

**REKAYASA PEMBUATAN BRIKET BIOARANG DARI DAUN
DAN RANTING KERING**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Teknik Industri**



Oleh

Nama : Deddy Widyawan

No. Mahasiswa : 06 522 003


**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2011**

PENGAKUAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.



Yogyakarta, Juni 2011

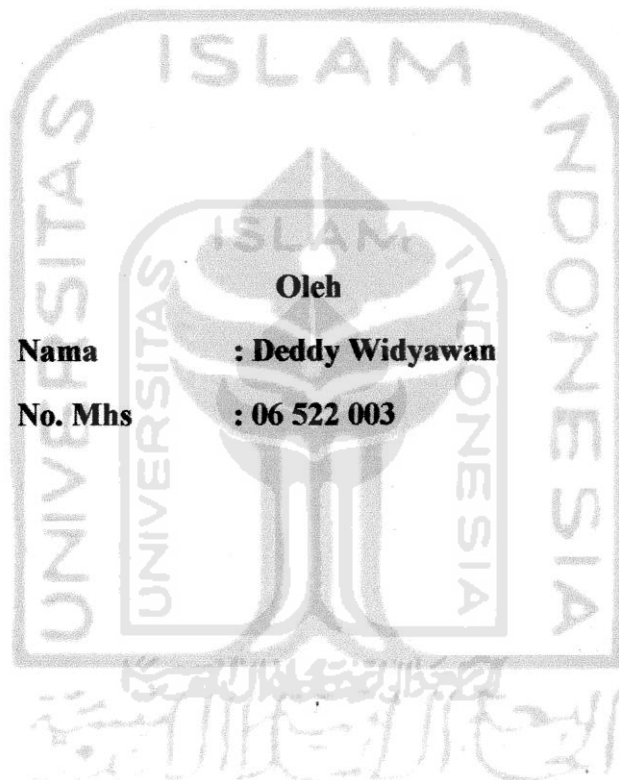

Deddy Widvawan

06 522 003

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**REKAYASA PEMBUATAN BRIKET BIOARANG DARI DAUN
DAN RANTING KERING**

TUGAS AKHIR



Oleh
Nama : Deddy Widyawan
No. Mhs : 06 522 003

Yogyakarta, 31 Mei 2011

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop followed by a more complex, stylized signature.

Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M. Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

REKAYASA PEMBUATAN BRIKET BIOARANG DARI DAUN DAN RANTING KERING

TUGAS AKHIR

oleh :

Nama : Deddy Widyawan
No. Mahasiswa : 06 522 003

Telah dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 27 Juni 2011

Tim Penguji

Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M. Sc.
Ketua

Agus Mansur, ST, M.Eng.Sc.
Anggota 1

M. Ridwan Andi P, ST, M.Sc. Ph.D.
Anggota 2

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Drs. HM. Ibnu Mastur.MSIE.

2/8 2011

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas izin ALLAH SWT tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Kupersembahkan hasil karya ini kepada :
Kedua orang tuaku yang sangat kucintai.



MOTTO

“Barang siapa menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah memudahkan baginya jalan menuju Surga”

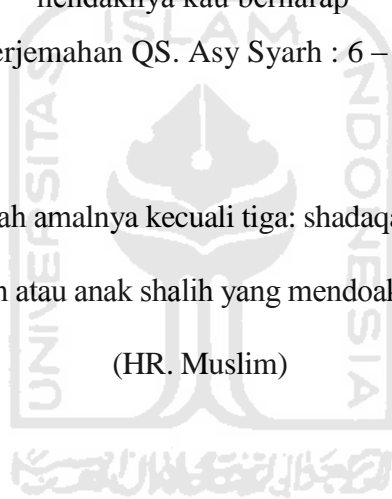
(HR. Muslim)

“Dan bersama kesukaran pasti ada jalan kemudahan. Karena itu bila selesai suatu tugas, mulailah tugas yang lain dengan sungguh – sungguh. Hanya kepada Tuhanmu hendaknya kau berharap”

(terjemahan QS. Asy Syarh : 6 – 8)

“Jika manusia mati terputuslah amalnya kecuali tiga: shadaqah jariyah, atau ilmu yang dia amalkan atau anak shalih yang mendoakannya.”

(HR. Muslim)



KATA PENGANTAR

Assalamu`alaikum Wr.Wb

Syukur Alhamdulillah saya panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, berkah dan hidayahNya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “**Rekayasa Pembuatan Briket Bioarang Dari Daun dan Ranting Kering**” dengan baik.

Sholawat serta salam tidak lupa penulis haturkan pada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabat dan orang-orang yang istiqomah mengikutinya sampai akhir zaman.

Dalam kesempatan ini saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing dan membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu tidak berlebihan kiranya jika pada kesempatan ini, saya menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia. Terima kasih untuk segala kesempatan yang telah diberikan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M. Sc. Selaku dosen pembimbing dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih untuk segala motivasi dan bimbingannya.
4. Pimpinan Laboratorium Kimia Dasar, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

5. Ayah dan ibuku tercinta, terimakasih atas segala doa yang selalu menyertaiku setiap saat, ketulusan dan pengorbanan yang tak pernah bisa aku balas.

6. Semua pihak yang telah membantu saya dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semoga amal dan segala budi kebaikan yang telah diberikan penulis mendapatkan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Amin .

Wassalamu`alaikum Wr. Wb.



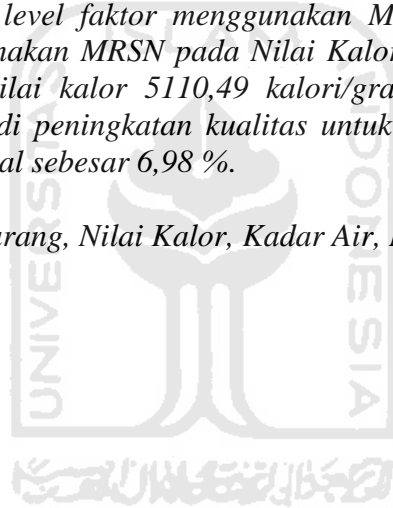
Yogyakarta, Juni 2011

Penyusun

ABSTRAK

Untuk memasuki persaingan pasar briket bioarang yang sangat ketat sekarang ini mengharuskan sebuah industri menggunakan strategi untuk tetap bertahan. Salah satu cara untuk meningkatkan kemampuan bersaing dalam pasar yaitu dengan meningkatkan kualitas briket bioarang. Fungsi dari perbaikan kualitas briket bioarang adalah menghasilkan produk briket bioarang seperti yang dikehendaki pasar. Peningkatan kualitas briket bioarang pada penelitian ini menggunakan variabel respon, yaitu tekaman kempa, bahan briket, dan perbandingan perekat. Faktor derau dalam penelitian ini adalah keadaan bahan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pendekatan MRSN dan TOPSIS. Nilai kalor memiliki karakteristik lebih besar lebih baik (large-the-better) dan kadar air memiliki karakteristik lebih kecil lebih baik (smaller-the-better) karena permintaan pasar mengharuskan produk briket bioarang memiliki nilai kalor yang tinggi dengan kadar air yang optimal. Untuk mengolah data ini, peneliti menggunakan metode MRSN dan TOPSIS. Pada kombinasi level faktor menggunakan MRSN dan TOPSIS, didapat kombinasi terbaik menggunakan MRSN pada Nilai Kalor dan Kadar Air adalah A₁-B₂-C₂ dengan rata-rata nilai kalor 5110,49 kalori/gram dan kadar air 7,38 %. Kesimpulannya telah terjadi peningkatan kualitas untuk respon nilai kalor sebesar 51,132 dan kadar air optimal sebesar 6,98 %.

Kata Kunci : Briket Bioarang, Nilai Kalor, Kadar Air, MRSN, TOPSIS



TAKARIR

Ash	= Abu
Bigger the better	= Karakteristik Semakin besar, semakin baik
Brainstorming	= Pencarian ide
Convidence Interval	= Interval kepercayaan
Degree of Freedom	= Derajat kebebasan
Dependent variable	= Variabel tidak bebas
Easy to Use	= Mudah dalam penggunaan
Esthetics	= Estetika
Error	= Kesalahan
Flowchart	= Penggambaran secara grafik
Independent Variable	= Variabel bebas
Meeting The Needs of Customers	= Memenuhi keinginan pelanggan
Noise	= Derau
Nominal the best	= Tertuju pada nilai tertentu
Off Line Quality Control	= Pengendalian kualitas secara tidak langsung
On Line Quality Control	= Pengendalian kualitas secara langsung
Orthogonal Array	= Matriks orthogonal
Performance	= Kinerja
Quality loss	= Nilai kualitas yang hilang
Ratio Signal-To-Noise	= Rasio sinyal untuk kebisingan
Reliability	= Keandalan
Robust	= Kokoh

Signal	= Sinyal
Smaller the best	= Karakteristik semakin kecil, semakin baik
Trial	= Percobaan
Try and Error	= Coba-coba



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
TAKARIR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Pendahuluan.....	6
2.2 Pengetian Briket Bioarang	10
2.2.1 Pengertian Briket	10

2.2.2 Pengertian Briket Bioarang.....	10
2.3 Tepung Kanji	11
2.4 Pengertian Tekanan Kempa	12
2.5 Pengertian Kualitas	12
2.6 Pendekatan Dalam Pengendalian Kualitas.....	12
2.7 Desain Eksperimen	13
2.8 Metoda Taguchi	14
2.9 Tahap Perencanaan Eksperimen	15
2.10 Tahap Pelaksanaan Eksperimen.....	18
2.11 Tahap Analisa	19
2.12 Interpretasi Hasil Eksperimen.....	21
2.13 Eksperimen Konfirmasi	22
2.14 Faktor Kendali dan Faktor <i>Noise</i>	23
2.15 Penentuan dan Pemilihan <i>Orthogonal Array</i>	24
2.15.1 Derajat Bebas (<i>Degree of Freedom</i>).....	24
2.15.2 <i>Orthogonal Array</i>	25
2.16 <i>Rasio Signal To Noise</i> (SNR)	27
2.17 Taguchi Multirespon	28
2.17.1 MRSN	28
2.17.2 TOPSIS	30
2.18 Uji Prediksi	33
2.18.1 Regresi Linear Sederhana	34
2.18.2 Regresi Linear Berganda.....	34
2.19 Uji Beda	36
2.20 Analisis Sensitivitas	37

2.21 Standar Kualitas	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1 Pendahuluan	38
3.2 Jenis Sumber Data.....	38
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	38
3.4 Diagram Alir Penelitian	40
3.5 Lokasi Penelitian.....	42
3.6 Peralatan Penelitian dan Langkah-langkah pembuatan briket	42
3.6.1 Peralatan Penelitian.....	42
3.6.2 Langkah-langkah Pembuatan Briket.....	43
3.7 Tahap Pengujian.....	44
3.7.1 Proses Pengujian Nilai Kalor.....	44
3.7.2 Proses Pengujian Kadar Air.....	46
3.8 Perancangan Eksperimen	46
3.9 Pelaksanaan Eksperimen.....	47
3.10 Analisis Hasil Eksperimen	47
3.10.1 Uji Normalitas.....	48
3.10.2 Uji Homogenitas Variansi.....	48
3.10.3 Menghitung S/R ratio.....	48
3.10.4 MRSN.....	49
3.10.5 TOPSIS.....	51
3.10.6 Menghitung ANOVA.....	54
3.10.7 Menghitung Efek Tiap Faktor.....	55
3.10.8 Melaksanakan Eksperimen Konfirmasi.....	55
3.10.9 Melaksanakan Uji Beda.....	57

3.11 Pengolahan Data dan Analisis Hasil.....	57
3.12 Hasil Penelitian.....	57
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	58
4.1 Perencanaan Eksperimen	58
4.1.2 Pelaksanaan Eksperimen.....	62
4.1.2.1 Tahap Pembuatan Briket.....	62
4.2 Perancangan Eksperimen	64
4.3 Pengolahan Data	65
4.3.1 Uji Normalitas Data	65
4.3.2 Uji <i>Chi Kuadrat</i>	70
4.3.3 Uji Homogenitas Variansi.....	73
4.3.4 Perhitungan SNR.....	75
4.3.4.1 Respon Nilai Kalor.....	75
4.3.4.2 Respon Kadar Air.....	76
4.3.4.3 Kombinasi Eksperimen Optimal Untuk Tiap Respon.....	77
4.3.4.4 Kombinasi Eksperimen Optimal Secara Serempak.....	79
4.3.4.4.1 MRSN.....	79
4.3.4.4.2 TOPSIS.....	81
4.3.5 Analisa Pemilihan Teknik Terbaik.....	84
4.3.6 Pengujian Statistik.....	84
4.3.6.1 Uji Analisis Variansi (ANOVA).....	85
4.3.7 Analisis Biaya.....	92
4.3.8 Analisis Sensitivitas.....	95
BAB V PEMBAHASAN.....	99
5.1 Variabel Respon Nilai Kalor.....	99

5.2	Variabel Respon Kadar Air.....	99
5.3	Analisis Biaya Produksi.....	100
5.4	Analisis Sensitivitas.....	101
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		104
6.1	Kesimpulan.....	104
6.2	Saran.....	104

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 6.1	Desain Awal Alat Tekan Briket Bioarang.....	105
------------	---------------------------------------------	-----



