

REKAYASA MUTU BETON DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI DI PT. SUCOFINDO

Musdalifah ¹⁾, Rahmaniah Malik ²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia.

Email : elimsulfajrin22@gmail.com¹⁾, dirgahayu.lantara@umi.ac.id²⁾

INFORMASI ARTIKEL

Diterima:
25/05/2023

Diperbaiki:
30/05/2023

Disetujui:
20/06/2023

Diterbitkan:
30/06/2023

ABSTRAK

Tujuan: untuk meminimalkan variasi mutu terhadap faktor-faktor yang berpengaruh dan mengatur komposisi bahan yang ideal dalam pengujian kualitas beton dengan karakteristik kuat tekan yang optimal di PT. SUCOFINDO.

Desain/Methodologi/Pendekatan: Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Taguchi dalam perancangan eksperimen, dengan pemilihan faktor-faktor kendali dan *noise* beserta penentuan level-levelnya, serta pembuatan matriks ortogonal untuk eksperimen. Analisis data dilakukan melalui optimisasi *Signal to Noise Ratio* (SNR), analisis *Mean*, dan analisis *Anova*.

Temuan/Hasil: Hasil dari penelitian ini adalah dari analisis terhadap SNR dan mean, disimpulkan bahwa komposisi bahan dengan Agregat 2 kg, Semen 800 gr, dan Air 900 ml merupakan kombinasi yang memadai untuk memaksimalkan tingkat kuat tekan beton.

Dampak: Hasil penelitian ini berpotensi memberikan dampak positif bagi PT. SUCOFINDO dengan memungkinkan perusahaan untuk meningkatkan kualitas beton melalui pengaturan komposisi bahan yang optimal, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pengujian kualitas beton dengan karakteristik kuat tekan yang diinginkan.

Kesimpulan: Secara keseluruhan, penelitian ini menggunakan metode Taguchi untuk merancang eksperimen dalam rangka mengoptimalkan komposisi bahan beton guna mencapai kuat tekan yang optimal. Dari hasil analisis, diketahui bahwa kombinasi Agregat 2 kg, Semen 800 gr, dan Air 900 ml memberikan hasil yang memadai. Implikasinya, penelitian ini dapat membantu PT. SUCOFINDO dalam meningkatkan kualitas beton yang diuji, dengan potensi meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pengujian kualitas beton di perusahaan.

Kata kunci: Metode Taguchi, Kualitas Beton, Kuat Tekan, Komposisi Bahan, Eksperimen.



DOI: <https://doi.org/10.3926/japsi.v1i1.55>

2023 The Author(s). This open-access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license.

Situs web: <https://jurnal.fti.umi.ac.id/index.php/JAPSI>

1. PENDAHULUAN

Beton memiliki kuat tekan yang tinggi namun kuat tarik yang lemah (Hani & Tanjung, 2020; Rahim & Darri, 2022). Untuk kuat tekan, di Indonesia sering digunakan satuan kg/cm² dengan simbol K untuk benda uji kubus dan fc untuk benda uji silinder (Ubaidillah & Walujodjati, 2022). PT. SUCOFINDO (PERSERO) didirikan pada tahun 1956, merupakan perusahaan patungan antar pemerintah Republik Indonesia dengan *Societe Generale de Suerveliance Holding SA (SGS)*, salah

satu perusahaan inspeksi terbesar didunia perpusat di Jenewa Swiss. PT. SUCOFINDO (PERSERO) adalah perusahaan inspeksi yang pertama di Indonesia. Pengalaman dibidang industri, supervise, pengkajian, dan pengujian menjadi modal utama dalam mengembangkan usaha menjadi perusahaan inspeksi Nasional terbesar di Indonesia.

Pengujian kuat tekan beton menjadi pengujian yang sering dilakukan (Aprilyanti & Suryani, 2020). PT. Sucofindo Makassar melakukan produksi beton dengan menggunakan mixer yang berfungsi untuk mencampurkan agregat, semen, dan air. Selanjutnya di masukkan kedalam cetakan berupa bentuk silinder dengan ukuran diameter 15 dan tinggi 30 cm. Setelah itu di lakukan pengeringan cetakan terlebih dahulu. lalu beton di keluarkan dari cetakan selanjutnya beton akan di rendam selama 28 hari setelah di lakukan perendaman selam 28 hari dan akan di masukkan di mesin *Compression Machine* hinggaa beton/sampel hancur. Dengan menggunakan mesin tersebut pengujian kuat tekan beton akan di ketahui (Halimah & Ekawati, 2020).

