

Available online at: <http://inventory.poltekatiptdg.ac.id/>

INVENTORY

Industrial Vocational E-Journal on Agroindustry

| ISSN Online 2723-1895 |



Optimasi Parameter Campuran Material *Paving Block* Ramah Lingkungan Untuk Memaksimalkan Kuat Tekan dengan Metode Taguchi

Didik Sugiono¹, Rohmat^{2*}, Hidayat³

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Qomaruddin, Jl. Raya Bungah, Kec. Bungah, Gresik, 61152, Indonesia

^{2*} Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Lamongan, Jl. Plalangan, Kec. Lamongan, Lamongan, 62218, Indonesia

³ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gresik, Jl. Sumatera, Gresik Kota Baru, Gresik, 61121, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: November 10, 2025

Revised: December 28, 2025

Available online: January 12, 2026

KEYWORDS

Seashell Powder, Coconut Coir, *Paving block*, Compressive Strength, Taguchi Method

CORRESPONDENCE

Name: Rohmat

E-mail: rohmat.weld@umla.ac.id

A B S T R A C T

The increasing amount of industrial and domestic waste poses a serious challenge to environmental sustainability. Utilizing waste materials as substitutes in construction offers a promising solution. This study aims to optimize the composition of eco-friendly *paving blocks* by incorporating seashell waste and coconut coir powder using the Taguchi method. Four factors—cement, sand, seashell powder, and coconut coir powder—were analyzed at four variation levels based on an L16 (4⁴) orthogonal array, resulting in 16 experimental combinations. Compressive strength was used as the main performance parameter. The Signal-to-Noise (S/N) ratio analysis showed that coconut coir powder had the greatest effect on compressive strength, followed by seashell powder, cement, and sand. However, the optimal compressive strength was achieved with a composition of 643.23 g of cement, 2289.60 g of sand, 228.961 g of seashell powder, and 0 g of coconut coir powder, indicating that only seashell waste was empirically confirmed as an effective waste-based substitute in terms of compressive strength. Although ANOVA results indicated no statistically significant factors ($p > 0.05$), coconut coir powder exhibited the strongest influence on strength variation. The regression model explained 56.25% of the variation in compressive strength. These findings demonstrate the potential of seashell waste as a viable partial replacement material and provide practical guidance for determining the optimal composition of environmentally friendly *paving blocks* using the Taguchi method.

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri, rumah tangga, dan pertanian menjadi tantangan serius dalam menjaga kelestarian lingkungan. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah dapat menyebabkan pencemaran, merusak keseimbangan ekosistem, serta berdampak negatif terhadap kesehatan manusia [1]. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah sebagai bahan bernilai guna menjadi langkah strategis untuk mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan. Salah satu bentuk penerapannya adalah penggunaan limbah sebagai bahan pengganti dalam pembuatan material konstruksi, termasuk *paving block* [2].

Paving block merupakan material bangunan yang banyak digunakan pada jalan lingkungan, trotoar, halaman perumahan, dan area parkir karena kemudahannya dalam pemasangan, perawatan, serta kemampuannya dalam meresapkan air hujan ke dalam tanah. Kualitas *paving block* sangat dipengaruhi oleh komposisi material penyusunnya, dengan kuat tekan sebagai salah satu indikator utama yang mencerminkan kemampuan material dalam menahan beban [3]. Nilai kuat tekan yang tinggi menunjukkan mutu *paving block* yang baik dan ketahanan yang lebih tinggi terhadap penggunaan jangka panjang [4][5].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi pemanfaatan limbah organik maupun anorganik sebagai

bahan campuran *paving block* [6][7]. Limbah cangkang kerang, yang kaya akan kalsium karbonat, dilaporkan berpotensi meningkatkan kepadatan dan kekuatan material [8].

Namun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada penggunaan satu jenis limbah secara terpisah, atau mengevaluasi pengaruh limbah tertentu tanpa pendekatan optimasi komposisi yang sistematis [9]. Selain itu, kajian yang mengombinasikan limbah cangkang kerang dan sabut kelapa dalam satu sistem campuran, khususnya dengan pendekatan desain eksperimen metode Taguchi dan fokus pada optimasi kuat tekan, masih terbatas. Dengan demikian, masih terdapat celah penelitian terkait sejauh mana kedua jenis limbah tersebut dapat bekerja secara sinergis atau justru memberikan pengaruh yang berbeda terhadap karakteristik mekanik *paving block*.