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Matriks <i>Orthogonal Array</i> L_4 Standar	26
Tabel 2.2	Matriks <i>Orthogonal Array</i> L_8 Standar	26
Tabel 2.3	<i>Orthogonal Array</i> Standar	27
Tabel 2.4	Standar Arang Kayu.....	37
Tabel 4.1	Faktor Kendali dan Levelnya.....	60
Tabel 4.2	Faktor Noise dan Levelnya	60
Tabel 4.3	Matriks <i>Orthogonal Array</i> L_4 Standar	61
Tabel 4.4	Matriks Kombinasi Outer dan Inner Array	62
Table 4.5	<i>Orthogonal Array</i> L_4 Standar.....	62
Tabel 4.6	Data Hasil Eksperimen dengan Variabel Respon Nilai Kalor.....	64
Table 4.7	Data Hasil Eksperimen dengan Variabel Respon Kadar Air.....	64
Tabel 4.8	Distribusi Frekuensi untuk Nilai Kalor.....	66
Tabel 4.9	Distribusi Frekuensi untuk Kadar Air.....	66
Tabel 4.10	Data Frekuensi Kadar Air	67
Tabel 4.11	Data Frekuensi Nilai Kalor	68
Tabel 4.12	Daftar Penolong Uji Normalitas Data Nilai Kalor.....	69
Tabel 4.13	Daftar Penolong Uji Normalitas Data Kadar Air.....	70
Tabel 4.14	Penentuan Chi Hitung untuk Respon Nilai Kalor.....	70
Tabel 4.15	Penentuan Chi Hitung untuk Respon Kadar Air.....	72
Tabel 4.16	Uji Bartlett untuk Nilai Kalor	73
Tabel 4.17	Uji Bartlett untuk Kadar Air	73
Tabel 4.18	Data SNR Variabel Respon Nilai Kalor	76
Tabel 4.19	Data SNR Variabel Respon Kadar Air	76

Tabel 4.20 Efek SNR Untuk Variabel Respon Nilai Kalor	78
Tabel 4.21 Efek SNR Untuk Variabel Respon kadar Air	78
Tabel 4.22 Efek SNR Untuk Variabel Respon Nilai Kalor	85
Tabel 4.23 ANOVA Untuk Respon Nilai Kalor	87
Tabel 4.24 Efek SNR Untuk Variabel Respon kadar Air	89
Tabel 4.25 ANOVA Untuk Respon Kadar Air	91
Tabel 4.26 Analisis Sensitivitas	95
Tabel 5.1 Level Faktor Kendali	98
Tabel 5.2 Level Faktor <i>Noise</i>	98
Tabel 5.3 Analisis Sensitivitas	103



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Kebutuhan energi di dunia hingga detik ini cenderung dipenuhi dengan bahan bakar fosil. Masih banyaknya penggunaan mesin industri dan transportasi penunjang perekonomian dunia yang umumnya masih memerlukan minyak bumi sebagai bahan bakar penggeraknya, menjadi faktor pendorong konsumsi bahan bakar fosil yang makin tinggi. Energy Information Administration (EIA) memperkirakan pemakaian energi dunia hingga tahun 2025 akan masih didominasi bahan bakar fosil yakni minyak, gas alam dan batubara.

Data Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral juga menyebutkan bahwa cadangan minyak bumi Indonesia hanya cukup untuk 18 tahun ke depan, sementara cadangan gas bumi masih mencukupi untuk 61 tahun ke depan dan cadangan batu bara baru habis dalam waktu 147 tahun lagi.

Habisnya cadangan minyak bumi tak berarti akan menghentikan kebutuhan terhadap energi bahan bakar. Karena itu tidak sedikit upaya yang dilakukan oleh pemerintah dan berbagai kalangan akademisi untuk mencari sumber energi alternatif lain. Salah satu sumber energi alternatif yang ramah lingkungan adalah briket bioarang (<http://gerbangkota.multiply.com/reviews/item/4> akses 11/12/2010).

Briket adalah gumpalan yang terbuat dari bahan lunak yang dikeraskan. Bioarang adalah arang (salah satu jenis bahan bakar) yang dibuat dari aneka macam

bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, dan limbah pertanian lainnya. Bahan-bahan tersebut dapat diolah menjadi arang yang selanjutnya disebut bioarang. Bioarang ini dapat digunakan sebagai bahan bakar yang tidak kalah dari bahan bakar sejenis yang lain. Sedangkan briket bioarang adalah gumpalan-gumpalan atau batangan-batangan arang yang terbuat dari bioarang (bahan lunak). Bioarang yang sebenarnya termasuk bahan lunak yang dengan proses tertentu diolah menjadi bahan arang keras dengan bentuk tertentu (Ismun Uti Adan, 1998). Oleh karena itu, diperlukan adanya penelitian briket bioarang terhadap sampah pekarangan rumah tangga ini, melihat permasalahan tersebut penelitian ini mengambil judul sementara “Rekayasa Pembuatan Briket Bioarang Dari *Daun dan Ranting kering*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan di atas maka dapat diidentifikasi permasalahan yang dihadapi sebagai berikut :

1. Berapakah perbandingan variasi bahan pembuat briket, perekat, dan besarnya gaya tekan yang tepat untuk menentukan kalor optimal briket bioarang dari daun dan ranting kering?

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam pemecahan masalah tidak menyimpang dari tujuan semula dan menghindari kemungkinan meluasnya pembahasan dari yang seharusnya, perlu kiranya dilakukan batasan-batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Objek penelitian briket bioarang dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dasar, Jurusan Teknik Kimia FTI UII.
2. Ukuran diameter luar briket bioarang 4.5 cm dan tinggi 5.8 cm serta ukuran diameter dalam briket 1.5 cm dan mempunyai tinggi 5.8 cm.
3. Bahan pembentuk bioarang menggunakan daun-daunan dan ranting kering.
4. Bahan perekat briket menggunakan kanji.
5. Optimasi level faktor dengan membandingkan metode MRSN dan TOPSIS.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan nilai kalori dan kadar air yang dihasilkan briket bioarang dengan pengaruh perbandingan bahan pembuat briket, perekat, dan besarnya gaya tekan. Nilai kalori yang optimal yaitu nilai kalori yang memiliki nilai tertinggi dalam pengujian dengan perbandingan gaya tekan, bahan pembuat briket dan perbandingan perekat yang tepat. Nilai kadar air yang optimal yaitu briket bioarang yang memiliki nilai kadar air rendah.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah :

1. Pengembangan energi alternatif yang berwawasan ramah lingkungan.
2. Briket jauh lebih efisien sekaligus mengurangi polusi sampah.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk lebih terstrukturanya penulisan Tugas Akhir ini maka selanjutnya sistematika penulisan ini disusun sebagai berikut :

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian. Disamping itu juga memuat uraian tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Mengandung uraian tentang, kerangka dan bagan alir penelitian, teknik yang dilakukan, model yang dipakai, pembangunan dan pengembangan model, bahan atau materi, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai.

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN HASIL PENELITIAN

Pada sub bab ini berisi tentang data yang diperoleh selama penelitian dan bagaimana menganalisa data tersebut. Hasil pengolahan data ditampilkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik. Yang dimaksud dengan pengolahan data juga termasuk analisis yang dilakukan terhadap hasil yang diperoleh. Pada sub bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada sub bab V yaitu pembahasan hasil.

BAB V PEMBAHASAN

Melakukan pembahasan hasil yang diperoleh dalam penelitian, dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan sebuah rekomendasi.

BAB VI KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berisi tentang kesimpulan terhadap analisis yang dibuat dan rekomendasi atau saran-saran atas hasil yang dicapai dan permasalahan yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk dikaji pada penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Daftar Tabel

Daftar Gambar



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pendahuluan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimalkan nilai kalori dan kadar air yang dihasilkan briket bioarang dengan pengaruh perbandingan gaya tekan, ayakan, dan perbandingan perekat. Nilai kalori yang optimal yaitu nilai kalori yang memiliki nilai tertinggi dalam pengujian dengan perbandingan gaya tekan yang tepat. Nilai kadar air yang optimal yaitu briket bioarang yang memiliki nilai kadar air rendah.

Penelitian ini melanjutkan dari peneliti-peneliti sebelumnya. Penelitian briket dengan penambahan bulu ayam. Penelitian ini meneliti karbon dalam briket dengan menambahkan bulu ayam. Dalam penelitian ini bulu ayam dicampur dengan briket sampah pekarangan dengan kadar tertentu. Kemudian briket ini diuji kandungan karbonnya. Hasil dari penelitian ini tidak ada pengaruh penambahan bulu ayam terhadap kandungan karbon briket bioarang. Kandungan karbon rata-rata pada briket bioarang yang ditambah 2 kg bulu ayam sebesar 41,23%, dengan 4 kg bulu ayam kandungan karbon sebesar 48,38% dan ditambah 6 kg bulu ayam kandungan karbon sebesar 50,74% (Mariyani & Rumijati 2010).

Penelitian briket bioarang tidak hanya dari penambahan bulu ayam, namun pembuatan briket bioarang dapat dibuat dengan tongkol jagung. Dalam penelitian ini tepung kanji dicampur dengan briket tongkol jagung dengan diberi tekanan tertentu. Kemudian briket ini diuji nilai kalori dan kandungan kadar abu. Hasil dari penelitian

ini pembebanan berpengaruh terhadap kadar abu dan nilai kalori, dimana nilai kalori menjadi 5521,55 kalori/gram dengan pembebanan 9 ton dan dengan pembebanan 7 ton nilai kalor menjadi 5516,85 kalori/gram. Nilai kadar abu sebesar 17,732% dengan pembebanan 7 ton, memiliki berat jenis 0,49 gram/cc dan sebesar 17,518% pada pembebanan 9 ton memiliki berat jenis 0,63 gram/cc (Teguh Ibnu Husada, 2008).

Riwan Manalu (2010) membuat briket tongkol jagung dengan meneliti jumlah campuran perekat. Dalam penelitian ini briket tongkol jagung dicampur dengan perekat yang berbeda-beda kadarnya. Kemudian briket ini diuji nilai kalor, kadar air, densitas, dan kadar abu. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah konsentrasi bahan perekat pada briket memberikan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap nilai kalor tetapi berbeda nyata terhadap kadar air, densitas, dan kadar abu. Hasil yang terbaik diperoleh pada jumlah persentase bahan perekat sebesar 10% yang mempunyai nilai kalor sebesar 6322,1 kalori/gram, kadar air 4,4%, mempunyai densitas 0,89 gram/cc dan kadar abu 12,6%.

Penelitian yang dilakukan peneliti lain yaitu briket bioarang dengan menggunakan arang serbuk gergaji kayu jati. Bahan ini memiliki sifat dan karakteristik yang unik, kayu jati paling banyak digunakan untuk keperluan konstruksi dan dekorasi. Pada penelitian ini memvariasikan ukuran partikel serbuk dan membandingkan berat lem kanji dengan berat arang dengan kadar tertentu. Kemudian briket ini diuji nilai kalornya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan yang paling tinggi diperoleh pada variable ukuran partikel serbuk gergaji kayu jati 100 mesh, dengan perbandingan berat lem kanji dan berat arang 0,9 bagian yaitu sebesar $0,0152 \text{ kN/cm}^2$ dan nilai kalornya sebesar 5786,37 kal/g (Angga Yudanto & Kartika Kusumaningrum, 2009).

Penelitian yang dilakukan peneliti lain yaitu briket bioarang menggunakan tempurung kelapa dan serbuk kayu. Tempurung kelapa terletak dibagian dalam kelapa setelah sabut. Serbuk kayu merupakan salah satu limbah industri pengolahan kayu seperti serbuk gergajian, sebetan, sisa kupasan. Penelitian ini mengkombinasikan tempurung kelapa dan serbuk kayu dengan komposisi tertentu dan dicampur dengan kanji. Kemudian briket ini diuji nilai kalor, kadar air, kadar abu, dan kadar karbon terikat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan komposisi bahan pembuat briket bioarang member pengaruh berbeda. Kadar air rata-rata dalam penelitian ini 4,74%., nilai kalor rata-rata 7192,15 kal/g, kadar abu rata-rata 5,61% (Nodalia Ndraha, 2009).

Penelitian briket bioarang juga dapat menggunakan briket bioarang dengan menggunakan cangkang kopi sebagai sumber energi alternatif yaitu dengan memvariasikan suhu karbonisasi dan perbandingan perekat amilum. Kemudian briket ini diuji nilai kalor, kadar air, kadar abu, kadar zat terbang dan kadar karbon terikat. Hasil yang didapat dari penelitian ini bahwa pada komposisi bahan baku dan perekat 1:8 dengan temperatur karbonisasi 300 °C diperoleh nilai kadar air sebesar 1%, kadar abu 6,51%, kadar zat terbang 49,402%, karbon tetap 43,088%, dan nilai kalor 5537,38 kal/gr (M. Fuad, 2008).

Penelitian briket bioarang selain menggunakan cangkang kopi dapat menggunakan eceng gondok dengan sagu atau tepung kanji sebagai perekatnya. Enceng gondok merupakan tumbuhan rawa atau air, yang mengapung di atas permukaan air. Di ekosistem air, enceng gondok ini merupakan tanaman pengganggu atau gulma yang dapat tumbuh dengan cepat. Dalam penelitian ini memvariasikan partikel arang, jumlah arang dan jumlah bahan pengikat yang akan digunakan

sehingga dapat dihasilkan kualitas yang optimal. Kemudian briket ini diuji kandungan nilai kalor, kerapatan, kadar air lembab (*Inherent Moisture*), kadar abu (*Ash*), kadar karbon padat (*Fixed Carbon*), Uji kecepatan pembakaran, dan kadar sulfur (Adi Candra Brades & Febrina Setyawati, 2008).

Penelitian briket bioarang juga dapat menggunakan ampas dan tempurung kelapa dengan perekat kanji. Pada penelitian ini tepung kanji dicampur dengan briket ampas dan tempurung kelapa dengan diberi variasi perbandingan ampas dan tempurung kelapa tertentu. Kemudian briket ini diuji nilai kalori, kandungan kadar abu, suhu dan lama bara api, dan nilai ekonomis. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai kadar abu 7,738%, suhu maksimal 1175 °C, lama menyala 215 menit dengan nilai ekonomis Rp 1000,- per kilogram (Novita Ernawati, 2007).

Penelitian briket yang dilakukan Indriyanti, (2007) membuat briket bioarang dari sekam padi dan serbuk kayu dengan pengaruh tekanan kempa. Pada penelitian ini sekam padi dan serbuk kayu dicampur dengan perbandingan 50:50 dengan diberi variasi tekanan kempa tertentu. Kemudian briket ini diuji nilai kalori, kandungan kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan kadar karbon terikat. Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai kadar air 3,39%-3,53%, nilai kalor 7325,82 kal/gram, kadar abu 27,89%-34,74%, kadar zat mudah menguap 19,58%-24,978%, dan kadar karbon terikat 42,41%-43,61%.