PT. Sucofindo Makassar memiliki pengujian kuat tekan beton setiap bulannya dan ada 9 sampel K-350 yang akan di uji kuat tekan. namun perusahaan ini tidak mampu memenuhi permintaan client di karenakan bahan dan proses pembuatan kurang optimal.

Penelitian tentang rekayasa mutu dengan metode Taguchi telah menjadi topik penting dalam berbagai industri, terutama dalam bidang manufaktur (Anggi et al., 2021). Metode Taguchi dirancang untuk meningkatkan kualitas produk dan proses melalui pendekatan eksperimental yang sistematis (Aprilyanti Selvia & Madagaskar, 2020). Dengan menggunakan desain eksperimen, metode ini membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap variasi produk dan mengoptimalkan kondisi proses untuk mengurangi variabilitas tersebut (Fole, 2022; Kusriani et al., 2022; Mail et al., 2019). Taguchi menggunakan konsep rasio sinyal terhadap noise (S/N ratio) untuk mengukur kinerja proses, yang bertujuan meminimalkan efek dari variabilitas lingkungan atau "noise" tanpa menambah biaya produksi (Pradana & Sulistiyowati, 2022).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode Taguchi secara efektif mampu mengurangi biaya pengembangan produk dan mempercepat waktu produksi dengan hasil yang lebih konsisten (Sabilah et al., 2022). Misalnya, penelitian di industri otomotif menunjukkan penerapan metode ini dalam pengembangan komponen mesin, yang menghasilkan peningkatan kualitas dan penurunan cacat produk (Firdaus & Kardiman, 2022). Selain itu, di industri elektronik, studi-studi terdahulu membuktikan bahwa penggunaan metode Taguchi dalam perancangan sirkuit mampu menghasilkan produk yang lebih tahan terhadap gangguan lingkungan dan meningkatkan performa keseluruhan produk (Purnama et al., 2022).

Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan mutu beton yang diproduksi oleh PT. SUCOFINDO Makassar dengan menggunakan metode Taguchi, sehingga perusahaan dapat memenuhi permintaan konsumen atau klien dengan standar kualitas yang lebih tinggi. Manfaat dari penelitian ini adalah membantu PT. SUCOFINDO Makassar dalam meningkatkan kualitas beton yang diproduksi, meningkatkan kepuasan konsumen atau klien dengan produk yang lebih berkualitas, serta meningkatkan daya saing perusahaan dalam pasar yang semakin kompetitif.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Taguchi dalam perancangan eksperimen, dengan pemilihan faktor-faktor kendali dan *noise* beserta penentuan level-levelnya, serta pembuatan matriks ortogonal untuk eksperimen. Analisis data dilakukan melalui optimisasi *Signal to Noise Ratio* (SNR), analisis *Mean*, dan analisis *Anova*. Penelitian akan dilakukan pada PT SUCOFINDO makassar yang berada di Jl.Urip Sumuharjo No.90 A, Makassar Sulawesi Selatan yaitu data jumlah sampel K-350. Waktu penelitian yaitu selama satu bulan.

2.1. Metode Pengumpulan Data

Pada proses pengumpulan data dilakukan dengan observasi, dokumentasi, wawancara terkait dengan data sampel keseluruhan aktivitas pembuatan beton, data bahan campuran beton, data kuat tekan beton, laporan aktivitas pembuatan beton, penelitian dan informasi yang dapat membantu proses penyelesaian penelitian.

