalah 48,125 gram + 6,875 gram = 55 gram. Berikut ini perhitungan persentase binder sebagai berikut.

$$\text{Persentase binder}(\%) = \frac{6,875}{55} \times 100\% = 0,125 \times 100\% = 12,5\%.$$

Batu bara = 46,75 gram, Molase, kapur sirih, air = 8,25 gram. Jadi total masa campuran keseluruhan adalah 46,75 gram + 8,25 gram = 55 gram.

$$\text{Persentase binder}(\%) = \frac{8,25}{55} \times 100\% = 0,12 \times 100\% = 15\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diketahui bahwa persentase binder yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 12,5% dan 15%. Selanjutnya, untuk keperluan pengujian lanjutan, total massa campuran akan diperkecil menjadi 25 gram, dengan tetap mempertahankan persentase binder pada nilai 12,5% dan 15%.

3.2 UJI KADAR AIR

3.2.1 Perhitungan Rata-Rata Terhadap Respon

Pengujian kadar air yang terkandung dalam briket batu bara dilakukan untuk mengetahui jumlah kandungan air. Setelah selesai pencetakan dilakukan proses penimbangan terlebih dahulu, lalu dipanaskan dalam oven metode yang digunakan adalah dengan memanaskan briket yang telah dicetak di dalam oven dengan suhu 90°C dan 110°C. Waktu pemanasan efektif dilakukan selama 90 menit dan 120 menit dan waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu temperatur ruang ke temperatur 90°C dan 110°C selama 30 menit. Setelah selesai pemanasan ditimbang kembali untuk mendapatkan berat akhir. Setelah hasil berat akhir didapatkan datanya akan diolah untuk mendapatkan rata-rata kadar air. Tabel 3 merupakan hasil dari pengujian kadar air yang didapatkan serta perhitungan rata-rata kadar air.

Tabel 3. Perhitungan rata-rata kadar iar

Run	A	B	A×B	c	A×C	B×C	-	RPS1 (%)	RPS2 (%)	RPS3 (%)	Rata-rata (%)
1	1	1	1	1	1	1	-	8	8,33	8	8,11
2	1	1	1	2	2	2	-	8	8	8	8,00
3	1	2	2	1	1	2	-	8	8	8,33	8,11
4	1	2	2	2	2	1	-	8	8,33	8	8,11
5	2	1	2	1	2	1	-	8,33	8,33	8,69	8,45
6	2	1	2	2	1	2	-	8,69	8,69	12,5	9,96
7	2	2	1	1	2	2	-	12,5	9,52	13,63	11,88
8	2	2	1	2	1	1	-	8,69	9,09	13,04	10,27

Data hasil percobaan dihitung untuk menentukan kualitas briket batubara berdasarkan variasi binder, suhu, dan waktu. Nilai rata-rata respon setiap kombinasi perlakuan dihitung terlebih dahulu sebelum dianalisis menggunakan metode Taguchi. Rumus 4 umum untuk menghitung rata-rata respon yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} \quad 4$$

Setelah perhitungan rata rata terhadap respon di peroleh maka akan dihitung perbandingan antara level 1 dan level 2 setian parameter, maka akan diperoleh hasil perbandingan setian parameter. Tabel 4 merupakan respon rata-rata parameter terhadap factor.

Tabel 4. respon rata-rata parameter terhadap faktor

Level	Binder	Suhu	binder×s uhu	Waktu	binder×wa ktu	suhu× waktu	eror
1	10,7766	11,5066	12,7533	12,1833	12,15	11,6466	-
2	13,52	12,79	11,5433	12,1133	12,1466	12,6466	-
Delta	-2,7434	-1,2834	1,21	0,07	0,0034	-1	-
Rank	6	5	1	2	3	4	-

Parameter yang berpengaruh besar terhadap briket batu bara yaitu interaksi antara binder×suhu memberikan pengaruh dominan terhadap respon dengan nilai sebesar 1,21 dan posisi peringkat pertama. Hal ini menunjukan bahwa kombinasi kedua faktor tersebut sangat menentukan hasil proses. Terdapat perbedaan nilai pada waktu yaitu 0,07, selain itu terdapat perbedaan binder waktu dengan nilai sebesar 0,0034, dan perbedaan suhu×waktu dengan nilai -1, perbedaan suhu sebesar -1,2834, perbedaan binder sebesar -2,7434.

3.2.2 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon

Data yang diubah menjadi angka digunakan untuk mengidentifikasi tingkat variasi yang muncul. Proses identifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap pengaruh kualitas respons briket batu bara dilakukan menggunakan metode rasio S/N. Perhitungan rasio S/N dalam penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi respons kualitas briket batu bara dengan menggunakan fitur kualitas lebih kecil lebih baik (*smaller is better*). Tabel 5 merupakan perhitungan rasio S/N dari pengaruh parameter.