Rayadeyaka Raditya Riseanggara, (2008) memanfaatkan sekam, serbuk gergaji dan ampas jarak sebagai bahan bakar briket. *Penelitian ini mencari nilai optimal kalor dengan memvariasikan kadar perekat tertentu.* Hasil dari penelitian ini diperoleh nilai kadar perekat terbaik 5% dengan nilai kalor 4000,5 kal/gram.

Merry Crishna Beatricia, (2007) meneliti kandungan energi arang briket dengan bahan kayu flamboyan, daun angsana, dan bunga pinus. Pada penelitian ini memvariasikan perbandingan kadar kanji dan arang briket untuk mendapatkan nilai kalor yang tinggi

Rana Dwijaya dan Radius Arianto, (2010) memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar briket. Penelitian ini memvariasikan suhu karbonasi briket ampas tebu kemudian diuji nilai kalornya. Hasil dari penelitian ini semakin tinggi suhu karbonasi maka partikel arang briket semakin halus. Semakin tinggi suhu karbonasi maka semakin kecil nilai kalor briket, dengan suhu karbonasi berturut-turut 250°C, 300°C dan 350°C yaitu 5059,358 kalori/gram, 4717,176 kalori/gram dan 4362,591 kalori/gram.

2.2 Pengertian Briket Bioarang

2.2.1 Pengertian Briket

Briket adalah gumpalan yang terbuat dari bahan lunak yang dikeraskan. Bioarang adalah arang (salah satu jenis bahan bakar) yang dibuat dari aneka macam bahan hayati atau biomassa, misalnya kayu, ranting, daun-daunan, rumput, jerami, dan limbah pertanian lainnya. Bahan-bahan tersebut dapat diolah menjadi arang yang selanjutnya disebut bioarang. Bioarang ini dapat digunakan sebagai bahan bakar yang tidak kalah dari bahan bakar sejenis yang lain (Ismun Uti Adan, 1998).

2.2.2 Pengertian Briket Bioarang

Briket bioarang adalah gumpalan-gumpalan atau batangan-batangan arang yang terbuat dari bioarang (bahan lunak). Bioarang yang sebenarnya termasuk bahan lunak yang dengan proses tertentu diolah menjadi bahan arang keras dengan bentuk tertentu.

Untuk pemanfaatannya sebagai bahan bakar, briket mempunyai kriteria minimum agar dalam pemakaiannya tidak merusak lingkungan. Menurut Sukandarrumidi, (2008) sifat briket yang baik yaitu :

1. Tidak berasap dan tidak berbau pada saat pembakaran.
2. Mempunyai kekuatan tertentu sehingga tidak mudah pecah waktu diangkat dan dipindah-pindah.
3. Mempunyai suhu pembakaran yang tetap dalam jangka waktu yang cukup panjang (8-10 jam).
4. Setelah pembakaran masih mempunyai kekuatan tertentu sehingga mudah untuk dikeluarkan dari tungku masak.
5. Gas hasil pembakaran tidak mengandung gas karbon monoksida yang tinggi.

2.3 Tepung Kanji

Tepung tapioka (di pasaran sering dikenal dengan nama tepung kanji) adalah tepung yang terbuat dari ubi kayu/singkong. Pembuatan dilakukan dengan cara diparut, diperas, dicuci, diendapkan, diambil sari patinya, lalu dijemur/keringkan. Sifat tepung kanji, apabila dicampur dengan air panas akan menjadi liat/seperti lem. Tepung tapioka disebut juga tepung kanji atau tepung sagu (sagu singkong). Haygreen dan Bowyer (1989) mengatakan semakin banyak resin atau perekat yang digunakan dalam suatu produk akan semakin kuat dan stabil dimensinya, namun pada segi ekonomis tidak diinginkan untuk menggunakan jumlah perekat yang banyak.

2.4 Pengertian Tekanan Kempa

Menurut Haygreen dan Bowyer (1989) tekanan kempa digunakan untuk menaikkan berat jenis suatu produk. Berat jenis suatu contoh uji naik jika kandungan air produk uji tersebut berkurang. Semakin besar tegangan yang diperlukan maka semakin besar ketahanannya terhadap perubahan bentuk.

2.5 Pengertian Kualitas

Kata kualitas mengandung banyak definisi dan makna. Orang akan sulit mendefinisikan kualitas dengan tepat dan tidak ada definisi kualitas yang diterima secara universal. Definisi konvensional dari kualitas biasanya menggambarkan karakteristik langsung dari suatu produk seperti performansi (*performance*), keandalan (*reliability*), mudah dalam penggunaan (*easy to use*), estetika (*esthetics*), dan sebagainya. Sedangkan definisi strategic dari kualitas adalah segala sesuatu yang mampu memenuhi keinginan atau kebutuhan pelanggan (*meeting the needs of customers*).

2.6 Pendekatan Dalam Pengendalian kualitas

a. Pengendalian kualitas secara langsung (*on line quality control*)

On line quality control adalah suatu konsep pengendalian kualitas yang mengutamakan kegiatan pemantauan terhadap suatu proses manufaktur untuk menjamin tingkat kualitas dari produk yang dibuat *on line quality control* dilakukan ketika proses produksi mulai berjalan sampai produk selesai dibuat dan siap dipasarkan ke konsumen dengan mengendalikan variasi produk dan spesifikasi (Belavendram, 1995).

Kegiatan *on line quality control* ini dilakukan karena dalam suatu proses manufaktur, variasi produk yang dibuat tidak dapat dihindarkan dan memerlukan adanya pengawasan untuk mengetahui apabila ada produk yang keluar dari spesifikasi. Adapun timbulnya variasi produk dapat disebabkan oleh beberapa hal antara lain variasi bahan baku, perbedaan karakteristik setiap komponen, peralatan yang digunakan dan kesalahan manusia. Keunggulan suatu produk dapat diukur melalui seberapa besar tingkat kepuasan konsumen terhadap produk. Keunggulan ini terdiri atas karakteristik produk dan pelayanan yang menyertainya. Oleh karena itu kegiatan *on line quality control* akan lebih memfokuskan pengendalian kualitas suatu produk yang dibuat agar sesuai dengan spesifikasi karakteristik kualitas ketika proses manufaktur dilakukan.

b. Pengendalian kualitas secara tidak langsung (*off line quality control*)

Off line quality control adalah suatu konsep manajemen kualitas yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas dengan mendesain produk dan proses yang akan digunakan pada kegiatan manufaktur atau jasa (Ross, J.P, 1998). Dengan kata lain *off line quality control* adalah pengendalian secara preventif sebelum proses produksi dijalankan. Tujuan kegiatan *off line quality control* ini adalah untuk meminimalkan pengaruh faktor-faktor tak terkontrol proses dan produk dengan mendesain suatu sistem yang kokoh/*robust* terhadap gangguan faktor pengganggu.

2.7 Desain Eksperimen

Desain eksperimen adalah suatu rancangan percobaan secara serentak terhadap dua atau lebih faktor (parameter) untuk mempengaruhi rata-rata atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Tujuan eksperimen adalah

memahami bagaimana mengurangi dan mengendalikan variasi suatu produk atau proses, dan selanjutnya harus diambil keputusan berkaitan dengan parameter-parameter yang mempengaruhi performansi suatu produk atau proses. Dikenal dua macam desain eksperimen yaitu desain eksperimen konvensional dan desain eksperimen Taguchi.

2.8 Metoda Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang diperkenalkan pertama kali oleh Dr. Genichi Taguchi dan bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Dalam metode Taguchi digunakan matrik yang disebut *orthogonal array* untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari *orthogonal array* terletak pada pemilihan kombinasi level dari variable-variabel input untuk masing-masing eksperimen.

Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target.
2. Produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
3. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

2.9 Tahap Perencanaan Eksperimen

Perencanaan eksperimen merupakan tahap terpenting yang meliputi perumusan masalah, penetapan tujuan eksperimen, penentuan variabel tak bebas, identifikasi faktor-faktor (variabel bebas), pemisahan faktor kontrol dan faktor gangguan, penentuan jumlah level dan nilai level faktor, level dari kolom interaksi, perhitungan derajat kebebasan, dan pemilihan matriks orthogonal (Soejanto, 2009).

1. Perumusan Masalah

Langkah pertama adalah merumuskan/mendefinisikan masalah atau fokus yang akan diselidiki dalam eksperimen. Perumusan masalah harus spesifik dan jelas secara teknis harus dapat dituangkan ke dalam eksperimen yang akan dilakukan. Jika respon yang diharapkan lebih dari satu harus dinyatakan dengan jelas.

2. Tujuan Eksperimen

Tujuan yang melandasi eksperimen harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan pada perumusan masalah, yaitu mencari sebab yang menjadi akibat pada masalah yang kita amati. Pencarian ini dilakukan secara sistematis.

3. Penentuan Variabel Tak Bebas

Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain. Dalam merencanakan suatu eksperimen harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas mana yang akan diselidiki.

Dalam eksperimen Taguchi variabel tak bebas adalah karakteristik kualitas yang terdiri dari tiga kategori, yaitu:

a. Karakteristik yang dapat diukur

Semua hasil akhir yang diamati dapat diukur dengan skala kontinyu.

Contoh : temperatur, berat, tekanan, dan lain-lain.

b. Karakteristik atribut

Hasil akhir yang diamati tidak dapat diukur dengan skala kontinyu, tetapi dapat diklasifikasikan secara kelompok.

Contoh : Retak, jelek, baik, dan lain-lain.

c. Karakteristik dinamik

Merupakan fungsi representasi dari proses yang diamati. Proses yang diamati digambarkan sebagai signal dan output digambarkan sebagai hasil dari *signal*. Sebagai contoh adalah sistem transmisi otomatis dengan input putaran mesin dan output adalah perubahan getar.

4. Identifikasi Faktor-faktor (Variabel Bebas)

Variabel bebas (faktor) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor mana saja yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang diteliti adalah:

a. *Brainstorming*

Brainstorming merupakan pemikiran kreatif tentang pemecahan suatu masalah, tanpa melihat apakah yang diungkapkan masuk akal atau tidak.

b. *Flowchart*

Pada metode ini yang akan dilakukan adalah mengidentifikasi faktor-faktor melalui *flowchart* proses pembuatan obyek yang diamati. Dengan melihat pada

flowchart maka untuk masing-masing tahap diidentifikasi faktor-faktor yang mungkin berpengaruh.

5. Pemisahan Faktor Kontrol dan Faktor Gangguan

Faktor-faktor yang diamati terbagi atas faktor kontrol dan faktor gangguan. Dalam metode Taguchi keduanya perlu diidentifikasi dengan jelas sebab pengaruh antar kedua faktor tersebut berbeda. Faktor kontrol adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan, atau faktor yang nilainya ingin diatur atau dikendalikan. Sedangkan faktor gangguan adalah faktor yang nilainya tidak bisa diatur atau kendalikan.

6. Penentuan Jumlah Level dan Nilai Level Faktor

Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil eksperimen dan ongkos pelaksanaan eksperimen. Makin banyak level yang diteliti maka hasil eksperimen akan lebih teliti karena data yang diperoleh lebih banyak. Tetapi banyaknya level akan meningkatkan jumlah pengamatan sehingga menaikkan ongkos eksperimen.

7. Perhitungan Derajat Kebebasan

Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum eksperimen yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati

8. Pemilihan matriks orthogonal

Pemilihan matriks orthogonal yang sesuai tergantung dari nilai faktor dan interaksi yang diharapkan dan nilai level dari tiap-tiap faktor. Penentuan ini akan mempengaruhi total jumlah derajat kebebasan yang berguna untuk menentukan jenis matriks orthogonal yang dipilih.

9. Penempatan Kolom untuk Faktor dan Interaksi ke dalam Matriks Orthogonal.

Untuk memudahkan dikolom mana saja diletakkan interaksi faktor pada setiap matriks orthogonal, Taguchi menyatakan grafik linier dan tabel Triangular untuk masing-masing orthogonal.

a. Grafik Linier

Grafik linier adalah representasi grafik dari informasi interaksi dalam suatu matriks eksperimen, yang terdiri dari titik dan garis. Setiap titik pada grafik linier mewakili suatu faktor utama dan garis yang menghubungkan dua titik menggambarkan interaksi antar dua faktor utama yang bersangkutan.

b. Tabel Triangular

Tabel Triangular memuat seluruh kemungkinan dan kolom-kolom interaksi untuk setiap tabel matrik orthogonal.

2.10 Tahap Pelaksanaan Eksperimen

Pelaksanaan eksperimen meliputi penentuan jumlah replikasi eksperimen dan randomisasi pelaksanaan eksperimen.

1. Jumlah Replikasi

Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi.

2. Randomisasi

Dalam eksperimen selain faktor-faktor yang diselidiki pengaruhnya terhadap variabel, juga terhadap faktor-faktor lain yang tidak terkendali atau tidak diinginkan yang dapat mempengaruhi hasil eksperimen. Pengaruh faktor-faktor tersebut

diperkecil dengan menyebarkan pengaruh tersebut selama eksperimen melalui randomisasi (pengacakan) urutan percobaan.

2.11 Tahap Analisa

Pada analisis dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu layout tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu eksperimen yang dipilih. Selain itu dilakukan perhitungan dan pengujian data dengan statistik seperti analisa variansi, tes hipotesa dan penerapan rumus-rumus empiris pada data hasil eksperimen.

1. Analisa Variansi Taguchi

Analisa Variansi adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam perencanaan eksperimen secara statistik. Analisis ini merupakan teknik menganalisa dengan menguraikan seluruh (total) variansi atas bagian-bagian yang diteliti.

2. Uji F

Hasil analisis varians tidak membuktikan adanya perbedaan perlakuan dan pengaruh faktor dalam percobaan, pembuktian ini dilakukan uji hipotesa F.