2.2. Metode Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan Metode taguchi yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dapat diperoleh melalui optimasi produk dan perancangan proses untuk membuat unjuk kerja/ *performance* kebal terhadap berbagai penyebab variasi suatu proses yang disebut perancangan parameter. Ada dua alat ukur utama dalam metode perancangan Taguchi, yaitu:

- a. Ukuran Mutu Selama perancangan, agar didapatkan suatu indikator mutu yang baik dan dapat dipakai untuk mengevaluasi akibat perubahan suatu perancangan parameter khususnya pada unjuk kerja produk maka digunakan model *Signal-to- noise ratio* (SNR).
- b. Eksperimen yang efisien untuk mencari informasi tentang perancangan parameter serentak. Dari eksperimen yang dilakukan harus dapat diperoleh informasi yang saling terkait supaya perubahan-perubahan perancangan selama pembuatan dan penggunaan pelanggan dapat dihindari, serta informasi tersebut harus diperoleh dalam waktu dan bahan yang minimum. Untuk melakukan eksperimen yang efisien tersebut digunakan Matriks Ortogonal meminimalkan kepekaan fungsi proses terhadap semua faktor *noise*.

Dalam menyelesaikan proses rekayasa mutu dengan metode Taguchi (Rahmawati, 2020), maka penelitian ini dilakukan berdasarkan beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

- a. Mengenal fungsi utama, efek samping, dan jenis kerusakan.
- b. Mengenal faktor-faktor *noise*.
- c. Mengenal karakteristik mutu yang akandiamati dan fungsi-fungsi obyektif yang akan dioptimumkan.
- d. Mengenal faktor-faktor kendali dan perubahan- perubahan nilainya.
- e. Mengenal matriks eksperimen, selanjutnya dipilih matriks ortogonal.
- f. Eksperimen berdasarkan perancangan di langkah ke-5 untuk memperoleh data hasil eksperimen.
- g. Analisa data, penentuan level optimum dari faktor kendali.
- h. Pemrosesan nilai-nilai parameter terbaik guna mendapatkan rancangan usulan.
- i. Verifikasi rancangan usulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1. Perancangan Eksperimen

Proses pembuatan besi beton mempunyai beberapa faktor penting yang memberikan efek terhadap sifat mekanik khususnya sifat tariknya. Faktor-faktor yang dianggap berpengaruh ini dipisahkan berdasarkan jenis faktor yang ada, yaitu faktor kendali dan faktor noise, dimana faktor noise merupakan faktor yang sulit untuk dikontrol dan kurang mendapat perhatian yang serius (Halim, 2021).

2.2. Penentuan Faktor-Faktor Kendali

Pada penentuan faktor kendali/kontrol adalah faktor utama yang diteliti pengaruhnya terhadap respon. Penyetelan terhadap level dapat dipilih untuk meminimasi kesensitifan respon produk terhadap faktor noise. Adapun faktor-faktor kendali dari dalam rekayasa mutu beton ini (Aprilyanti Selvia & Madagaskar, 2020):

- a. Faktor semen merupakan hal terpenting didalam pembentukan beton. semen dalm beton sangat penting dikarenakan semen fungsi sebagai bahan pengikat antara agregat kasar dan agregat halus.
- b. Pemadatan yang tidak tepat akan mengakibatkan rongga pada cetakan tidak dan dapat mempengaruhi mutu beton pengadukan Lamanya waktu aduk pada proses pencampuran akan membuat material lebih bersatu namun pengadukan yang kurang membuat pengikatan antara bahan-bahan beton akan berkurang.

Tabel 1. Perubahan Nilai *Level* Faktor Kendali

Faktor	Level		
	1	2	3
1 Material	2.79 kg	2.96 kg	3.02 kg
2 Pemadatan	21 kali	23 kali	25 kali
3 Pengadukan	5 menit	8 menit	15 menit

Sumber: *data diolah* (2022)

Tabel 2. Faktor-Faktor Kontrol Terhadap *Noice*

Faktor kontrol	Seting level	
	1	2
Kadar kotoran (bahan organik) pada agregat	1	4
Kadar Lumpur	3%	5%

Sumber: *data diolah* (2022)

Berdasarkan tabel 1 dan 2 diatas, dapat dilihat bahwa factor dan factor kontrol pada eksperimen kualitas beton terdapat 3 faktor yaitu material, pemadatan, dan pengadukan. Sedangkan pada faktor kontrol terdapat dua setting level yaitu kadar kotoran dan kadar lumpur.