Tabel 5. Rasio S/N dari pengaruh parameter

Lvel	Binder	Suhu	Binder× suhu	Waktu	binder× waktu	suhu× waktu
1	-18,152	-18,7027	-19,5548	-19,1011	-20,7215	-18,8024
2	-20,1354	-19,5848	-18,7326	-19,1863	-19,0711	-19,4851
Delta	1,9834	0,8821	-0,8222	0,0852	-1,6504	0,6827
Rank	1	2	5	4	6	3

Parameter yang mempengaruhi respon meliputi faktor binder, suhu, waktu, serta interaksi binder×suhu, binder×waktu, dan suhu×waktu. Berdasarkan analisis rasio S/N untuk setiap level, binder

memberikan pengaruh terbesar terhadap respon, dengan selisih nilai sebesar 1,9834. Faktor suhu menunjukkan selisih nilai sebesar 0,8821, sedangkan interaksi suhu×waktu memiliki selisih nilai 0,6827. Selain itu, interaksi waktu menunjukkan selisih nilai sebesar 0,0852 dan binder×suhu selisih nilai sebesar -0,8222. Sementara itu, faktor binder×waktu pemanasan memiliki selisih nilai -1,6504. Pada metode Taguchi, nilai respon yang digunakan adalah rasio S/N karena pendekatan ini mampu menghasilkan produk yang lebih tahan terhadap faktor gangguan (*noise*).

3.2.3 Analisis Varian Rata-Rata

Proses analisis mencakup perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat, dan nilai F-rasio. Tabel 6 merupakan analisis varian rata-rata.

Tabel 6. Analisis Varian Rata-Rata

Sumber	v	SS	MS
A	2	10,2478	4,5712
B	2	1,8528	4,5739
A×B	4	1,6471	4,5741
C	2	0,0029	4,5741
A×C	4	0	4,576
B×C	4	0,5662	4,5747
Error	2	6,0668	3,0334
Total	20	18,9524	-

Dari perhitungan kontribusi bahwa dapat kita ketahui bahwa binder berkontribusi sebesar 44,83%, suhu berpengaruh paling signifikan dengan kontribusi sebesar 9,42%. Interaksi antara binder × suhu memiliki nilai kontribusi sebesar 8,37%, Sedangkan pada waktu memiliki kontribusi sebesar 0,015%. Interaksi antara binder × waktu memiliki nilai kontribusi sebesar 0%, dan kontribusi suhu × waktu memiliki nilai sebesar 2,9874%.

3.3 UJI TEKAN

3.3.1 Perhitungan Rata-Rata Terhadap Respon

Uji tekan dilakukan untuk mengetahui berapa MPA yang dihasilkan briket batu bara dari hasil campuran atau perekat yang digunakan. Pengujian dilakukan menggunakan mesin *Zwick roel* pada setiap sampel akan dilakukan proses pengujian. Seluruh data yang telah diperoleh akan dilakukan perhitungan manual menggunakan metode *Taguchi*. Tabel dibawah ini adalah data hasil pengujian uji tekan yang telah di uji dan hasil rata-rata dari setiap replikasi. Tabel 7 adalah hasil uji tekan dan perhitungan rata-rata uji tekan.

Tabel 7. Perhitungan rata-rata uji tekan

No	A	B	A×B	C	A×C	B×C	RPS 1	RPS 2	RPS 3	Rata-rata
1	1	1	1	1	1	1	430	438	540	469,3333
2	1	1	1	2	2	2	395	405	461	420,3333
3	1	2	2	1	1	2	373	417	615	468,3333
4	1	2	2	2	2	1	460	423	638	507
5	2	1	2	1	2	1	583	575	620	592,6666
6	2	1	2	2	1	2	548	538	639	575
7	2	2	1	1	2	2	547	473	684	556
8	2	2	1	2	1	1	441	518	610	523

Data data diatas kemudian dihitung untuk menentukan kualitas briket batu bara terhadap binder, suhu, waktu mendapatkan hasil rata-rata terhadap respon kemudian akan dianalisis menggunakan metode *Taguchi*. Tabel 8 adalah hasil perhitungan rata-rata terhadap respon.