Uji hipotesa F dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan variansi *error*. Variansi *error* adalah variansi setiap individu dalam pengamatan yang timbul karena faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan. Dalam hal ini :

$$F_{\text{sumber}} = \frac{\text{variansi karena perlakuan} + \text{variansi karena error}}{\text{variansi karena error}}$$

Nilai F_{sumber} tersebut dibandingkan dengan nilai F dari tabel pada harga α tertentu dengan derajat kebebasan $((k-1).(N-k))$. Dimana k adalah jumlah level suatu faktor dan N adalah jumlah total perlakuan.

Hipotesa pengujian dalam suatu percobaan adalah :

H_0 : tidak ada pengaruh perlakuan sehingga $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_j = \mu_k$

H_1 : ada pengaruh perlakuan, sehingga sedikit ada satu μ_1 yang tidak sama.

Apabila nilai F tabel lebih kecil nilai F_{tabel} ($F_{\text{hitung}} < F_{\text{tabel}}$), maka hipotesa (H_0) diterima atau berarti tidak ada perlakuan. Namun jika nilai F test lebih besar dari nilai F_{tabel} ($F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$), maka hipotesa (H_0) ditolak dan berarti ada perbedaan perlakuan.

3. Strategi Pooling Up

Strategi *pooling up* dirancang Taguchi untuk mengestimasi variansi *error* pada Analisis varians. Sehingga estimasi yang dihasilkan akan lebih baik, karena strategi ini akan mengakumulasi beberapa variansi *error* dari beberapa faktor yang kurang berarti.

Strategi ini menguji efek kolom terkecil terhadap yang lebih besar berikutnya untuk melihat kesignifikannya. Dalam hal ini jika tidak ada rasio F signifikan yang muncul maka kedua efek tersebut di *pooling* untuk menguji kolom yang lebih besar berikutnya sampai rasio F yang signifikan muncul.

4. Rasio S/N

Rasio S/N (rasio *Signal-To-Noise*) digunakan untuk memilih faktor-faktor yang memiliki kontribusi pada pengurangan variansi suatu respon. Rasio S/N merupakan rancangan untuk transformasi pengulangan data ke dalam suatu nilai yang merupakan ukuran variasi yang timbul. Penggunaan rasio S/N untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil eksperimen.

2.12 Interpretasi Hasil Eksperimen

Dalam menganalisa hasil eksperimen dari Taguchi ini menggunakan analisis variansi, yaitu perhitungan jumlah kuadrat (S_T), S terhadap rata-rata (S_n), S faktor atau S error (S_e). Interpretasi yang dilakukan antara lain:

1. Persen Kontribusi

Merupakan porsi masing-masing faktor dan atau interaksi faktor yang signifikan terhadap total variansi yang diamati. Persen kontribusi merupakan fungsi dari jumlah kuadrat (SS) dari masing-masing faktor yang signifikan. Yang merupakan indikasi kekuatan relatif dalam mereduksi variansi.

2. Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan (*Convidence Interval*; CI) dalam analisa hasil eksperimen metode Taguchi dihitung dalam tiga kondisi, yaitu:

a. Interval kepercayaan untuk level faktor (CI_1)

$$CI_1 = \sqrt{F_{\alpha; 1; ve} \frac{MSe}{n}}$$

$$\mu_{AK} = \bar{A}_K \pm CI_1$$

$$\bar{A}_K - CI_1 \leq \mu_{AK} \leq \bar{A}_K + CI_1$$

di mana:

$$F_{\alpha; 1; ve} = \text{rasio } F$$

$$\alpha = \text{risiko}$$

$$V_1 = 1$$

$$V_e = \text{derajat kebebasan error}$$

$$MS_e = \text{rata-rata kuadrat error (variansi kesalahan)}$$

$$n = \text{jumlah yang diuji pada suatu kondisi tersebut}$$

μ_{AK} = dugaan rata-rata faktor A pada perlakuan (level) ke k
 \bar{A}_K = rata-rata faktor A pada perlakuan ke k
k = 1,2,...

b. Interval kepercayaan pada kondisi perlakuan yang diprediksi (CI_2)

$$CI_2 = \sqrt{F_{\alpha; 1; ve} \frac{MS_e}{n_{eff}}}$$

di mana:

$$n_{eff} = \frac{N}{1 + (\text{jumlah dof yang berhubungan dengan estimasi A})}$$

N = jumlah data percobaan keseluruhan

c. Interval kepercayaan untuk memprediksi eksperimen konfirmasi (CI_3)

Selang kepercayaan ini digunakan untuk suatu sampel pada kondisi spesifik, yaitu saat dilakukan percobaan konfirmasi.

$$CI_3 = \sqrt{F_{\alpha; 1; ve} MSe \left[\left(\frac{1}{n_{eff}} \right) + \left(\frac{1}{r} \right) \right]}$$

di mana:

R = jumlah sampel pada percobaan konfirmasi dan $r \neq 0$

V_2 = derajat bebas varian kesalahan pooling

n_{eff} = jumlah pengulangan efektif

2.13 Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi adalah percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan yang didapat. Tujuan eksperimen konfirmasi adalah untuk memverifikasi:

1. Dugaan yang dibuat pada saat model performansi penentuan faktor dan interaksinya.

2. Merancang parameter (faktor) yang optimum hasil analisis dari hasil percobaan pada performansi yang diharapkan.

Langkah-langkah eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut:

1. Merancang kondisi optimum untuk faktor dan level signifikan.
2. Membandingkan rata-rata dan variasi hasil percobaan konfirmasi dengan rata-rata dan variansi yang diharapkan.

Eksperimen konfirmasi dinyatakan berhasil jika:

1. Terjadi perbaikan dari hasil proses yang ada (setelah eksperimen Taguchi dilakukan).
2. Hasil dari eksperimen konfirmasi dekat dengan nilai yang diprediksikan.

2.14 Faktor Kendali dan Faktor *Noise*

Faktor kendali adalah faktor yang ditetapkan (atau dapat kendalikan) oleh produsen selama tahap perancangan produk/proses dan tidak dapat diubah oleh konsumen. Sedangkan faktor *noise* adalah faktor yang tidak dapat dikendalikan langsung oleh produsen. Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil eksperimen dan biaya pelaksanaan eksperimen. Semakin banyak levelnya yang diteliti maka hasil eksperimen akan lebih teliti karena data yang diperoleh lebih banyak. Tetapi levelnya juga dapat meningkatkan biaya eksperimen.

2.15 Penentuan dan Pemilihan *Orthogonal Array*

2.15.1 Derajat Bebas (*Degree of Freedom*)

Derajat bebas merupakan banyaknya perbandingan yang harus dilakukan antar level-level faktor (efek utama) atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan level yang berbeda-beda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini sendiri akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas. Dalam melakukan percobaan, efisiensi dan biaya yang harus dikeluarkan merupakan salah satu pertimbangan utama. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka sebisa mungkin digunakan *Orthogonal Array* terkecil yang masih dapat memberikan informasi yang cukup untuk dilakukannya percobaan secara komprehensif dan penarikan kesimpulan yang valid. Untuk menentukan *Orthogonal Array* yang diperlukan maka dibutuhkan perhitungan derajat kebebasan. Perhitungan untuk memperoleh derajat bebas adalah sebagai berikut :

- Untuk faktor utama, misal faktor utama A dan B :

$$VA = (\text{jumlah level faktor A}) - 1$$

$$= k_A . 1$$

$$VB = (\text{jumlah level faktor B}) . 1$$

$$= k_B . 1$$

- Untuk interaksi, misal interaksi A dan B

$$VAxB = (k_A . 1) (k_B . 1)$$

- Nilai derajat bebas total

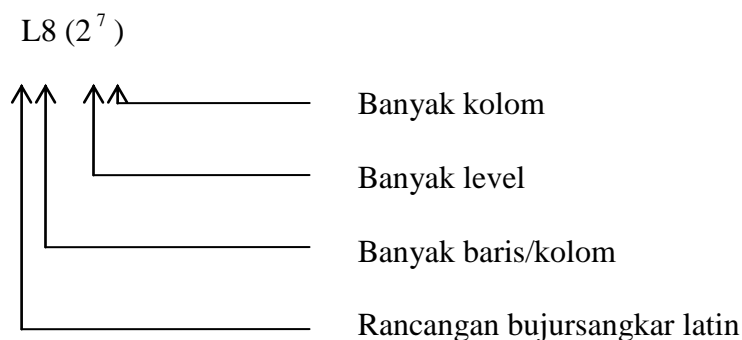
$$(k_A \cdot 1) + (k_B \cdot 1) + (k_A \cdot 1)(k_B \cdot 1)$$

Tabel orthogonal array yang dipilih harus mempunyai jumlah baris minimum yang tidak boleh kurang dari jumlah derajat bebas totalnya.

2.15.2 Orthogonal Array (OA)

Matrik orthogonal atau *orthogonal array* terdiri dari kolom-kolom orthogonal. Yaitu untuk setiap pasang kolom, semua kondisi performansi muncul dalam jumlah yang sama. Dalam matrik orthogonal, kolom menyatakan faktor-faktor yang dipelajari, baris mewakili eksperimen individual, jumlah baris menyatakan banyaknya eksperimen yang harus dilakukan, dimana jumlah baris minimal sama dengan *degree of freedom* dan isi dari matrik orthogonal menyatakan level atau taraf dari faktor-faktor yang dipelajari.

Pemilihan matrik orthogonal yang dipakai bergantung pada derajat bebas atau *degree of freedom* yang dipelajari, level faktor yang dipelajari, resolusi dan biaya (Belavendram, 1995). Dalam memilih *array orthogonal* yang sesuai untuk suatu eksperimen tertentu disyaratkan agar $V_{OA} \geq V_{fl}$, dengan V_{fl} : derajat bebas level faktor (Belavendram, 1995). Derajat bebas *array orthogonal* (V_{OA}) selalu kurang 1 dari banyaknya eksperimen.



$$V_{OA} = n_{OA} - 1$$

Dengan n_{OA} adalah banyaknya baris/eksperimen. Sedangkan derajat bebas suatu faktor (V_{fl}) adalah satu kurangnya dari jumlah level faktor tersebut.

$$V_{fl} = n_{fl} - 1$$

dengan n_{fl} adalah banyaknya level.

Tabel 2.1 *Orthogonal Array* L₄ Standar

Trial	Columns		
No	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Tabel 2.2. Matrik *Orthogonal Array* L₈ (2⁷)

Trial	Column Number						
No	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Tabel 2.3 *Orthogonal Array* Standar

2 level	3 level	4 level	5 level	Level gabungan
L ₄ (2 ³)	L ₉ (3 ⁴)	L ₁₆ (4 ⁵)	L ₂₅ (5 ⁶)	L ₁₈ (2 ¹ X3 ⁷)
L ₈ (2 ⁷)	L ₂₇ (3 ¹³)	L ₆₄ (4 ²¹)		L ₃₂ (2 ¹ X4 ⁹)
L ₁₂ (2 ¹¹)	L ₈₁ (2 ⁴⁰)			L ₃₆ (2 ¹¹ X3 ¹²)
L ₁₆ (2 ¹⁵)				L ₃₆ (2 ³ X3 ¹³)
L ₃₂ (2 ³¹)				L ₅₄ (2 ¹ X3 ²⁵)
L ₆₄ (2 ⁶³)				L ₅₀ (2 ¹ X5 ¹¹)

2.16 Rasio *Signal To Noise* (SNR)

SNR adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadrat dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. Ada beberapa jenis SNR, yaitu:

1. Smaller-the-Best (STB)

$$SNR_{STB} = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2$$

2. Larger-the-Better (LTB)

$$SNR_{LTB} = -10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 1/y_i^2$$

3. Nominal-the-Best (NTB)

$$SNR_{NTB} = -10 \log \left(\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$$

dengan :

n = jumlah tes di dalam percobaan (*trial*)

y_i = nilai respon dari tiap replikasi.

2.17 Taguchi Multirespon

Taguchi dibedakan menjadi dua yaitu Taguchi single respon dan Taguchi multirespon. Taguchi single respon hanya mempunyai satu variabel respon sehingga langsung didapatkan kombinasi optimal dari variabel respon tersebut. Taguchi multirespon mempunyai lebih dari satu variabel respon (minimal dua variabel respon), dan masing-masing variabel respon mempunyai kombinasi faktor yang berbeda sehingga diperlukan penanganan lebih lanjut untuk mendapatkan kombinasi faktor yang optimal untuk meningkatkan kualitas masing-masing variabel respon. Dua metode yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan Taguchi multi respon adalah Metode MRSN (*Multi Respon Signal to Noise*) dan TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) untuk menentukan kondisi optimal pada tahapan desain parameter (Lee Ing Tong dan Chao Ton Su, 1997).

2.17.1 MRSN (*Multi Respon Signal to Noise*)

Langkah-langkah yang sistematis dalam melakukan eksperimen multi respon dengan menggunakan *Multi Respon Signal to Noise* (MRSN) terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

1. Menghitung *quality loss* untuk setiap trial. Untuk karakteristik kualitas:

Bigger the better

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y_{ijk}^2}$$

Nominal the best

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - m)^2$$

Smaller the best

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y_{ijk}^2$$

Dimana :

L_{ij} = *quality loss* untuk respon ke-i, trial ke-j

Y_{ijk} = data untuk respon ke-i, trial ke-j, replikasi ke-k

n_i = replikasi untuk respon ke-i

k = koefisien dari *quality loss*

m = nilai target

2. Menentukan *Multi Respon Signal to Noise (MRSN) Ratio*.

a. Menentukan *quality loss* maksimum untuk tiap respon.

b. Normalisasi *quality loss* tiap eksperimen.

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i}$$

dimana : C_{ij} = *normalized quality loss* untuk respon ke-i, pada

trial ke-j

$$L_{ij} = \max \{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{ij}\}$$

c. Menghitung *total normalized quality loss (TNQL)* setiap eksperimen :

$$TNQL_i = \sum_{i=1}^m w_i x C_{ij}$$

dimana : w_i = bobot dari normalisasi respon ke-i

d. Menghitung MRSN ratio setiap eksperimen.

$$MRSN_j = -10\log(TNQL_j)$$

3. Menentukan kombinasi level faktor yang optimal berdasarkan nilai MRSN terbesar. Tahapannya :

a. Membuat tabel respon dan grafik respon dari MRSN.

b. Menentukan faktor kontrol yang memiliki efek yang signifikan terhadap MRSN.

c. Menentukan level optimal dari faktor kontrol berdasarkan nilai MRSN terbesar.