2.3. *Penentuan Fungsi Obyektif*

Untuk menyatakan fungsi utama dari metode perancangan Taguchi diperlukan adanya fungsi obyektif yaitu dengan mengoptimumkan karakteristik mutu yang diinginkan. Fungsi obyektif ini penting untuk mengetahui dan menentukan tujuan utama yang ingin dicapai dalam eksperimen metode Taguchi. Dalam rekayasa mutu besi beton ini, respon mutu yang diamati ialah beton melalui pengujian kuat tekan. Fungsi obyektifnya adalah jenis *smaller is better*, karena diharapkan tingkat kuat tekan tidak kurang dari K-350 kg/cm², juga tidak terlalu tinggi karena tidak efisien dalam pemakaian bahan penolong. Menurut Taguchi adapun rumusan fungsi obyektif yang digunakan (Uray et al., 2022), sebagai berikut:

$$S/N = -10 \text{ Log } \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \tag{1}$$

2.4. *Pemilihan Matriks Eksperimen*

Pada penentuan pemilihan matriks eksperimen yang bertujuan untuk menentukan factor kendali dan *noice*. Dengan proses ekisperimen metode Taguchi ini digunakan 3 faktor kendali dengan 3 level yang masing-masing mempunyai derajat kebebasan. Maka derajat kebebasan total ditambahderajat sebesar 1 untuk rata-rata populasi (*overall mean*) adalah $(3 \times 2) + 1 = 7$. Dari 7 Derajat kebebasan total, 3 faktor kendali diperoleh rancangan matriks dengan 9 baris dan 3 kolom seperti terlihat pada tabel; eksperimen dilanjutkan lagi dengan matriks faktor *noise* (Neag et al., 2022), sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Penentuan Matriks Faktor kendali dan *Noice*

Ex. No.	Faktor Noice		Faktor Kendali		
	A	B	A	B	C
	Kadar Organik	Kadar Lumpur	Semen	Pemadatan	Pengadukan
1	1	3%	2.96 kg	25 kali	8 menit
2	4	5%	3.02 kg	21 kali	5 menit
3	1	3%	3.02 kg	23 kali	15 menit
4	4	3%	2.79 kg	23 kali	8 menit
5	4	5%	2.79 kg	21 kali	15 menit
6	1	3%	2.96 kg	25 kali	5 menit
7	1	5%	2.96 kg	25 kali	15 menit
8	4	3%	3.02 kg	25 kali	8 menit

Sumber: *data diolah* (2022)

2.5. *Pelaksanaan Eksperimen*

Pelaksanaan eksperimen dilakukan setelah perancangan eksperimen selesai. Berdasarkan faktor-faktor dan jumlah level masing-maisng faktor yang telah ditentukan, selanjutnya dilakukan pengamatan dengan menempatkan faktor terkendali terhadap pengujian kuat tekan (Chen et al., 2021). Adapun hasil pengujianya dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Penentuan Pelaksanaan Eksperimen

Matriks Ortogonal L9(3 ⁴)				
Eksperimen	Faktor Kontrol			Y
	A	B	C	Kuat Tekan
1	1	1	1	323,30
2	1	2	2	354,56
3	1	3	3	320,42
4	2	1	2	334,,86
5	2	2	3	158,76
6	2	3	1	415,67
7	3	1	3	202,06
8	3	2	1	127,01
9	3	3	2	236,70

Sumber: data diolah (2022)

Berdasarkan tabel 4 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan pelaksanaan eksperimen dengan matriks *orthogonal* L9 (3⁴) sehingga dari 9 hasil eksperimen diketahui nilai kuat tekan tertinggi pada hasil eksperimen ke enam dengan kuat tekan sebesar 415,67. Pada factor kontrol 2-3-1.

Tabel 5. Analisis Hasil Eksperimen dengan S/N R

Eksperimen	Faktor Kontrol			(NTU)	Mean	S/N R
	A	B	C	Kuat Tekan		
1	1	1	1	323,30	323,30	1,718
2	1	2	2	354,56	354,56	1,798
3	1	3	3	320,42	320,42	4,710
4	2	1	2	334,,86	334,,86	4,748
5	2	2	3	158,76	158,76	4,100
6	2	3	1	415,67	415,67	4936
7	3	1	3	202,06	202,06	4,309
8	3	2	1	127,01	127,01	3,096
9	3	3	2	236,70	236,70	4,444
Jumlah						30,967

Sumber: data diolah (2022)

Berdasarkan tabel 5 diatas, dapat dilihat bahwa analisis hasil eksperimen dengan S/N R, pada seluruh rangkaian kegiatan eksperimen diperoleh total penentuan fungsi obyektif diperoleh nilai total sebesar 30,967.