Tantangan utama dalam pemanfaatan limbah sebagai bahan campuran *paving block* terletak pada penentuan komposisi material yang optimal. Penambahan limbah dalam jumlah yang tidak tepat berpotensi menurunkan kuat tekan dan daya tahan material. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan eksperimental yang efisien dan terstruktur untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing komponen campuran serta menentukan kombinasi yang paling optimal.

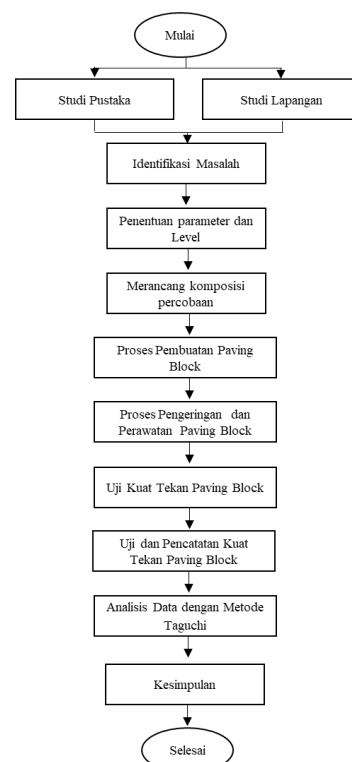
Metode Taguchi merupakan salah satu pendekatan desain eksperimen yang banyak digunakan untuk mengoptimasi parameter proses dengan jumlah percobaan yang relatif minimal [10][11]. Melalui penggunaan *orthogonal array*, metode ini memungkinkan analisis pengaruh beberapa faktor secara simultan dan sistematis, sehingga dapat mengidentifikasi faktor dominan yang memengaruhi respons yang diamati [12][13][14].

Berdasarkan fenomena ini, penelitian bertujuan menganalisis pengaruh variasi empat faktor utama, yaitu semen, pasir, serbuk cangkang kerang, dan serbuk sabut kelapa terhadap kuat tekan *paving block* dengan menggunakan metode Taguchi. Penelitian ini tidak hanya menguji kelayakan pemanfaatan kedua jenis limbah tersebut sebagai bahan campuran, tetapi juga mengevaluasi sejauh mana masing-masing limbah berkontribusi terhadap peningkatan atau penurunan kuat tekan. Dengan demikian, studi ini diharapkan dapat mengisi celah penelitian yang ada dengan memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peran limbah cangkang kerang dan sabut kelapa, sekaligus menghasilkan rekomendasi komposisi *paving block* berbasis limbah yang optimal, ramah lingkungan, dan aplikatif dalam mendukung konstruksi berkelanjutan.

METODOLOGI

Urutan aktivitas pada penelitian ini bisa dilihat pada Gambar 1. *flowchart*, berikut detail alurnya:

1. Mulai
2. Identifikasi Masalah dan Studi Pustaka
Merumuskan fokus penelitian dan menentukan tujuan yang ingin dicapai.
3. Penentuan Parameter dan Level Variasi
Menentukan faktor dan tingkat variasi pada pembuatan *paving block*.
4. Perancangan Komposisi Campuran
Menyusun tabel parameter dan komposisi material.
5. Analisis Kombinasi Menggunakan Minitab17 (Metode Taguchi)
Mendapatkan 16 kombinasi percobaan.
6. Proses Pembuatan *Paving block*
Mencetak *paving block* sesuai kombinasi yang telah ditentukan.
7. Proses Pengeringan dan Perawatan 28 Hari
Paving block dijemur di bawah sinar matahari.
8. Uji Kuat Tekan *Paving block*
Menguji hasil setelah masa perawatan selesai.
9. Pencatatan Data Hasil Uji di Microsoft *Excel*
Semua hasil pengujian dicatat dalam tabel *Excel*.
10. Analisis Data dengan Metode Taguchi
Mengolah dan menganalisis hasil uji untuk menentukan kombinasi optimal.
11. Penarikan Kesimpulan
Menyimpulkan hasil penelitian berdasarkan analisis data.
12. Selesai



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Parameter dan Level Pembuatan Paving block

Penelitian ini menggunakan empat faktor utama yang memengaruhi karakteristik *paving block*, yaitu semen, pasir, serbuk cangkang kerang, dan serbuk sabut kelapa. Pemilihan faktor dan penentuan level didasarkan pada standar nasional, praktik umum pembuatan *paving block*, serta hasil penelitian terdahulu terkait pemanfaatan limbah sebagai material substitusi.