4. Melakukan eksperimen konfirmasi.

Hasil eksperimen konfirmasi menentukan apakah level kontrol faktor optimal yang diperoleh bisa diperluas pada skala industri.

2.17.2 TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*)

Hwang dan Yoon (1981) mengembangkan TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) untuk menilai beberapa alternatif sebelum pengambilan keputusan. TOPSIS menganggap bersamaan jarak ke solusi ideal dan solusi ideal negatif tentang setiap alternatif dan juga memilih kedekatan yang paling relatif terhadap solusi ideal sebagai alternatif terbaik (Tong *et.al.*, 2005)

Ketika alternatif diatur untuk multi-atribut keputusan dan menetapkan evaluasi atribut digambarkan sebagai $A = \{a_i \mid i = 1, 2, \dots, m\}$ dan $\{g = g_j \mid j = 1, 2, \dots, n\}$,

masing-masing; langkah-langkah TOPSIS dapat dinyatakan sebagai berikut (Tian-Syung Lan, 2009) :

Langkah 1 : Langkah ini melibatkan matriks berdasarkan semua informasi yang tersedia yang menggambarkan atribut bahan dan disebut matriks keputusan. Setiap baris dari matriks ini dialokasikan untuk salah satu alternatif dan kolom masing-masing untuk satu atribut. Matriks keputusan dapat dinyatakan sebagai :

$$D = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & X_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_i \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Dimana, A_i mewakili kemungkinan alternatif, $i = 1, 2, \dots, m$, X_j menunjukkan atribut yang berkaitan dengan kinerja alternatif, $j = 1, 2, \dots, n$ dan x_{ij} adalah kinerja A_i terhadap atribut X_j .

Langkah 2 : Mendapatkan keputusan normalisasi matriks rij. Hal ini dapat direpresentasikan sebagai :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

Dimana, r_{ij} mewakili kinerja normalisasi A_i sehubungan dengan atribut X_j .

Langkah 3 : Asumsikan bahwa berat masing-masing atribut adalah $\{w_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$, menormalkan keputusan tertimbang matriks $V = [V_{ij}]$ dapat ditemukan sebagai :

$$V_{ij} = w_{ij} r_{ij}$$

Langkah 4 : Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif & matriks solusi ideal negatif;

$$A^+ = \{(\max V_{ij} | j \in J), (\min V_{ij} | j \in J' | i = 1, 2, \dots, m)\}$$

$$= \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots, V_n^+\}$$

$$A^- = \{(\min V_{ij} | j \in J), (\max V_{ij} | j \in J' | i = 1, 2, \dots, m)\}$$

$$= \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\}$$

$J = \{j = 1, 2, \dots, n | j\}$:terkait dengan atribut keuntungan

$J' = \{j = 1, 2, \dots, n | j\}$:terkait dengan atribut biaya

Langkah 5: Tentukan langkah-langkah jarak. Pemisahan dari setiap alternatif dari yang ideal adalah yang diberikan oleh n-dimensi jarak Euclidean dari persamaan berikut:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m$$

Langkah 6: kedekatan alternatif tertentu untuk solusi ideal dinyatakan dalam langkah sebagai berikut:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, i = 1, 2, \dots, m; 0 \leq C_i^+ \leq 1$$

Langkah 7: Satu set alternatif dibuat dalam urutan sesuai dengan nilai preferensi yang menunjukkan solusi layak yang paling disukai dan paling disukai.

Nilai V_i (nilai TOPSIS) yang **lebih besar** menunjukkan bahwa alternatif A_i lebih dipilih.

2.18 Uji Prediksi

Dalam kehidupan sehari-hari, sering dilihat suatu peristiwa atau keadaan yang terjadi akibat peristiwa yang lain. Untuk mengetahui hubungan antara kejadian tersebut, terutama untuk menelusuri pola hubungan yang modelnya belum diketahui maka analisis regresi dapat dijadikan alat untuk membantu menganalisis hubungan tersebut.

Uji prediksi menggunakan analisa regresi berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen yang sudah pernah dilakukan. Tujuan adanya uji prediksi untuk melihat secara keseluruhan eksperimen yang seharusnya dilakukan. Uji prediksi dilakukan karena pada eksperimen Taguchi hanya ada 8 (delapan) trial atau 8 (delapan) eksperimen, yang sudah dianggap mewakili keseluruhan eksperimen yang seharusnya dilakukan.

Analisis regresi memiliki 3 kegunaan yaitu, deskripsi, kendali, dan prediksi (peramalan). Tetapi manfaat utama dari kebanyakan penyelidikan statistik dalam dunia bisnis dan ekonomi adalah mengadakan prediksi atau peramalan.

Dalam analisis regresi dikenal dua macam variabel atau peubah yaitu variabel bebas (*independent variable*) dan variabel tidak bebas (*dependent variable*). Variabel bebas adalah variabel yang telah diketahui nilainya, sedangkan variabel tidak bebas adalah variabel yang nilainya belum diketahui dan yang akan diramalkan.

2.18.1 Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana mengamati pengaruh satu variabel bebas terhadap variabel tidak bebas. Secara matematis regresi linier sederhana dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

$$\hat{y} = a + bX$$

Dimana:

\hat{y} = variabel yang diramalkan (variabel *dependent*)

X = variabel yang diketahui (variabel *independent*)

a = besarnya nilai \hat{y} pada saat X = 0

b = besarnya nilai perubahan nilai \hat{y} apabila nilai X bertambah satu satuan , disebut koefisien regresi.

Untuk mencari nilai-nilai koefisien regresi b atau nilai a , dapat digunakan metode Least Square. Dengan rumus :

$$b = \frac{n \left(\sum_{i=1}^n X_i Y_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right) \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)}{n \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2} \quad a = \frac{\left(\sum_{i=1}^n Y_i \right) - b \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)}{n}$$

2.18.2 Regresi Linier Berganda

Regresi linier berganda mengamati pengaruh lebih dari satu variabel bebas (*independent variable*) terhadap variabel tidak bebas (*dependent variable*), minimal ada dua buah variabel bebas. Secara sistematis regresi linier berganda dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$$

Dimana: Y = variabel yang diramalkan (*dependent variabel*)

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ = variabel yang diketahui (*independent variabel*)

$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ = koefisien regresi

untuk mencari nilai $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$ dapat digunakan beberapa cara yaitu:

- n Persamaan Normal

$$\sum Y = an + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + \dots + b_n \sum X_n$$

$$\sum X_1 Y = a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 + \dots + b_n \sum X_1 X_n$$

$$\sum X_2 Y = a \sum X_2 + b_1 \sum X_2 X_1 + b_2 \sum X_2^2 + \dots + b_n \sum X_2 X_n$$

$$\sum X_n Y = a \sum X_n + b_1 \sum X_n X_1 + b_2 \sum X_n X_2 + \dots + b_n \sum X_n^2$$

- Eliminasi Gauss :

$$\begin{pmatrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 & \dots & \sum X_n \\ \sum X_1 & \sum X_1^2 & \sum X_1 X_2 & \dots & \sum X_1 X_n \\ \sum X_2 & \sum X_2 X_1 & \sum X_2^2 & \dots & \sum X_2 X_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum X_n & \sum X_1 X_n & \sum X_2 X_n & \dots & \sum X_n^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum Y \\ \sum Y.X_1 \\ \sum Y.X_2 \\ \dots \\ \sum Y.X_n \end{pmatrix}$$

- Determinan

$$\begin{matrix} & \mathbf{R} & & \mathbf{O} & & \mathbf{M} \end{matrix}$$

$$\begin{pmatrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 \\ \sum X_1 & \sum X_1^2 & \sum X_1 X_2 \\ \sum X_2 & \sum X_2 X_1 & \sum X_2^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum Y \\ \sum Y.X_1 \\ \sum Y.X_2 \end{pmatrix}$$

$$a = \frac{a^{-1}}{R^{-1}}, \quad b_1 = \frac{b_1^{-1}}{R^{-1}}, \quad b_2 = \frac{b_2^{-1}}{R^{-1}}$$

Dimana:

R^{-1} = determinan matriks R

$$b_1^{-1} = \text{determinan } b_1$$

$$b_2^{-1} = \text{determinan } b_2$$

2.19 Uji Beda

Uji beda dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil konfirmasi berbeda dengan hasil prediksi ataukah sama. Perumusan hipotesisnya adalah sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad \text{atau} \quad H_0 : \mu_1 = \mu_2 \quad (\text{tidak ada perbedaan})$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 > 0 \quad (\text{ada perbedaan, } \mu_1 > \mu_2)$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 < 0 \quad (\text{ada perbedaan, } \mu_1 < \mu_2)$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad (\mu_1 \text{ tidak sama dengan } \mu_2 \text{ atau } \mu_1 \text{ berbeda dari } \mu_2)$$

a) $n > 30$ (sampel besar)

$$Z_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}}, \quad \sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

Dimana apabila σ_1^2 dan σ_2^2 tidak diketahui, dapat di estimasikan dengan :

$$s_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum x_{i1}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum x_{i2}$$

$$S_1^2 = \frac{1}{n_1 - 1} \sum (x_{i1} - \bar{x}_1)^2$$

$$S_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum (x_{i2} - \bar{x}_2)^2$$

b) $n \leq 30$ (sampel kecil)

$$t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

t_0 mempunyai distribusi t dengan derajat kebebasan sebesar $n_1 + n_2 - 2$

2.20 ANALISIS SENSITIVITAS

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui perubahan keputusan kombinasi eksperimen yang optimal berdasarkan bobot bilangan *crisp*. Bobot ini ditukar untuk mengetahui perubahan secara sensitif sejauh mana bobot dapat mengubah keputusan kombinasi eksperimen. Selain itu metoda ini juga dapat dilakukan dengan coba-coba (*try and error*) untuk mendapatkan bobot tersebut.

2.21 STANDAR KUALITAS

Standar kualitas menurut SNI 01-6235-2000 tentang arang kayu antara lain :

Tabel 2.4 Standar Arang Kayu

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Kadar air	%	Maksimum 8
2.	Bagian yang hilang pada pemanasan 90° C	%	Maksimum 15
3.	Kadar Abu	%	Maksimum 8
4.	Kalori	Kal/gr	Minimum 5000

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Langkah-langkah penelitian perlu disusun secara baik untuk mempermudah penyusunan laporan penelitian. Adapun Langkah-langkah dalam penelitian Rekayasa Pembuatan Briket Bioarang Dari *Daun dan Ranting Kering* dapat dipresentasikan sebagai gambar 3.1

3.2. Jenis dan Sumber Data

Data–data yang diperlukan untuk penelitian ini didapatkan dari produksi briket bioarang secara mandiri. Bahan baku dan bahan perekat kanji yang digunakan secara umum oleh pengrajin.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode yang diperlukan dalam pengumpulan data penelitian, yakni :

1. Penelitian Lapangan

Merupakan usaha pengumpulan data dan informasi secara intensif dan disertai dengan analisis dan pengujian atas semua data yang dikumpulkan.

2. Penelitian Literatur

Penelitian literatur merupakan upaya mengumpulkan data dari berbagai bacaan yang berguna bagi penyusunan landasan teori maupun bagi pendukung pembuatan Tugas Akhir. Penelitian Literatur dilakukan dengan cara:

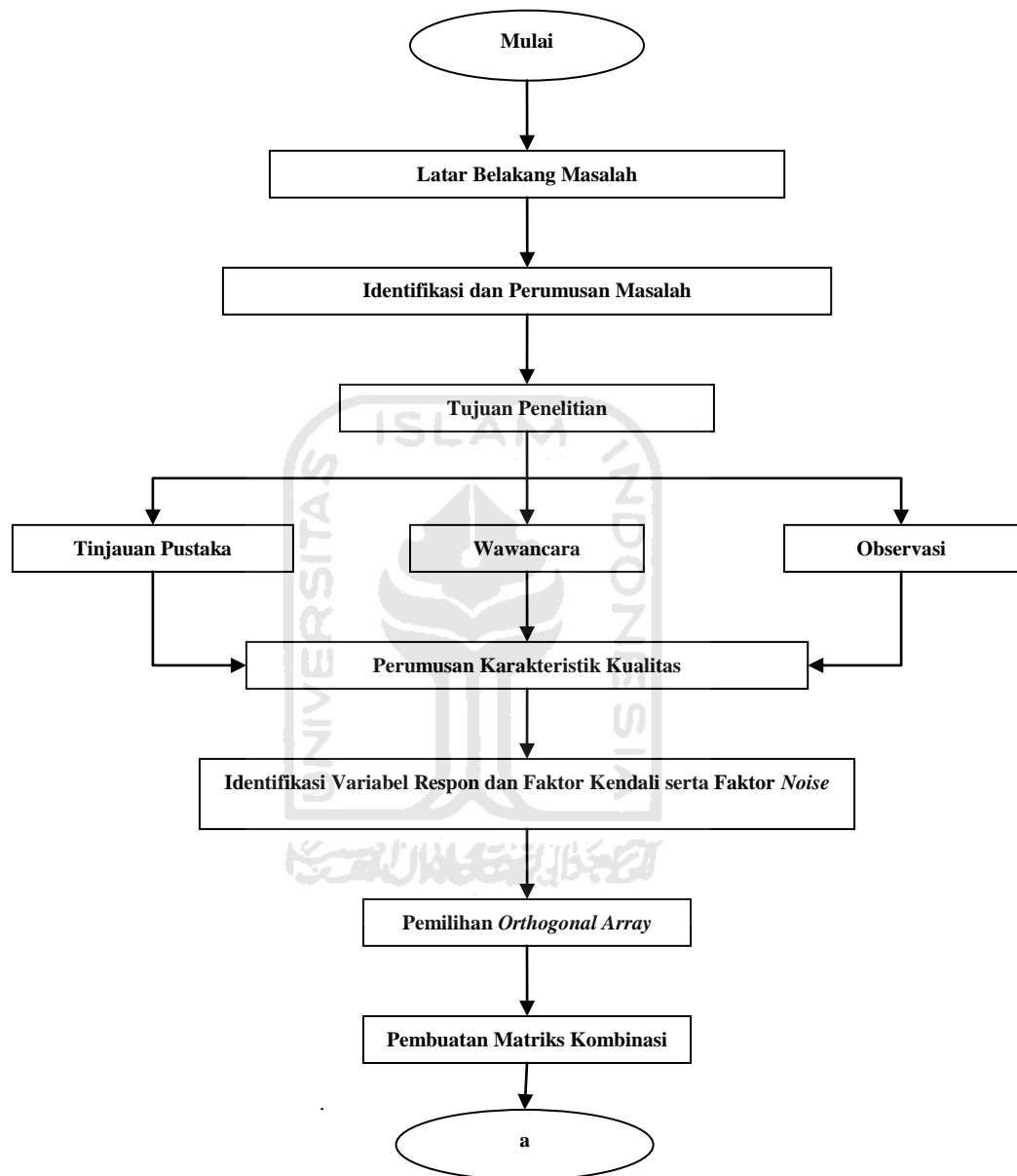
a. Studi Kepustakaan

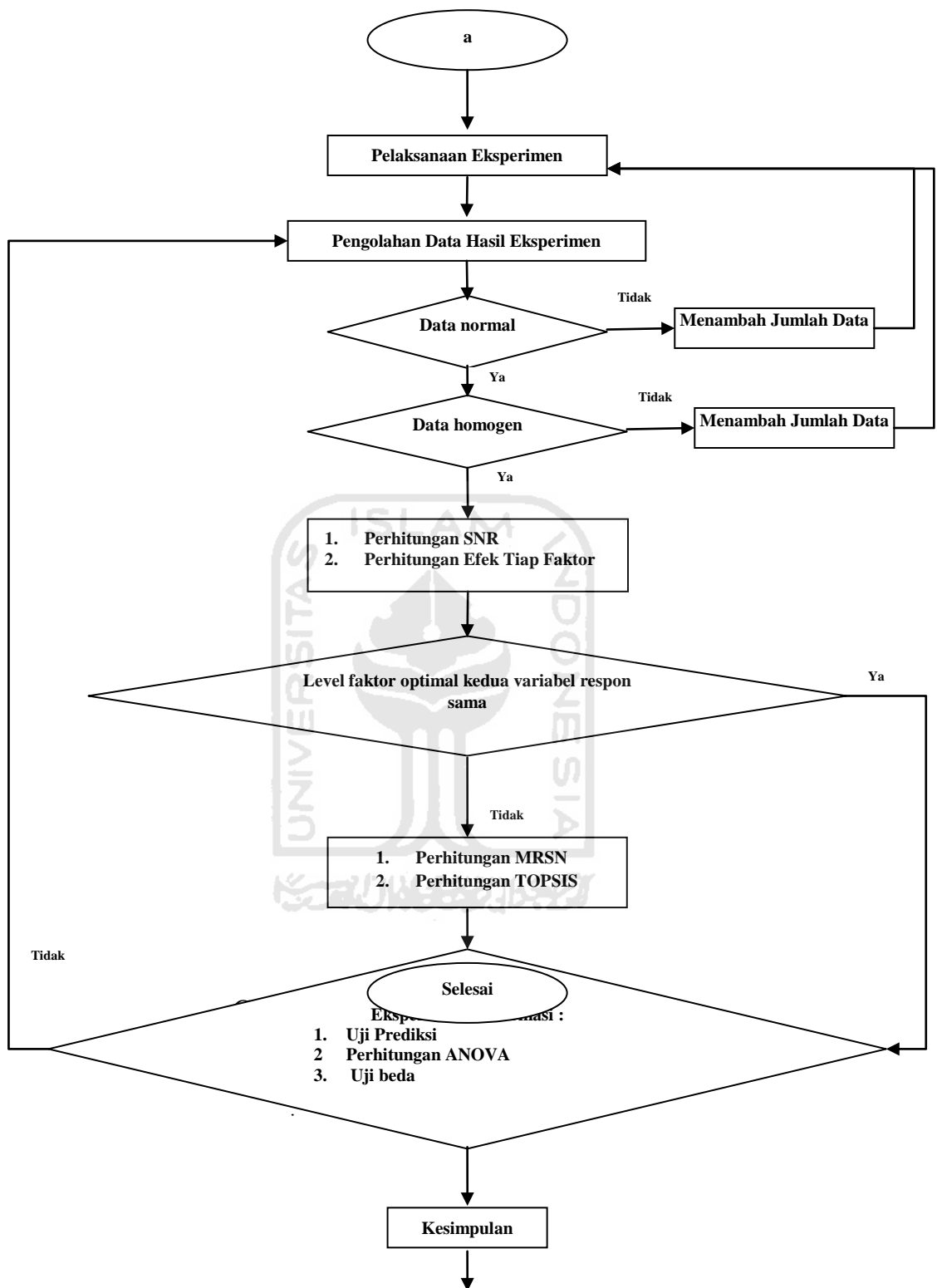
Yaitu penelitian yang dilakukan untuk memperoleh data dan informasi yang akan digunakan sebagai referensi sebagai landasan teori, sistematika penulisan, dan kerangka berfikir alamiah yang diambil dari literatur serta laporan–laporan sebelumnya yang mendukung terhadap penelitian yang dilakukan.



3.4 Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:





3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dasar, Jurusan Teknik Kimia FTI UII.

3.6 Peralatan Penelitian dan Langkah-langkah Pembuatan Briket

3.6.1 Peralatan Penelitian

1. Bahan Penelitian

1. *Ranting*
2. *Daun*
3. Larutan *tepung Kanji*

2. Peralatan Penelitian

1. Mesin Press Hidrolik
2. Oven
3. Bom Kalorimeter
4. Media cetak briket dengan ukuran diameter luar 4.5 cm dan tinggi 11 cm, diameter dalam briket 1.5 cm dan 11 cm
5. Timbangan digital
6. Lumpang dan alu
7. Saringan tepung
8. Tong pembakaran
9. Baskom 3 buah
10. Obeng

3.6.2 Langkah-langkah Pembuatan Briket

1. Persiapan Bahan Baku

Mengumpulkan *daun-daun* dan *ranting* yang terdapat disekitar rumah. *Daun-daunan* dan *ranting* yang sudah dikumpulkan dikeringkan dengan sinar matahari selama 3 jam. Ranting kemudian dipotong agar dapat masuk kedalam tong pembakaran.

2. Proses Pengarangan

Daun-daunan dan *ranting* dipisahkan antara satu dengan yang lainnya, untuk kemudian disusun dalam tong pembakaran. Dengan susunan bagian dasar tong diisi oleh *daun*, kemudian susunan selanjutnya terdapat *ranting* dan susunan paling atas diisi *daun*. Untuk menyalakan api, ditengah-tengah susunan bahan diberi lubang sampai menyentuh lapisan kerikil kemudian diisi kertas yang siap dibakar.

3. Penggilingan

Hasil pembakaran kemudian dipisahkan antara bahan yang sudah menjadi arang dan belum menjadi arang, kemudian bahan-bahan tersebut digiling sampai halus menggunakan lumpang dan alu. Langkah selanjutnya bahan-bahan tersebut disaring menggunakan saringan terigu.

4. Pencetakan dan Pengeringan

Pencetakan arang dilakukan dengan menggunakan alat pencetak dengan ukuran diameter 4.5 cm dan mempunyai tinggi 11 cm, kemudian ditekan dengan variasi tekanan yang berbeda. Sebelum ditekan bahan-bahan tersebut dicampur dengan *tepung kanji* yang sudah divariasikan beratnya. Setelah ditekan, briket kemudian dijemur/dioven.

3.7 Tahap Pengujian

3.7.1 Proses Pengujian Nilai Kalor

1. Timbangan contoh yang sudah dihaluskan kurang lebih 1 gram.
2. Memasang kawat nikel sepanjang 10 cm pada elektroda dan disentuhkan kepada cuplikan tanpa menyinggung mangkok pembakaran.
3. Isi gas oksigen kedalam bom, maksimum 30 atm.
4. Tutup control aliran gas, tunggu beberapa saat kemudian buang sisa oksigen dalam selang hingga regulator menunjukkan angka nol.
5. Mengisi *bucket* dengan air suling sebanyak ± 1.5 liter.
6. Letakan *bucket* dalam kalorimeter, masukan bom kedalam *bucket* hingga tepat kedudukannya lalu hubungkan terminal kabel pada bom.
7. Tutup kalorimeter, hubungkan alat pengaduk, tunggu 5 menit hingga suhu air suling dalam *bucket* tidak berubah.
8. Catat suhu awal pada termometer.
9. Tekan *ignition unit* hingga lampu indicator mati, lanjutkan menekan ± 5 menit.
10. Catat kenaikan suhu pada termometer.
11. Tunggu ± 3 menit lalu catat suhu akhir pada termometer.
12. Buka kalorimeter dan keluarkan bom. Buang sisa gas oksigen dari dalam bom hingga habis seluruhnya.
13. Bilas permukaan bom, pindahkan air dari *bucket* ke dalam Erlenmeyer.
14. Ukur sisa kawat nikel yang tidak terbakar.
15. Titrasi air dari *bucket* dengan larutan Na_2CO_3 dengan menggunakan indikator merah metal atau sindul metal.

(sni 01-6235, 2000)

Perhitungan untuk mencari nilai kalor sebagai berikut

$$t = tc - ta - r1(b - a) - r2(c - b)$$

$$w = \frac{6318 + c1 + c2}{t}$$

$$Hg = \frac{t \times w - e1 - e2}{m}$$

Dimana : a = waktu pembakaran

b = waktu yang diperlukan untuk mencapai 60% pembakaran total
(diperoleh dengan interpolasi (menit))

c = waktu ditunjuk saat tidak ada perubahan suhu setelah proses
pembakaran (menit)

t = temperatur yang terkoreksi berdasarkan kenaikan suhu 10.7 °C

ta = temperatur pada saat pembakaran (°C)

tc = temperatur pada saat mencapai waktu c (°C)

r1 = temperatur rata-rata tiap menit sebelum terjadi pembakaran
(°C/menit)

r2 = temperatur rata-rata tiap menit setelah terjadi pembakaran
(°C/menit)

e1 = standar larutan alkali yang digunakan pada titrasi asam (ml)

e2 = sisa panjang kawat setelah pembakaran (cm)

m = selisih berat sampel uji sebelum dan sesudah pengujian (gram)

w = ekuivalen energi calorimeter dari pembakaran asam benzoate
(kal/°C)

Hg = nilai kalor (kal/gram)

3.7.2 Proses Pengujian Kadar Air

Satu gram contoh ditimbang dalam cawan porselin yang telah diketahui bobot tetapnya. Dikeringkan dalam oven pada suhu $(103\pm 2)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya konstan. Kemudian dimasukkan kedalam eksikator selama 1 jam dan ditimbang. Perhitungan untuk mencari nilai kadar air sebagai berikut (sni 01-6235, 2000):

$$\text{KadarAir} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\%$$

Dimana : $W1$ = Berat contoh briket mula-mula

$W2$ = Berat contoh briket setelah dikeringkan

3.8 Perancangan Eksperimen

Perancangan eksperimen merupakan penyediaan informasi yang dibutuhkan untuk melakukan eksperimen. Tahap-tahap yang dilakukan pada perancangan eksperimen adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan karakteristik kualitas produk yang akan diteliti.
2. Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas.
3. Penentuan faktor-faktor kendali dan faktor *noise* serta penentuan level faktor.
4. Pemilihan matriks Orthogonal untuk faktor kendali (*Inner Array*) dan faktor tak terkendali (*Outter Array*).
5. Penentuan matrik kombinasi (*Product Array*).

3.9 Pelaksanaan Eksperimen

Pada tahap ini merupakan tahap pengumpulan data hasil eksperimen dari rancangan parameter. Pelaksanaan eksperimen dilakukan melalui 2 tahap sebagai berikut:

1. Persiapan
2. Proses pembuatan briket

3.10 Analisis Hasil Eksperimen

Dalam tahap pengolahan data dilakukan penganalisaan hasil eksperimen secara statistik. Prosedur analisis hasil eksperimen dapat dijelaskan sebagai berikut :

Tahap – tahap analisis hasil eksperimen yaitu :

1. Uji Normalitas Data
2. Uji Homogenitas Variansi
3. Analisis Variansi (ANOVA)
4. Menghitung nilai *signal to noise ratio* (SNR) hasil eksperimen berdasarkan karakteristik mutu tujuan
5. Menghitung efek tiap faktor
6. Menghitung Level Faktor Optimal Menggunakan *Multi-Response Signal to Noise* (MRSN)
7. Menghitung Level Faktor Optimal Menggunakan *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)
8. Melaksanakan eksperimen konfirmasi
9. Melaksanakan uji beda

3.10.1 Uji Normalitas

Uji kebaikan sesuai antara frekuensi yang teramati dengan frekuensi harapan:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

χ^2 merupakan sebuah nilai peubah acak yang contoh sebaran penarikannya menghampiri sebaran Chi-kuadrat.

O_i = frekuensi teramati

E_i = frekuensi harapan bagi sel ke- i

3.10.2 Uji Homogenitas Variansi

Salah satu cara untuk menguji homogenitas k buah ($k \geq 2$) variansi populasi yang berdistribusi normal adalah dengan uji Bartlete:

$$\chi^2 = (\ln 10) (B - (n_i - 1) \log (S_i^2))$$

$$\ln 10 = 2,306$$

$$B = (\log S^2) \times (n_i - 1)$$

$$S^2 = \frac{\sum (n_i - 1) S_i^2}{\sum (n_i - 1)}$$

S^2 = variansi gabungan dari semua sample dengan taraf nyata α , hipotesis H_0 ditolak jika $\chi^2_{hit} \geq \chi^2_{(1-\alpha)(dk)}$, dimana $\chi^2_{(1-\alpha)(dk)}$ didapat dari tabel distribusi Chi-kuadrat dengan tingkat kepercayaan $(1-\alpha)$ dan $(dk) = k-1$.