2.6. Perhitungan Efek Tiap Faktor

Pada penentuan efek setiap factor, dapat dilakukan untuk menentukan efek setiap level faktor, analisis mean, dan analisis varians. Adapun rumus penentuan effect untuk setiap level eksperimen.

$$effect = \frac{1}{k} (\sum yy_0) \tag{2}$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Tiap Faktor

Faktor	A	B	C
Level 1	2,562	4,411	4,620
Level 2	4,596	4,611	4,663
Level 3	3,949	4,696	4,373
Difference	0,647	0,285	0,29
Ranking	1	3	2
Optimum	A2	B3	C2

Sumber: data diolah (2022)

Berdasarkan tabel 6 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan perhitungan tiap faktor diperoleh nilai rangking 1 pada factor A2, rangking 2 pada factor C2 dan rangking 3 pada factor B3.

Tabel 7. Hasil Analisis dengan *Mean*

<i>Matriks Ortogonal</i>						
Eksperimen	Faktor Kontrol			(NTU)	Jumlah	<i>Mean</i>
	A	B	C	Replikasi		
1	1	1	1	323,30	323,30	161,65
2	1	2	2	354,56	354,56	177,28
3	1	3	3	320,42	320,42	160,21
4	2	1	2	334,86	334,86	167,43
5	2	2	3	158,76	158,76	79,38
6	2	3	1	415,67	415,67	207,83
7	3	1	3	202,06	202,06	101,03
8	3	2	1	127,01	127,01	63,505
9	3	3	2	236,70	236,70	118,35
Jumlah						1236,665

Sumber: data diolah (2022)

Berdasarkan tabel 7 diatas, dapat dilihat bahwa analisis hasil eksperimen dengan *Mean*, pada kegiatan eksperimen dengan nilai rata-rata tertinggi yaitu pada eksperimen ke 6 dengan nilai sebesar 207,83 dengan faktor kontrol 2-3-1. Untuk nilai total semua eksperimen sebanyak 1236,665.

Tabel 8. Hasil *Effect* Tiap Faktor Untuk *Mean*

Faktor	A	B	C
Level 1	166,38	143,37	165,50
Level 2	151,54	154,83	121,72
Level 3	94,29	243,19	113,54
<i>Difference</i>			
<i>Ranking</i>	2	1	3
<i>Optimum</i>	A3	B1	C3

Sumber: data diolah (2022)

Berdasarkan tabel 8 diatas, dapat dilihat bahwa hasil penentuan perhitungan *effect* tiap faktor untuk *mean*, diperoleh nilai rangking 1 pada factor B1, rangking 2 pada factor A3 dan rangking 3 pada factor C3.

2.7. Perhitungan Analisis Varians

Tabel 9. Hasil Perhitungan *Analisis Varians*

Source	SS	v	MS	F _{ratio}	F _{tab}	SS'	P (%)
A	194,695	2	97,347	0,748	3,63	129,17	3,679%
B	194,528	2	97,264	0,747	3,63	128,836	3,670%
C	194,70	2	97,35	0,749	3,63	129,18	3,680%
e	1171,07	9	130,11			1367,7	88,97%
St	1754,9	15	116,99			1754,9	100
<i>Mean</i>	97404	1	-				
SsT	876642	16	-				

Sumber: data diolah (2022)

Dari tabel analisa varian diatas tampak bahwa semua faktor yang dipilih memberikan pengaruh signifikan dari kualitas Beton pada proses Kuat Tekan.

2.8. Perhitungan Interval Kepercayaan

Tabel 10. Interval Kepercayaan Rata-Rata Rasio S/N R

Faktor	Rata- rata data	Interval Kepercayaan	
		Rendah	Tinggi
A1	4,718	4,529	4,737
A2	4,798	4,529	4,737
A3	4,71	4,529	4,737
B1	4,749	4,529	4,737
B2	4,496	4,529	4,737
B3	4,936	4,529	4,737
C1	4,31	4,529	4,737
C2	4,696	4,529	4,737
C3	4,447	4,529	4,737

Sumber: data diolah (2022)

Berdasarkan tabel 10 diatas, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata setiap dilihat tentukan berdasarkan kombinasi dari jumlah eksperimn dengan interval kepercayaan terendah yaitu 4,529 dan interval kepercayaan tertinggi yaitu 4,737.