Pemilihan Level Semen

Jumlah semen ditetapkan pada kisaran 643.21–643.24 g dengan variasi yang relatif kecil. Penetapan level ini mengacu pada komposisi dasar *paving block* beton pracetak sesuai SNI 03-0691-1996, di mana semen berfungsi sebagai bahan pengikat utama yang menentukan proses hidrasi dan kekuatan awal material.

Pemilihan Level Pasir

Pasir digunakan sebagai agregat halus utama dengan level 2289.60 g; 1831.68 g; 1373.76 g; dan 915.84 g. Rentang ini ditentukan berdasarkan perbandingan agregat–semen yang umum digunakan pada *paving block* beton, Rentang pasir ditetapkan relatif lebar dan disusun menurun, yaitu dari 2289,60 g hingga 915,84 g. Penurunan ini disengaja karena pasir secara bertahap digantikan oleh material limbah, yaitu serbuk cangkang kerang dan serbuk sabut kelapa. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip substitusi parsial agregat halus dalam beton dan *paving block*, sebagaimana direkomendasikan dalam SNI 03-2834-2000 serta berbagai studi yang menyatakan bahwa penambahan bahan alternatif umumnya dilakukan dengan mengurangi agregat konvensional [15].

Pemilihan Level Serbuk Cangkang Kerang

Serbuk cangkang kerang ditetapkan sebagai substitusi parsial agregat halus dengan level 0 g; 228.961 g; 457.922 g; dan 686.883 g. Pemilihan rentang ini mengacu pada hasil penelitian terdahulu yang melaporkan bahwa kandungan cangkang kerang hingga sekitar 10–30% dari agregat halus masih memungkinkan peningkatan kepadatan dan kuat tekan beton atau mortar akibat kandungan kalsium karbonat (CaCO_3) yang tinggi [4].

Pemilihan Level Serbuk Sabut Kelapa

Serbuk sabut kelapa digunakan sebagai bahan substitusi dengan level 0 g; 228.960 g; 457.921 g; dan 686.881 g. Pemilihan level ini didasarkan pada studi sebelumnya yang menyatakan bahwa serat sabut kelapa dalam jumlah terbatas dapat meningkatkan ketahanan retak dan kohesi internal material berbasis semen, tetapi penambahan berlebih justru berpotensi menurunkan kuat tekan akibat terganggunya homogenitas dan meningkatnya rongga [16].

Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan rentang level dari rendah hingga tinggi untuk mengevaluasi batas optimal kontribusi serbuk sabut kelapa terhadap kuat tekan *paving block*. Level 0 g.

Tabel 1. Parameter dan Level Pembuatan *Paving block*

Parameter	Level			
	1	2	3	4
Semen (g)	643.21	643.22	643.23	643.24
Pasir (g)	2289.60	1831.68	1373.76	915.84
Serbuk Cangkang Kerang (g)	0.000	228.961	457.922	686.883
Serbuk Sabut Kelapa (g)	0.000	228.960	457.921	686.881

Komposisi Percobaan dengan Metode Taguchi dan Hasil Uji Tekannya

Pada tahap ini, seluruh kombinasi faktor dan level yang telah ditentukan melalui desain eksperimen metode Taguchi kemudian diuji untuk mengetahui karakteristik *paving block* yang dihasilkan. Pengujian difokuskan pada kuat tekan, karena merupakan indikator penting dalam menilai kualitas serta daya tahan *paving block*. Hasil kombinasi setiap perlakuan disajikan bersama nilai uji tekan bisa dilihat pada Tabel 2. Proses pengujian tekan bisa dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Hasil Kombinasi dan Hasil Uji Kuat Tekan