3.10.3 Menghitung *Signal to Noise Ratio* (S/N ratio)

S/N ratio adalah logaritma dari suatu fungsi kerugian kuadratik dan digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu produk. Ada beberapa jenis S/N rasio, yaitu:

1. *Smaller-the-Better* (STB)

$$SNR_{STB} = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

dengan :

n = jumlah percobaan (*trial*)

y_i = nilai respon dari cuplikan ke – i untuk jenis eksperimen tertentu

2. *Larger-the-Better* (LTB)

$$SNR_{LTB} = -\text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2)$$

3. *Nominal-the-Best* (NTB)

$$SNR_{NTB} = 10 \log \left[\frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (3)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n - 1} \quad (4)$$

dengan :

n = jumlah tes di dalam percobaan (*trial*)

y_i = nilai respon dari tiap replikasi.

3.10.4 *Multi Respon Signal To Noise* (MRSN)

Langkah-langkah yang sistematis dalam melakukan eksperimen multi respon dengan menggunakan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN) terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

1. Menghitung *quality loss* (L_{ij}) untuk setiap trial. Untuk karakteristik kualitas:

Larger-the-better

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} \frac{1}{y^2_{ijk}} \quad (5)$$

Nominal-the-best

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (y_{ijk} - m)^2 \quad (6)$$

Smaller-the-better

$$L_{ij} = k \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} y^2_{ijk} \quad (7)$$

dengan :

y_{ijk} = data untuk respon ke-i, trial ke-j, replikasi ke-k ;

m = nilai target

n_i = replikasi untuk respon ke-i ;

k = koefisien dari *quality loss*

2. Menentukan *Multi Respon Signal to Noise Ratio* (MRSN).
 - a. Menentukan *quality loss* maksimum untuk tiap respon.
 - b. Normalisasi *quality loss* (C_{ij}) tiap eksperimen.

$$C_{ij} = \frac{L_{ij}}{L_i^*} \quad (8)$$

dengan $L_i^* = \max \{L_{i1}, L_{i2}, \dots, L_{ij}\}$

- c. Menghitung *total normalized quality loss* (TNQL) setiap eksperimen :

$$TNQL_i = \sum_{i=1}^m w_i C_{ij} \quad (9)$$

dengan : w_i = bobot dari normalisasi respon ke-i

- d. Menghitung MRSN rasio setiap eksperimen.

$$MRSN_j = -10\log(TNQL_j) \quad (10)$$

Menentukan kombinasi level faktor yang optimal berdasarkan nilai MRSN terbesar.

3.10.5 TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*)

Langkah 1 : Langkah ini melibatkan matriks berdasarkan semua informasi yang tersedia yang menggambarkan atribut bahan dan disebut matriks keputusan. Setiap baris dari matriks ini dialokasikan untuk salah satu alternatif dan kolom masing-masing untuk satu atribut. Matriks keputusan dapat dinyatakan sebagai :

$$D = \begin{matrix} & \begin{matrix} X_1 & X_2 & \dots & X_j & X_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1j} & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2j} & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{ij} & x_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mj} & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (11)$$

Dimana, A_i mewakili kemungkinan alternatif, $i = 1, 2, \dots, m$, X_j , menunjukkan atribut yang berkaitan dengan kinerja alternatif, $j = 1, 2, \dots, n$ dan x_{ij} adalah kinerja A_i terhadap atribut X_j .

Langkah 2 : Mendapatkan keputusan normalisasi matriks rij. Hal ini dapat direpresentasikan sebagai :

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (12)$$

Dimana, rij mewakili kinerja normalisasi A_i sehubungan dengan atribut X_j .

Langkah 3 : Asumsikan bahwa berat masing-masing atribut adalah $\{w_i \mid i = 1, 2, \dots, n\}$, menormalkan keputusan tertimbang matriks $V = [V_{ij}]$ dapat ditemukan sebagai :

$$V_{ij} = w_{ij} r_{ij} \quad (13)$$

Langkah 4 : Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif & matriks solusi ideal negatif;

$$A^+ = \{(\max V_{ij} \mid j \in J), (\min V_{ij} \mid j \in J' \mid i = 1, 2, \dots, m)\} \\ = \{V_1^+, V_2^+, \dots, V_j^+, \dots, V_n^+\} \quad (14)$$

$$A^- = \{(\min V_{ij} \mid j \in J), (\max V_{ij} \mid j \in J' \mid i = 1, 2, \dots, m)\} \\ = \{V_1^-, V_2^-, \dots, V_j^-, \dots, V_n^-\} \quad (15)$$

$J = \{j = 1, 2, \dots, n \mid j\}$:terkait dengan atribut keuntungan

$J' = \{j = 1, 2, \dots, n \mid j\}$:terkait dengan atribut biaya

Langkah 5 : Tentukan langkah-langkah jarak. Pemisahan dari setiap alternatif dari yang ideal adalah yang diberikan oleh n-dimensi jarak Euclidean dari persamaan berikut:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

Langkah 6 : kedekatan alternatif tertentu untuk solusi ideal dinyatakan dalam langkah sebagai berikut:

$$\dots\dots C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, i = 1, 2, \dots, m; 0 \leq C_i^+ \leq 1 \quad (18)$$

Langkah 7 : Satu set alternatif dibuat dalam urutan sesuai dengan nilai preferensi yang menunjukkan solusi layak yang paling disukai dan paling disukai.

Nilai V_i (nilai TOPSIS) yang **lebih besar** menunjukkan bahwa alternatif A_i lebih dipilih.



3.10.6 Menghitung ANOVA

1. Menghitung harga *sum of square* (SS) atau jumlah kuadrat (JK) yang meliputi :

- a. Total sum of square (SST) atau jumlah kuadrat total

$$SS_T = [\sum_{i=1}^N Y_i^2] - T^2/N$$

$$\text{Dengan } T = \sum_{i=1}^N Y_i$$

Dimana :

Y_i = nilai respon (data pengamatan) ke- i

T = nilai total respon

N = jumlah pengamatan

- b. Sum of square atau jumlah kuadrat untuk suatu faktor, misalnya faktor A

$$SS_A = \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{\bar{T}^2}{N}$$

- c. Sum of square atau jumlah kuadrat error (SSE)

$$SSE = SST - SS_{\text{faktor}}$$

2. Menghitung *degree of freedom* (df) atau derajat bebas

- a. *degree of freedom* total (df_T), dirumuskan dengan :

$$Df_T = N - 1$$

- b. *degree of freedom* suatu faktor, dirumuskan dengan :

$$Df_A = k_A - 1$$

- c. *degree of freedom error* (dfe), dirumuskan dengan :

$$dfe = df_T - df_{\text{faktor}}$$

3. Menghitung *mean of square* (Mq) suatu faktor

$$Mq_A = \frac{SSA}{df_A}$$

4. Menghitung F ratio suatu faktor

$$F_{ratio} = \frac{Mq}{Mq\epsilon}$$

5. Menghitung *pure of square* (SS') suatu faktor

$$SS' = SS - (df \times Mq\epsilon)$$

6. Menghitung persen kontribusi (P) suatu faktor

$$P = \left(\frac{SS'}{SST} \right) \times 100\%$$

3.10.7 Menghitung efek tiap faktor

Perhitungan efek tiap faktor dapat dilakukan terhadap rerata maupun terhadap nilai SNR, dengan menggunakan rumus :

Efek faktor terhadap nilai SNR

$$\text{Efek faktor} = \frac{1}{a} (\sum \eta_o)$$

Keterangan :

o = nomor eksperimen yang akan mempunyai i level yang sama.

a = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matrik orthogonal

η = SNR yang digunakan.

3.10.8 Melaksanakan Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi dilakukan untuk mengevaluasi apakah rancangan usulan yang didapat mampu untuk memperbaiki kualitas Nilai Kalor dan Kadar Air briket bioarang. Jika hasil rancangan usulan berhasil meningkatkan kualitas Nilai Kalor dan Kadar Air maka usulan tersebut dapat digunakan.

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan SNR pada kondisi optimum untuk mendapatkan μ prediksi. Kemudian hasil prediksi tersebut dibandingkan dengan eksperimen konfirmasi. Adapun langkah-langkah μ prediksi adalah sebagai berikut:

- a. μ prediksi = estimasi nilai SNR yang optimum .
- b. menghitung selang kepercayaan CI (*confidence interval*)

$$CI = \pm Cl = \pm \sqrt{F_{(\alpha;v1:v2)} \times MS_E \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right]}$$

Dimana : $F_{(\alpha;v1:v2)}$ = F tabel dengan nilai α (tingkat kepercayaan) dan derajat kebebasan 1 dan derajat kebebasan 2.

MS_E = Rata-rata untuk *error* di tabel ANOVA

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

Setelah diperoleh CI, maka dibuat persamaan uji hipotesisnya, yaitu:

$$\mu_{\text{prediksi}} - Cl \leq \mu_{\text{prediksi}} \leq \mu_{\text{prediksi}} + Cl$$

- c. Menghitung SNR data hasil eksperimen prediksi

$$SNR = -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} Y_i^2 \right]$$

- d. Kesimpulan

Jika nilai SNR data hasil eksperimen prediksi masih berada dalam batas *confidence interval* (CI) maka dapat disimpulkan bahwa SNR hasil eksperimen sesuai dengan eksperimen prediksi. Begitu pula sebaliknya.

3.10.9 Melaksanakan Uji Beda

Uji beda dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan hasil konfirmasi dengan hasil prediksi. Berikut adalah rumus untuk pengujian beda :

$$t_{hitung} = \frac{(\bar{x} - \mu)}{(\sigma / \sqrt{n})}$$

Setelah diperoleh nilai t_{hitung} , maka persamaan uji hipotesisnya adalah :

$$-t_{tabel} \leq t_{hitung} \leq t_{tabel}$$

3.11 Pengolahan Data dan Analisis Hasil

Data-data yang sudah terkumpul kemudian diolah dengan menggunakan perhitungan secara matematis sesuai dengan model yang akan digunakan kemudian dianalisa dengan metode Taguchi MRSN dan TOPSIS dari pengolahan dan analisis data ini kemudian hasil yang diperoleh dipilih yang terbaik kemudian disimpulkan menjadi kesimpulan penelitian.

3.12 Hasil Penelitian

Hasil penelitian yang diperoleh dari pengolahan dan analisis data kemudian didiskusikan untuk mengetahui kemungkinan kekurangan atau kelebihan dari hasil penelitian sehingga dapat dibuat suatu rekomendasi terhadap hasil penelitian ini.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Penelitian diharapkan untuk menghasilkan produk briket bioarang dari daun dan ranting kering yang berkualitas supaya dapat bersaing di pasar lokal dengan biaya yang terjangkau dan kualitas yang baik.

4.1 Perencanaan Eksperimen

1. Pemilihan Optimasi kualitas Briket Bioarang yang akan diteliti adalah:
Ciri-ciri kualitas Kualitas Briket Bioarang yang baik terdiri dari dua (2) parameter, yaitu Nilai Kalori dan Kadar Air.
 - a. Nilai Kalori, yaitu banyaknya kalori yang dihasilkan oleh briket tiap satuan berat (sukandarrumidi, 2008). Nilai kalori mempunyai karakteristik semakin tinggi akan semakin baik (*larger-the-Better*). Nilai kalori dalam penelitian ini menggunakan satuan kalori/gram.
 - b. Kadar Air yaitu banyaknya air yang terkandung dalam briket yang dapat mengurangi temperatur pembakaran (sukandarrumidi, 2008). Kadar Air juga memiliki kualitas target dimana nilai Kadar Air semakin mendekati 0 maka akan semakin baik (*Smaller-the-better*). Kadar Air dalam penelitian ini menggunakan satuan persen (%).

2. Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas Briket Bioarang dari *daun* dan *ranting kering*. Faktor-faktor yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah :
 - a. *Tekanan kempa* berpengaruh terhadap tingkat kualitas briket bioarang yang dihasilkan. Pembebanan berpengaruh terhadap nilai kalori, dimana nilai kalori menjadi meningkat jika pembebanan tinggi dan kadar air semakin menurun. Terdapat 2 level faktor yaitu 30 kg/cm² dan 50 kg/cm².
 - b. Penelitian ini menggunakan bahan *daun* dan *ranting*.
 - c. *Perbandingan perekat* menunjukkan pengaruh jumlah konsentrasi *bahan perekat* terhadap berat bahan arang dan semakin tinggi jumlah konsentrasi *bahan perekat* maka akan semakin tinggi kadar air pada briket. Terdapat 2 level faktor perbandingan bahan : perekat yaitu 2:1 dan 4:1.
 - d. Keadaan bahan yang terbakar didalam tungku tidak dapat dikendalikan. Terdapat 2 level yaitu keadaan bahan menjadi *arang* dan keadaan bahan *tidak jadi arang*.
3. Penentuan faktor-faktor kendali dan faktor *noise* serta penentuan level faktor.
 - a. Penentuan faktor-faktor kendali dan faktor *noise*

Pada tahap ini ditentukan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas produk berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan. Faktor-faktor tersebut dibedakan menjadi dua macam yaitu faktor kendali dan faktor tak terkendali (*noise factors*).

Faktor kendali yang dilibatkan dalam eksperimen ini adalah :

1. *Tekanan Kempa*
2. *Bahan Arang*
3. *Konsentrasi bahan perekat*

Faktor *noise* yang dilibatkan dalam eksperimen ini adalah :

1. *Keadaan bahan dalam tungku*

b. Pada tahap ini untuk faktor kendali dan faktor *noise* dibuat 2 level.