2.9. Perhitungan Data Eksperimen Konfirmasi

Tabel 11. Data Eksperimen Konfirmasi

Trial	Faktor			Kuat Tekan
	A	B	C	
1	3	1	2	13,777
2	3	1	2	13,99
3	3	1	2	14,093
			Rata-Rata	13,953
			S. Deviasi	0,161
			Range	0,319
			S/N R	1,144

Sumber: data diolah (2022)

Berdasarkan tabel 11 diatas, dapat dilihat bahwa data eksperimen konfirmasi yaitu dilakukan untuk melihat hasil kombinasi setiap level factor yang mengoptimalkan data eksperimen sebelumnya.

2.10. Perbandingan Hasil Eksperimen Kuat Tekan Beton

Tabel 12. Perbandingan Beton Untuk Kuat Tekan

Sampel	Kuat Tekan	
	Kondisi Awal	Kondisi Akhir
1.	11,593	11,107
2.	13,87	13,718
3.	13,81	13,656

Sumber: data diolah (2022)

Berdasarkan pada tabel 12 diatas, dapat dilihat bahwa hasil perbandingan selang kepercayaan di atas maka dapat di lihat bahwa terjadi peningkatan tingkat respon Kuat Tekan. Hal ini dikatakan cukup baik karna sudah sesuai dengan harapan dan bila dilihat dari segi efisiensi pemakain bahan maka rancangan usulan cukup baik di dibandingkan kondisi awal.

4. KESIMPULAN

Dari hasil dan interpretasi data sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata S/N R dari faktor Kekuatan Kompresif, faktor-faktor kendali menghasilkan kombinasi level terbaik sebagai berikut: A2, yaitu