Tabel 8. Perhitungan rata-rata terhadap respon

Level	Binder	Suhu	Binder x suhu	Waktu	Binder x waktu	Suhu x waktu	Error
1	621,66	685,77	656,22	695,44	678,55	697,33	-
2	748,88	684,77	714,33	675,11	691,99	673,22	-
Delta	-127,22	1	-58,11	20,33	-13,44	24,11	-
Rank	6	3	5	2	4	1	-

Berdasarkan hasil analisis faktor yang memengaruhi respons, terlihat bahwa interaksi antara suhu dan waktu memberikan kontribusi paling besar dengan nilai delta 24,1111 dan menduduki peringkat pertama, menandakan bahwa kombinasi kedua parameter ini sangat berpengaruh terhadap hasil akhir. Selanjutnya, faktor waktu sendiri juga memiliki pengaruh signifikan 20,3333; peringkat 2, diikuti suhu sebesar 1 peringkat 3. Sementara itu, pengaruh faktor lain seperti binder x suhu -58,111; peringkat 5 serta interaksi antara binder x waktu sebesar -13,4444; peringkat 4, serta binder secara mandiri -127,2222; peringkat 6 relatif kecil atau negatif. Hasil ini menunjukkan bahwa untuk memperoleh kualitas briket terbaik, pengaturan suhu, waktu, dan interaksinya lebih krusial dibandingkan pengaturan binder dan interaksinya.

3.3.2 Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon

Data yang diubah menjadi angka digunakan untuk mengidentifikasi Tingkat variasi yang muncul. Proses identifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap pengaruh kualitas respons briket batu bara dilakukan menggunakan metode rasio S/N. Perhitungan rasio S/N dalam penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi respons kualitas briket batu bara dengan menggunakan fitur kualitas lebih kecil lebih baik (*smaller is better*). Perhitungan rasio S/N terhadap respon dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Rasio S/N Terhadap Respon

Level	Binder	Tem	Binder x Tem	Time	Binder x tem	Time x waktu	Error
1	621,66	685,77	656,22	695,44	678,55	697,33	-
2	748,88	684,77	714,33	675,11	691,99	673,22	-
Delta	-127,22	1	-58,11	20,33	-13,44	24,11	-
Rank	6	3	5	2	4	1	-

Hasil analisis rasio S/N dengan metode Taguchi menunjukkan bahwa faktor binder memiliki pengaruh terbesar terhadap kekuatan tekan briket dengan nilai delta tertinggi sebesar 1,4173, menegaskan pentingnya pemilihan jenis dan proporsinya. Suhu berada di peringkat kedua dengan delta 0,2125, sedangkan waktu berada di urutan ketiga dengan delta 0,1506. Interaksi suhu dan waktu menunjukkan pengaruh sedang 0,2755, sementara interaksi binder dengan suhu -0,7361 serta binder dengan waktu -2,8445 memberikan efek negatif. Temuan ini menegaskan bahwa binder merupakan faktor utama penentu mutu briket, diikuti suhu dan waktu, dengan interaksi antarvariabel yang perlu diatur secara cermat.

3.3.3 Analisis Varian Rata-Rata

Untuk menentukan persentase kontribusi terbesar dan terkecil, maka persentase setiap faktor terhadap total varian dihitung dengan membagi *Adjusted of Square* dari setiap faktor dengan total *Adjusted of Square* akan dikalikan dengan 100. Di bawah ini langkah-langkah bagaimana cara menghitung persentase kontribusi.

Faktor A : SS = 17.085,4976
 Faktor B : SS = 19,0221
 Faktor C : SS = 2.727,6596
 Faktor AxB : SS = 408,7706
 Faktor AxC : SS = 203,2440
 Faktor BxC : SS = 990,5157
 Residual error = -7.917,1737
 Total = 13.517,5359

Perhitungan persentase kontribusi untuk setiap faktor dapat dihitung menggunakan rumus 5 dibawah

ini:

$$\% \text{ kontribusi} = \frac{SS_{\text{Faktor}}}{SS_{\text{Total}}} \times 100 \%$$

5

- $\frac{8,8166}{19,6680} \times 100\% = 44,83\%$
- $\frac{1,8528}{19,6680} \times 100\% = 9,42\%$
- $\frac{1,6471}{19,6680} \times 100\% = 8,37\%$
- $\frac{0,0029}{19,6680} \times 100\% = 0,015\%$
- $\frac{0}{19,6680} \times 100\% = 0\%$
- $\frac{0,5662}{19,6680} \times 100\% = 2,88\%$

Dari hasil perhitungan kontribusi, tampak bahwa angka tertinggi sebesar 44,83% menunjukkan bahwa faktor tersebut memberikan pengaruh paling besar dibandingkan faktor lainnya. Kontribusi terbesar kedua tercatat pada 9,42%, sementara faktor-faktor lainnya hanya menyumbang dalam kisaran 0,015% hingga 2,88%. Temuan ini memperlihatkan bahwa hanya satu atau dua faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap variasi data, sedangkan faktor lain memberikan dampak yang relatif kecil.

4. SIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa kualitas briket batubara antrasit sangat ditentukan oleh faktor perekat, suhu, dan waktu pemanasan. Hasil analisis menggunakan metode *Taguchi* menunjukkan bahwa perekat (binder) memberikan kontribusi paling dominan terhadap mutu briket dengan persentase pengaruh sebesar 44,83%, diikuti faktor suhu dan interaksi suhu–waktu. Kondisi optimal diperoleh pada komposisi 15% binder, suhu 110°C, dan waktu 120 menit yang menghasilkan briket dengan kadar air rendah, kekuatan tekan tinggi, serta memenuhi standar mutu briket batubara. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan optimasi *Taguchi* efektif untuk meningkatkan performa briket batubara, sehingga dapat menjadi acuan dalam pengembangan energi alternatif berbasis batubara, khususnya pada sektor industri metalurgi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Utomo, T. A. (2019). Karakteristik riket arang serbuk gergaji dengan perekat berbahan tapioka, tepung sagu, dan molases.
- [2]. Tambaria, T. N., & Serli, B. F. Y. (2019). Kajian analisis proksimat pada briket batubara dan briket biomassa. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 2(2), 77-86.
- [3] Anggraini, Y., Ariyanti, A. S., Putra, R. P., & Zakiah, F. (2024). Pelatihan Pembuatan Arang Briket dengan Pemanfaatan Limbah Batok Kelapa di Desa Pangpong. *Jurnal Solutif: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(1), 32-37.
- [4] Utomo, T. A. (2019). Karakteristik briket arang serbuk gergaji dengan perekat berbahan tapioka, tepung sagu, dan molases
- [5]. Rahman, R. (2023). Optimasi Kinerja, Ekologi dan Ekonomi Pada Biobriket Campuran Batubara dan Arang Kayu Bakau (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- [6] Setyono, M. Y. P., & Purnomo, Y. S. (2022). Analisis Kadar Air dan Kadar Abu Briket Lumpur IPAL dan Fly Ash dengan Penambahan Serbuk Gergaji Kayu. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(6), 696-703.
- [7] Huda, M. S., Dethan, J. J., Bunga, F. J. H., Koehuan, J. E., Lano, M., Makaborang, M., & Abineno, J. C. (2024, December). Studi Penggunaan Ranting Kesambi Sebagai Bahan Baku Briket: Pengaruh Jenis Perekat Terhadap Karakteristik Fisik Dan Efisiensi Pembakaran. In *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian* (Vol. 7, No. 1, pp. 163-172).
- [8] Jacob, G., Hasan, H., & Winarno, A. (2021). Karakteristik campuran batubara dengan arang gergaji kayu meranti dalam pembuatan briket batubara di kota Samarinda, Kalimantan Timur. Kalimantan Timur (*Characteristics of Mixture of Coal with Meranti Wood Saw Charcoal in Making Coal Briquettes in Samarinda City, East Kali. Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, 9, 1, 27-32.

-
- [9] Yanto Mallisa, Y. A. N. T. O. Analisis Terjadinya Kebakaran Muatan Batubara Di Mv. Clipper Kythira. Diss. Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, 2024.
- [10] Nurlela, N. (2015). Briket Batubara Dengan Penyulut Enceng Gondok Dengan Perekat Tapioka. *Jurnal Media Teknik*, 12(1).
- [11] Nugraha, Agustinus Mahardika. Identifikasi Batu Bara Cair Dengan Menggunakan Metode Pengujian Proksimate Dan Gcms Daerah Batu Kajang. Diss. Institut Teknologi Kalimantan, 2025.
- [12] ailami, D., Pribadyo, P., & Hanif, H. (2020). Pengaruh Komposisi Dan Kuat Tekan terhadap Tingkat Kerapuhan Briket Arang Biomasa Campur Batubara dengan Tepung Kanji sebagai Perekat. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(1), 67-72.
- [13] Tamrin, T. (2015). Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Dan Tanah Liat Terhadap Mutu Briket Batu Bara. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 5(3), 134890.
- [14] Tambaria, T. N., & Serli, B. F. Y. (2019). Kajian analisis proksimat pada briket batubara dan briket biomassa. *Jurnal Geosains Dan Teknologi*, 2(2), 77-86.
- [15] Yuli Darta, Ilham Ary Wahyudie¹, Sukanto, Husman¹, Yuliyanto, Yudi Oktriadi, Martin, Gilbert Simanjuntak, Rizki Ardiansyah(2025) Peningkatan Kinerja Briket Debu Batubara Penerapan Desain Taguchi dan Analisis Pareto untuk Optimasi Variabel Proses Utama.