No. Eks.	Faktor				Kuat Tekan (MPa)
	Semen (g)	Pasir (g)	Serbuk Cangkang Kerang (g)	Serbuk Sabut Kelapa (g)	
1	643.21	2289.60	0.000	0.000	11.28
2	643.21	1831.68	228.961	228.960	10.06
3	643.21	1373.76	457.922	457.921	8.84
4	643.21	915.84	686.883	686.881	8.72
5	643.22	2289.60	228.961	457.921	8.72
6	643.22	1831.68	0.000	686.881	8.68
7	643.22	1373.76	686.883	0.000	8.76
8	643.22	915.84	457.922	228.960	9.21
9	643.23	2289.60	457.922	686.881	8.72
10	643.23	1831.68	686.883	457.921	8.8
11	643.23	1373.76	0.000	228.960	9.55
12	643.23	915.84	228.961	0.000	12.5
13	643.24	2289.60	686.883	228.960	9.39
14	643.24	1831.68	457.922	0.000	9.15
15	643.24	1373.76	228.961	686.881	8.72
16	643.24	915.84	0.000	457.921	8.5

Gambar 2. Dokumentasi Uji Tekan pada *Paving block*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemrosesan dengan Metode Taguchi

Dalam penelitian ini, desain eksperimen menggunakan metode Taguchi dengan 4 faktor dan 4 level. Setiap faktor memiliki empat variasi level yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu semen, pasir, serbuk cangkang kerang, dan serbuk sabut kelapa. Dengan kombinasi 4×4 , secara teoritis terdapat 256 kemungkinan percobaan, namun dengan pendekatan *orthogonal array* (OA) L16 (4^4), jumlah percobaan dapat diperkecil menjadi 16 eksperimen yang tetap mampu mewakili seluruh kombinasi parameter secara seimbang [17][18]. Desain ini memungkinkan analisis lebih efisien untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor terhadap respon uji tekan *paving block*, sekaligus menentukan kondisi optimum yang dihasilkan.

Perhitungan S/N Ratio

Setelah data hasil uji tekan dan porositas diperoleh dari setiap kombinasi percobaan, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Signal-to-Noise* (S/N) ratio. Perhitungan *S/N ratio* bertujuan untuk mengevaluasi kualitas respon dengan mempertimbangkan variasi data yang terjadi pada setiap kombinasi faktor dan level [19][20]. Dengan metode ini, respon yang dihasilkan tidak hanya dinilai dari rata-rata, tetapi juga dari kestabilan (*robustness*) terhadap variasi. Dalam penelitian ini, kriteria yang digunakan adalah “*larger-the-better*” untuk parameter kuat tekan, karena semakin besar nilainya semakin baik.

Rumus S/N Ratio untuk kriteria *larger-the-better*

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

n = jumlah pengulangan (replikasi) percobaan.

y_i = nilai respon hasil pengukuran ke- i .

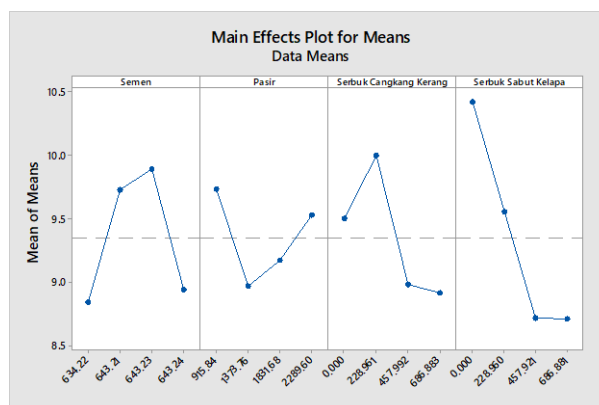
Berikut adalah tabel hasil S/N Ratio menggunakan bantuan minitab17. Detail datanya bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil S/N Ratio Porositas dan Kuat Tekan