faktor material (Agregat halus, Agregat kasar, Semen, dan Air) pada level 3 dengan nilai 2,79 kg Agregat, 2 kg Semen, dan 900 ml Air. Selanjutnya, B3 menunjukkan faktor pemadatan pada level 3 dengan tekanan sebesar 25, dan C2 menandakan faktor pengadukan pada level 3 selama 8 menit. Oleh karena itu, saran dari penelitian ini terhadap perusahaan adalah sebagai berikut. Pertama, perusahaan dapat mengembangkan metode yang telah dilakukan dengan lebih fokus pada identifikasi faktor yang berpengaruh terhadap respon, baik dengan pengembangan lebih lanjut maupun dengan penerapan metode alternatif. Kedua, disarankan untuk melanjutkan penelitian ini dengan mempertimbangkan dan memasukkan faktor-faktor lain ke dalam eksperimen, serta memperhatikan penambahan karakteristik kualitas untuk pembaruan yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggi, Eddy, & Ariani, F. (2021). Peningkatan Kualitas Batu Bata Dengan Menggunakan Metode Taguchi Pada UKM Batu Bata XYZ. *JITEKH*, 9(1), 14–19. <https://doi.org/10.35447/jitekh.v9i1.323>
- Aprilyanti, S., & Suryani, F. (2020). Penerapan Desain Eksperimen Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Produksi Batu Bata Dari Sekam Padi. In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 15, Issue 2). <https://doi.org/10.14710/jati.15.2.102-108>
- Aprilyanti Selvia, & Madagaskar. (2020). Rancangan Desain Eksperimen Taguchi Dalam Pembuatan Bioetanol Dari Jerami Padi. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 8(2), 100–105. <https://doi.org/10.52333%2Fdestek.v8i2.641>
- Chen, H. J., Lin, H. C., & Tang, C. W. (2021). Application of the Taguchi method for optimizing the process parameters of producing controlled low-strength materials by using dimension stone sludge and lightweight aggregates. *Sustainability (Switzerland)*, 13(10), 1–27. <https://doi.org/10.3390/su13105576>
- Firdaus, M. R., & Kardiman. (2022). Hasil Proses Broaching Pada Lubang Arm Rear Brake Menggunakan Metode Taguchi Di PT. Ciptaunggul Karya Abadi. In *Ilmiah Teknik Mesin* (Vol. 02, Issue 01). <https://doi.org/10.35261/sigmat.v2i1.6673>
- Fole, A. (2022). *Peningkatan Kinerja Pada Industri Kerajinan Songko Recaa (Studi Kasus : UKM ISR Bone)*. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/39404>
- Halim, A. (2021). *Pengaruh Variasi Komposisi Bijih Besi Dengan Batu Split Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Beton K. 350 Dengan Umur Perendaman 7, 14, Dan 28 Hari*. 1–62. <http://digilib.unila.ac.id/60646/>
- Halimah, P., & Ekawati, Y. (2020). Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD. XY Malang. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 13(1), 13–26. <https://doi.org/10.30813/jiems.v13i1.1694>
- Hani, S., & Tanjung, Y. T. (2020). Kajian Eksperimental Pengaruh Penambahan Serat Pisang Dan Superplasticizer Pada Campuran Beton. *Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 6(2), 76–80. <https://doi.org/10.24114/ebjptbs.v6i2%20DES.22033>
- Kusrini, E., Safitri, K. N., & Fole, A. (2022). Mitigasi Resiko di Distribusi Sustainable Supply Chain Management Menggunakan Metode House Of Risk (HOR). *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 7(1), 14–23. <https://doi.org/10.32502/js.v7i1.4348>
- Mail, A., Chairany, N., & Fole, A. (2019). Evaluation of Supply Chain Performance through Integration of Hierarchical Based Measurement System and Traffic Light System: A Case Study Approach to Iron Sheet Factory. *Int. J. Sup. Chain. Mgt Vol*, 8(5), 79–85. <https://doi.org/10.59160/ijscm.v8i5.2584>
- Neag, E., Stupar, Z., Varaticeanu, C., Senila, M., & Roman, C. (2022). Optimization of Lipid Extraction from *Spirulina* spp. by Ultrasound Application and Mechanical Stirring Using the Taguchi Method of Experimental Design. *Molecules*, 27(20), 1–11. <https://doi.org/10.3390/molecules27206794>
- Pradana, E. S., & Sulistiyowati, W. (2022). Literature Review: Use of the Taguchi Method for Quality Improvement. *PROZIMA (Productivity, Optimization and Manufacturing System Engineering)*, 6(2), 85–96. <https://doi.org/10.21070/prozima.v6i2.1575>
- Purnama, P. R., Anugraha Rino Andias, & Sjafrizal, T. (2022). Optimasi Struktur Tubercle Pada Desain Airfoil Baling Kipas Untuk Meningkatkan Lift-To-Drag Ratio Menggunakan Metode

- Taguchi Dan Computational Fluid Dynamics (Cfd). *eProceedings of Engineering*, 9(3), 1425-1432.
<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/18094>
- Rahim, H., & Darri, S. (2022). Pengaruh Penambahan Tempurung Dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Sedang (30 MPA). In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri IX* (Vol. 2022). <https://journal.atim.ac.id/index.php/prosiding/article/view/329/249>
- Rahmawati, D. (2020). Penentuan Kombinasi Level Optimal Dalam Peningkatan. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/29184>
- Sabilah, N., Luthfianto, S., kunci, K., Sabilah, N., & Luthfianto, S. (2022). Penerapan Metode Taguchi Pada Pemanfaatan Daun Cengkeh Menjadi Balsam. *Jurmatis (Jurnal Manaj. Teknol. DanTeknik Ind*, 4(2), 110–121. <https://doi.org/10.30737/jurmatis.v4i2.2116.g2309>
- Ubaidillah, M. W., & Walujodjati, E. (2022). Eksperimen Uji Lentur Balok Beton dengan Bundel Tulangan. *Jurnal Konstruksi*, 20(1), 202-213. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-1.1061>
- Uray, E., Carbas, S., Geem, Z. W., & Kim, S. (2022). Parameters Optimization of Taguchi Method Integrated Hybrid Harmony Search Algorithm for Engineering Design Problems. *Mathematics*, 10(3), 1–36. <https://doi.org/10.3390/math10030327>