No. Eks.	Parameters				Kuat Tekan (Mpa)	S/N Ratio (dB) Kuat Tekan
	Semen (g)	Pasir (g)	Serbuk Cangkang Kerang (g)	Serbuk Sabut Kelapa (g)		
1	643.21	2289.60	0.000	0.000	11.28	21.0462
2	643.21	1831.68	228.961	228.960	10.06	20.0520
3	643.21	1373.76	457.922	457.921	8.84	18.9290
4	643.21	915.84	686.883	686.881	8.72	18.8103
5	643.22	2289.60	228.961	457.921	8.72	18.8103
6	643.22	1831.68	0.000	686.881	8.68	18.7704
7	643.22	1373.76	686.883	0.000	8.76	18.8501
8	643.22	915.84	457.922	228.960	9.21	19.2852
9	643.23	2289.60	457.922	686.881	8.72	18.8103
10	643.23	1831.68	686.883	457.921	8.8	18.8897
11	643.23	1373.76	0.000	228.960	9.55	19.6001
12	643.23	915.84	228.961	0.000	12.5	21.9382
13	643.24	2289.60	686.883	228.960	9.39	19.4533
14	643.24	1831.68	457.922	0.000	9.15	19.2284
15	643.24	1373.76	228.961	686.881	8.72	18.8103
16	643.24	915.84	0.000	457.921	8.5	18.5884

Analisa Pengaruh Parameter Pembuatan Paving block Terhadap Kuat Tekan

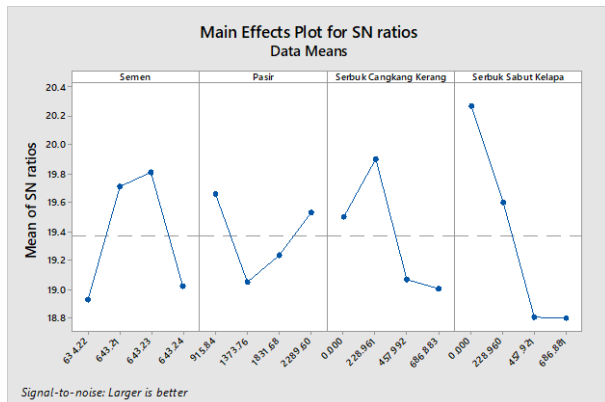
Berdasarkan hasil perhitungan *S/N ratio* pada Tabel 3. Didapatkan grafik *main effect plot* yang digunakan untuk menampilkan perubahan nilai rata-rata *S/N ratio* pada tiap level faktor, sehingga dapat diketahui parameter utama yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan *paving block*. Melalui plot ini, terlihat secara visual faktor mana yang memberikan kontribusi signifikan dalam menaikkan kuat tekan serta memberikan level optimal yang dapat digunakan pada proses pembuatan *paving block*.

Gambar 3. *Main Effect Plot* Parameter terhadap Kuat Tekan

Berdasarkan Gambar 3. diatas, *main effect plot* diatas, Faktor serbuk sabut kelapa menunjukkan pengaruh paling besar terhadap kuat tekan. Hal ini terlihat dari perubahan sudut garis yang tajam.

Pemilihan Parameter Optimum dari Setiap Level untuk Meningkatkan Kuat Tekan

Langkah ini akan dilakukan dengan melihat plot dan hasil perhitungan tabel respons pada *S/N ratio*. Pemilihan setiap parameter optimum dilakukan dengan memilih nilai terbesar dari setiap nilai parameter pada tabel respons. Berdasarkan metode Taguchi, *S/N ratio* yang lebih tinggi mencerminkan deviasi sekecil mungkin antara keluaran yang diinginkan dan terukur. Untuk hasil yang lebih jelas mengenai parameter mana yang optimum, dapat dilihat pada Gambar 4. pada *plot S/N ratio* dibawah ini.



Gambar 4. Main effect plot pada S/N Ratio

Faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan bisa dilihat dari kemiringan garis paling tajam yaitu serbuk sabut kelapa. Detail nilai setiap hasil perhitungan respons *S/N ratio* pada setiap parameter dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel Respons S/N Ratio (*larger-the-better*)

Levels	Parameter <i>Paving block</i>			
	Semen (g)	Pasir (g)	Serbuk Cangkang Kerang (g)	Serbuk Sabut Kelapa (g)
1	19.71	19.66	19.50	20.27
2	18.9	19.05	19.90	19.60
3	19.81	19.24	19.06	18.80
4	19.02	19.53	19.00	18.80
Delta	0.88	0.61	0.90	1.47
Rank	3	4	2	1

Berdasarkan tabel respons *S/N ratio*, kombinasi optimum untuk memaksimalkan kuat tekan *paving block* diperoleh pada semen level 3 (643.23 g), pasir level 1 (2289.60 g), serbuk cangkang kerang level 2 (228,961 g), dan serbuk sabut kelapa level 1 (0.000 g). Kombinasi ini menghasilkan nilai kuat tekan tertinggi dan kestabilan respon terbaik dalam desain eksperimen yang diuji.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun serbuk sabut kelapa merupakan faktor paling sensitif terhadap perubahan kuat tekan berdasarkan analisis *S/N ratio*, level optimum justru berada pada kondisi tanpa penambahan sabut kelapa. Secara mekanis, serbuk sabut kelapa bersifat higroskopis dan memiliki struktur berserat yang cenderung meningkatkan pembentukan rongga serta melemahkan ikatan antara pasta semen dan agregat. Pada level yang lebih tinggi, serbuk sabut kelapa berpotensi menurunkan kepadatan matriks dan membentuk zona lemah (*weak interface*), sehingga kuat tekan *paving block* mengalami penurunan.

Sebaliknya, penggunaan serbuk cangkang kerang pada level 2 (228.961 g) berkontribusi positif terhadap kuat tekan. Kandungan kalsium karbonat yang tinggi pada cangkang kerang berperan sebagai micro-filler yang mengisi rongga antar partikel, meningkatkan kepadatan struktur, dan memperbaiki ikatan dalam matriks semen. Kombinasi pasir pada level 1 (2289.60 g) dan semen pada level 3 (643.23 g) memastikan ketersediaan agregat dan pasta semen yang memadai untuk membentuk struktur *paving block* yang padat dan kuat.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa limbah cangkang kerang terkonfirmasi efektif sebagai material substitusi parsial untuk meningkatkan kuat tekan, sedangkan serbuk sabut kelapa tidak direkomendasikan untuk tujuan optimasi kuat tekan pada rentang level yang diuji..

Penentuan Parameter yang Paling Berpengaruh terhadap Kuat Tekan dengan ANOVA

Dengan cara yang sama dari pengukuran sebelumnya, didapatkan tabel ANOVA sebagai berikut.

Tabel 5. ANOVA Kuat Tekan

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Semen	3	3.442	1.1475	1.75	0.328
Pasir	3	1.422	0.4742	0.72	0.601
Serbuk Cangkang Kerang	3	3.079	1.0263	1.57	0.360
Serbuk Sabut Kelapa	3	8.016	2.6721	4.09	0.139
error	3	1.962	0.6541		
Total	15	17.922			

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa tidak ada faktor yang berpengaruh signifikan secara statistik terhadap kuat tekan pada tingkat kepercayaan 95% ($p > 0.05$). Kondisi ini dapat disebabkan oleh keterbatasan jumlah percobaan pada desain L16 serta variasi data yang relatif tinggi.

Meskipun demikian, serbuk sabut kelapa memiliki nilai *p-value* paling mendekati 0.05 dibandingkan faktor lainnya, sehingga tetap menunjukkan kecenderungan pengaruh terhadap kuat tekan. Dengan demikian, hasil ANOVA tidak bertentangan dengan analisis Taguchi,

melainkan saling melengkapi. Taguchi mengidentifikasi faktor paling sensitif, sementara ANOVA menunjukkan bahwa pengaruh tersebut belum signifikan secara statistik dalam ruang lingkup data penelitian ini..

Pemodelan Parameter terhadap Porositas menggunakan Uji Regresi

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan dengan menerapkan analisis regresi linier pada perangkat lunak Minitab17.

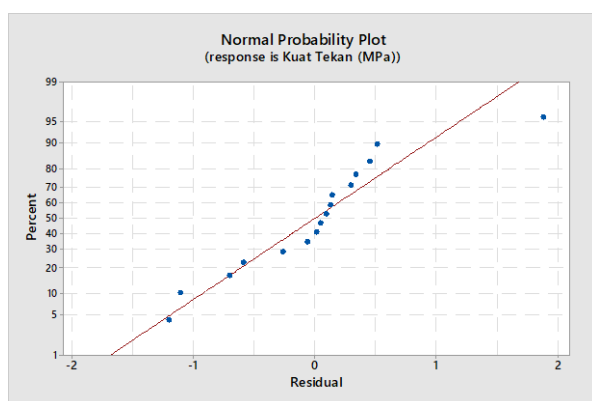
Tabel 6. Results of R-squared Calculation

<i>s</i>	<i>R-sq</i>	<i>R-sq (adj)</i>
0.844269	56.25%	40.34%

Model regresi linier yang diperoleh memiliki nilai R^2 sebesar 56.25% dan R^2 adj sebesar 40.34%, yang menunjukkan kemampuan prediktif sedang. Hal ini mengindikasikan bahwa sekitar setengah variasi kuat tekan dapat dijelaskan oleh variabel dalam model, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dimasukkan, seperti kondisi curing, homogenitas pencampuran, kualitas bahan baku, kadar air efektif, serta kemungkinan interaksi antar faktor.

Formulasi Regresi:

$$\text{Kuat Tekan (MPa)} = -37.2 + 0.0750 \text{ Semen} - 0.000090 \text{ Pasir} - 0.001212 \text{ Serbuk Cangkang Kerang} - 0.002610 \text{ Serbuk Sabut Kelapa} \quad (4)$$



Gambar 5. Normal Probability Plot

Dari gambar plot diatas dapat diketahui bahwa residual mendekati distribusi normal karena pola titik mengikuti garis lurus. Hal ini memungkinkan membuat estimasi interval kepercayaan dan prediksi memungkinkan akurat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, berikut kesimpulan pada penelitian ini:

1. Kombinasi optimum bahan *paving block* diperoleh pada:
 - a. Semen: 643.23 g (level 3)
 - b. Pasir: 2289.60 g (level 1)

- c. Serbuk cangkang kerang: 228.961 g (level 2)
 - d. Serbuk sabut kelapa: 0.000 g (level 1)
2. Faktor serbuk sabut kelapa merupakan variabel yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan *paving block*, diikuti oleh serbuk cangkang kerang, semen, dan pasir.
3. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa tidak ada faktor yang berpengaruh signifikan secara statistik ($p\text{-value} > 0.05$), namun serbuk sabut kelapa memiliki pengaruh paling mendekati signifikan.
4. Secara keseluruhan, pemanfaatan limbah cangkang kerang dapat meningkatkan nilai guna limbah dan berpotensi sebagai bahan pengganti parsial dalam pembuatan *paving block* yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, antara lain jumlah percobaan yang terbatas pada desain *orthogonal array L16*, sehingga kemampuan analisis statistik inferensial masih terbatas. Selain itu, penelitian ini hanya berfokus pada parameter kuat tekan tanpa mengevaluasi sifat lain seperti daya serap air, ketahanan aus, atau karakteristik mikrostruktur material. Faktor proses seperti variasi kadar air, metode pemadatan, serta kondisi curing juga belum dianalisis secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan jumlah sampel yang lebih besar, mengkaji interaksi antar faktor, serta menambahkan pengujian sifat fisis dan durabilitas guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kinerja *paving block* berbasis limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. B.Muharam *et al.*, “Pemanfaatan Sampah Anorganik Dan Oli Bekas Untuk Pembuatan *Paving Block* Di Desa Pasirkiamis Kecamatan Pasirwangi Kabupaten Garut,” vol. 1, no. 11, pp. 2076–2083, 2024.
- [2] A.Setyoningrum and A.Saefudina, “Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang sebagai Bahan Campuran dalam Pembuatan *Paving Block* (*Literature Review*),” vol. 6, no. 1, pp. 54–61, 2024.
- [3] X.Wang, C. S.Chin, and J.Xia, “applied sciences Material Characterization for Sustainable Concrete *Paving Blocks*,” 2019, doi: 10.3390/app9061197.
- [4] A. A.Zahroh, K.Ayunaning, and R. D.Sutrisno, “Analisis Pengaruh Penggunaan Serbuk Limbah Kulit Kerang Sebagai Material Pengganti Pasir Pada Campuran *Paving Block*,” vol. 02, no. 01, pp. 51–60, 2025.
- [5] E. K.Pangestuti, E.Nugroho, S. W.Mudjanarko, and E.Julianto, “Determining optimum eco paving block compositions by using factorial design method Determining optimum eco paving block compositions by using factorial design

- method,” doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012008.
- [6] F.Aulia and A.Rahma, “Optimizing Paving Block Parameters with Taguchi Method for Higher Compressive Strength,” vol. 26, no. 4, pp. 1–11, 2025, doi: 10.21070/ijins.v26i4.1594.
- [7] A.Solouki and P.Tataranni, “Mixture Optimization of Concrete Paving Blocks Containing Waste Silt,” pp. 1–15, 2022.
- [8] M.Olivia, A.Arifandita, and L.Darmayanti, “Mechanical properties of seashell concrete,” *Procedia Eng.*, vol. 125, pp. 760–764, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.11.127.
- [9] D.Anggraini, S. K.Dewi, and T. E.Saputro, “Aplikasi Metode Taguchi Untuk Menurunkan Tingkat Kecacatan Pada Produk Paving,” vol. 16, no. 1, pp. 1–9, 2015.
- [10] C.Series, “Use of Taguchi Robust Design to Optimize Rubber Glove Process Use of Taguchi Robust Design to Optimize Rubber Glove Process,” 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1489/1/012034.
- [11] N. A.Banoel, D. K.Wijaya, and T.Talitha, “Metode Taguchi Untuk Optimasi Proses Engraving CNC Router G- Weike WK1212 untuk Kayu Mahoni Taguchi Method For Engraving Process Optimization CNC Router G-Weike WK1212 for Mahogany,” vol. 7, no. 2, pp. 98–103, 2021.
- [12] R.Ferdiansyah and I.Bachtar, “Pengendalian Kualitas dengan Metode Taguchi pada Produk Cat Tembok di Pt XYZ,” pp. 129–138, 2023.
- [13] T.Awolusi, A.Taiwo, O.Aladegboye, and D.Oguntayo, “Materials Today: Proceedings Optimisation of quinary blended supplementary cementitious material for eco-friendly paving unit using taguchi orthogonal array design,” *Mater. Today Proc.*, vol. 65, pp. 2221–2227, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.06.263.
- [14] C. C.Ikeagwuani, D. C.Nwonu, and C. K.Ugwu, “Heliyon Process parameters optimization for eco-friendly high strength sandcrete block using Taguchi method,” *Heliyon*, vol. 6, no. 6, p. e04276, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04276.
- [15] “USAHA BATAKO KARYA SEPAKAT Abdullah Umar , Silvia Uslianti , Yopa Eka Prawatya INTEGRATE : Industrial Engineering and Management System,” vol. 7, no. 2, pp. 154–159, 2023.
- [16] A. P.Adewuyi and T.Adegoke, “Exploratory Study Of Periwinkle Shells As Coarse Aggregates in Concrete Works,” vol. 3, no. 6, pp. 1–5, 2008.
- [17] Rohmat, D. A. F.Ferlania, and I.Abdullah, “Studi Pengoptimalan Parameter Proses 3D Printing Terhadap Kekuatan Tarik Filamen PLA+ dengan Pendekatan Metode Taguchi,” *J. Sist. dan Tek. Ind.*, vol. 5, no. 3, pp. 299–304, 2024.
- [18] D.Indrawati, U.Suryakencana, B. E.Putro, and U.Suryakencana, “Penerapan Desain Eksperimen Taguchi Untuk Optimasi Kuat Tekan Batako (Studi Kasus TB . Intan Jaya),” no. August, 2021.
- [19] M.Bergas, P.Kurniawan, A.Nugraha, and A.Nugroho, “Analisis Pengaruh Parameter Hardening terhadap Distorsi Spesimen CT58 dengan Metode Taguchi,” vol. 7, no. 2, pp. 152–159, 2023.
- [20] R. P.Candra, M. Y.Bustomi, and A. R.Aisy, “Neutral: Journal of Engineering Analisa Parameter Proses Oven Terhadap Kualitas Cat Dengan Metode Taguchi Neutral: Journal of Engineering,” vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2023.