Berikut adalah tabel yang menunjukkan faktor kendali dan levelnya dan faktor tidak terkendali dan levelnya, adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Faktor Kendali dan Levelnya

No.	Faktor Kendali	Lv.1	Lv.2
A	Tekanan Kempa	30 kg/cm ²	50 kg/cm ²
B	Bahan Briket	Daun-daunan	Ranting
C	Perbandingan Perekat	2:1	4:1

Tabel 4.2 Faktor *Noise* dan Levelnya

No.	Faktor Noise	Lv.1	Lv.2
D	Keadaan Bahan	Arang	Tidak jadi arang

4. Cara pemilihan matriks orthogonal adalah sebagai berikut :

a. Jumlah derajat bebas (db) minimum yang diperlukan oleh inner array :

Jumlah db (A,B,C) = (nA-1) + (nB-1) + (nC-1), dimana n = jumlah level =

2 untuk masing-masing faktor (3), sehingga jumlah db_{if} = 3 x (2-1) = 3,

maka array orthogonal yang terpilih adalah L_4 karena $db_{OA} \geq db_{if}$, dengan $db_{OA} = 4 - 1 = 3$, sedang $db_{if} = 3$, maka berlaku hubungan $db_{OA} \geq db_{if} = 3 \geq 3$

b. Jumlah derajat bebas (db) minimum yang diperlukan oleh outer array :

Jumlah $db_{if}(1, J) = (n_1 - 1) + (n_J - 1)$, dimana $n =$ jumlah level = 2 untuk masing-masing faktor (1), sehingga jumlah $db_{if} = 1 \times (2 - 1) = 1$, maka array orthogonal yang terpilih adalah L_4 karena $db_{OA} \geq db_{if}$, dengan $db_{OA} = 4 - 1 = 3$, sedang $db_{if} = 1$, maka berlaku hubungan $db_{OA} \geq db_{if} = 3 \geq 1$ berikut ini adalah matriks dasar L_4 yang digunakan untuk menugaskan faktor-faktor kendali :

Tabel 4.3. *Orthogonal Array* L_4 Standar

Trial	Columns		
No	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Karena dalam penelitian ini hanya ada 3 faktor kendali dan ketiga faktor tersebut tidak ada interaksi sehingga dapat dibuat matriks kombinasi sebagai berikut:

Tabel 4.4. Matriks Kombinasi Outer & Inner Array

				L ₄ OA (OUTER ARRAY)			
				D			
L ₄ IA (INNERARRAY)				1		2	
A B C				Data Percobaan			
Column Number							
Ex	1	2	3	Y1		Y2	
1	1	1	1	Y.1.1	Y.1.2	Y.1.1	Y.1.2
2	1	2	2	Y.2.1	Y.2.2	Y.2.1	Y.2.2
3	2	1	2	Y.3.1	Y.3.2	Y.3.1	Y.3.2
4	2	2	1	Y.4.1	Y.4.2	Y.4.1	Y.4.2

Matriks *orthogonal* yang digunakan untuk menugaskan faktor *noise* adalah L₄

Tabel 4.5. *Orthogonal Array* L₄ Standar

Trial No	Columns		
	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

4.1.2 Pelaksanaan Eksperimen

4.1.2.1 Tahap Pembuatan Briket

5. Persiapan Bahan Baku

Mengumpulkan *daun-daun* dan *ranting* yang terdapat disekitar rumah. *Daun-daunan* dan *ranting* yang sudah dikumpulkan dikeringkan dengan sinar matahari selama 3 jam. *Ranting* kemudian dipotong agar dapat masuk kedalam tungku pembakaran.

6. Proses Pengarangan

Daun-daunan dan *ranting* dipisahkan antara satu dengan yang lainnya, untuk kemudian disusun dalam tong pembakaran. Dengan susunan bagian dasar tong diisi oleh *daun*, kemudian susunan selanjutnya terdapat *ranting* dan susunan paling atas diisi *daun*. Untuk menyalakan api ditengah-tengah susunan bahan diberi lubang sampai menyentuh lapisan kerikil kemudian diisi kertas yang siap dibakar.

7. Penggilingan

Hasil pembakaran kemudian dipisahkan antara bahan yang sudah menjadi *arang* dan *belum menjadi arang*, kemudian bahan-bahan tersebut digiling sampai halus menggunakan lumpang dan alu. Langkah selanjutnya bahan-bahan tersebut disaring menggunakan saringan terigu.

8. Pencetakan dan Pengeringan

Pencetakan arang dilakukan dengan menggunakan alat pencetak dengan ukuran diameter 4.5 cm dan mempunyai tinggi 11 cm, kemudian ditekan dengan variasi tekanan yang berbeda. Sebelum ditekan bahan-bahan tersebut dicampur dengan *tepung kanji* yang sudah divariasikan beratnya. Briket kemudian dijemur/dioven.

9. Quality control

Pada Penelitian ini untuk mengidentifikasi nilai kalor dan besarnya kadar air dilakukan pengukuran setelah produk selesai dari cetakan. Untuk mengidentifikasi berat kadar air menggunakan rumus kadar air. Sedangkan

nilai kalor dilakukan dengan mengukur nilai kalor briket bioarang dengan menggunakan alat bom kalorimeter. Pengukuran ini dilakukan di laboratorium Fakultas Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM.

4.2 Perancangan Eksperimen

Untuk mengidentifikasi ketiga respon diatas dilakukan eksperimen dengan menggunakan L₄ untuk *inner array* dan L₄ untuk *outer array*.

Tabel 4.6 Data Hasil Eksperimen Variabel Respon Nilai Kalor (kalori/gram)

				L ₄ OA (OUTER ARRAY)			
				D			
				1		2	
L ₄ IA (INNERARRAY)				Data Percobaan			
Column Number							
Ex	1	2	3	Y1		Y2	
1	1	1	1	3518,53	3755,47	3502,21	3498,64
2	1	2	2	5110,49	4974,56	4160,63	4429,89
3	2	1	2	3412,16	3568,65	3614,56	3429,49
4	2	2	1	5051,89	4879,37	4205,06	4683,08

Tabel 4.7. Data Hasil Eksperimen Variabel Respon Kadar Air (%)

				L ₄ OA (OUTER ARRAY)			
				D			
				1		2	
L ₄ IA (INNERARRAY)				Data Percobaan			
Column Number							
Ex	1	2	3	Y1		Y2	
1	1	1	1	9,74	8,88	11,27	10,68
2	1	2	2	7,38	7,54	8,29	8,37
3	2	1	2	8,73	9,25	10,89	10,96
4	2	2	1	8,24	8,19	9,01	9,12

4.3 PENGOLAHAN DATA

Berikut adalah langkah-langkah dalam pengolahan data penelitian ini :

4.3.1 Uji Normalitas Data

Langkah-langkah uji normalitas data

a. Menentukan Hipotesis

H_0 : data berdistribusi normal (χ^2 hit $\leq \chi^2$ tabel)

H_1 : data tidak berdistribusi normal (χ^2 hit $> \chi^2$ tabel)

. Membuat daftar distribusi frekuensi dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan rentang (R), dengan rumus :

Rentang untuk nilai kalor :

$R = \text{data tertinggi} - \text{data terendah}$

$R = 5110,49 - 3412,16$

$R = 1698,33$

Rentang untuk *kadar air* :

$R = \text{data tertinggi} - \text{data terendah}$

$R = 11,27 - 7,38$

$R = 3,89$

2. Menentukan jumlah kelas interval dengan aturan *Sturges*, yaitu:

$k = 1 + 3,32 \log n$

$= 1 + 3,32 \log (16)$

$= 4,99 \approx 5$

3. Menentukan panjang kelas interval p, dengan rumus :

Interval kelas untuk nilai kalor :

$P = R/k$

$$P = 1698,33/5$$

$$P = 339,66$$

Interval kelas untuk *kadar air* :

$$P = R/k$$

$$P = 3,89/5$$

$$P = 0,778$$

4. Menyusun tabel distribusi frekuensi

Tabel 4.8 Distribusi Frekuensi untuk Nilai Kalor

No	Batas kelas			Frek. kum	Frekuensi
1	3412,16	-	3751,82	7	7
2	3751,83	-	4091,49	8	1
3	4091,50	-	4431,16	11	3
4	4431,17	-	4770,83	12	1
5	4770,84	-	5110,50	16	4
Total data				16	

Tabel 4.9 Distribusi Frekuensi untuk Kadar Air

No	Batas Kelas			Frek. kum	Frekuensi
1	7,38	-	8,158	2	2
2	8,159	-	8,937	6	8
3	8,938	-	9,716	3	11
4	9,717	-	10,495	1	12
5	10,496	-	11,27	4	16
Total data				16	

b. perhitungan nilai rata-rata (\bar{x}) dan simpangan baku

1. Nilai rata-rata (*mean*)

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Untuk Nilai Kalor :

$$\bar{x} = \frac{3518,53 + 3755,47 + \dots + 4683,08}{16} = 4112,17$$

Untuk Kadar Air :

$$\bar{x} = \frac{9,74 + 8,88 + \dots + 9,12}{16} = 9,15875$$

2. Simpangan baku (*standar deviation*)

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Untuk Nilai Kalor :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(3518,53 - 4112,17)^2 + \dots + (4683,08 - 4112,17)^2}{16-1}} = 652,0276$$

Untuk Kadar Air :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(9,74 - 9,15875)^2 + \dots + (9,12 - 9,15875)^2}{16-1}} = 1,22715$$

Tabel 4.10 Tabel Data Frekuensi Kadar Air

No	Batas Kelas			Observation freq (O _i)	Center point (X _i)	X _i ²	O _i x X _i	O _i x X _i ²
1	7,38	-	8,158	2	7,769	60,357	15,538	120,715

Tabel 4.10 Lanjutan

No	Batas Kelas			Observation freq (O _i)	Center point (X _i)	X _i ²	O _i x X _i	O _i x X _i ²
2	8,159	-	8,937	6	8,548	73,068	51,288	438,410
3	8,938	-	9,716	3	9,327	86,993	27,981	260,979
4	9,717	-	10,495	1	10,106	102,131	10,106	102,131
5	10,496	-	11,27	4	10,885	118,483	43,540	473,933
Total				16		441,033	148,453	1396,167

Tabel 4.11 Tabel Data Frekuensi Nilai Kalor

No	Batas Kelas			Observation freq (O _i)	Center point (X _i)	X _i ²	O _i x X _i	O _i x X _i ²
1	3.412,16	-	3.751,82	7	3.581,99	12.830.652,360	25.073,93	89.814.566,521
2	3.751,83	-	4.091,49	1	3.921,66	15.379.417,156	3.921,66	15.379.417,156
3	4.091,50	-	4.431,16	3	4.261,33	18.158.933,369	12.783,99	54.476.800,107
4	4.431,17	-	4.770,83	1	4.601	21.169.201	4.601	21.169.201
5	4.770,84	-	5.110,50	4	4.940,67	24.410.220,049	19.762,68	97.640.880,196
Total				16		91.948.423,934	66.143,26	278.480.864,979

c. Menentukan Frekuensi Harapan

$$Z_x = \frac{x - \bar{x}}{\sigma}$$

Contoh perhitungan Nilai Kalor:

$$Z_{b1} = \frac{3412,11 - 4112,17}{652,0276} = -1,0736$$

$$Z_{a1} = \frac{3751,87 - 4112,17}{652,0276} = -0,5525$$

Setelah itu dicari nilai $P(Z < Z_b)$ dan $P(Z < Z_a)$ dengan menggunakan tabel distribusi normal.

Untuk kelas kedua frekuensi harapan didapat dari perhitungan :

$$e_i = (0,2877 - 0,1401) \times 16 = 2,3616$$

Data perhitungan selengkapnya ada pada tabel berikut :

Tabel 4.12 Daftar Penolong Uji Normalitas Data Nilai Kalor

No	Batas Kelas		$Z_{bwh} (Z_b)$	$Z_{ats} (Z_a)$	$P(Z < Z_b)$	$P(Z < Z_a)$	$P(Z < Z_a) - P(Z < Z_b)$	Freks. Observasi (O_i)	Freks. Harapan (e_i)	
1	3412,11	-	3751,87	-1,0736	-0,5525	0,1401	0,2877	0,1476	7	2,3616
2	3751,78	-	4091,54	-0,5527	-0,03164	0,2877	0,484	0,1963	1	3,1408
3	4091,55	-	4431,21	-0,03162	0,4893	0,484	0,6808	0,1968	3	3,1488
4	4431,12	-	4770,88	0,4891	1,01024	0,6808	0,8413	0,1605	1	2,568
5	4770,79	-	5110,55	1,01011	1,531	0,8413	0,9357	0,0944	4	1,5104
Total								16	12,7296	

Contoh perhitungan *Kadar Air*:

$$Z_{b1} = \frac{7,375 - 9,15875}{1,22715} = -1,45357$$

$$Z_{a1} = \frac{8,163 - 9,15875}{1,22715} = -0,81143$$

Setelah itu dicari nilai $P(Z < Z_b)$ dan $P(Z < Z_a)$ dengan menggunakan tabel distribusi normal.

Untuk kelas kedua frekuensi harapan didapat dari perhitungan :

$$e_i = (0,2090 - 0,0735) \times 16 = 2,1680$$

Data perhitungan selengkapnya ada pada tabel berikut :

Tabel 4.13 Daftar Penolong Uji Normalitas Data Kadar Air

No	Batas Kelas		$Z_{bwh} (Z_b)$	$Z_{ats} (Z_a)$	$P(Z < Z_b)$	$P(Z < Z_a)$	$P(Z < Z_a) - P(Z < Z_b)$	Freks. Observasi (O _i)	Freks. Harapan (e _i)	
1	7,375	-	8,163	-1,45357	-0,81143	0,0735	0,2090	0,1355	2	2,1680
2	8,154	-	8,942	-0,81877	-0,17663	0,2061	0,4325	0,2264	6	3,6224
3	8,933	-	9,721	-0,18396	0,458175	0,4286	0,6772	0,2486	3	3,9776
4	9,712	-	10,500	0,450841	1,09298	0,6736	0,8621	0,1885	1	3,0160
5	10,491	-	11,275	1,085646	1,724524	0,8599	0,9573	0,0974	4	1,5584
Total								16	14,3424	

4.3.2 Uji Chi Kuadrat Hitung (χ^2_{hitung})

Untuk Nilai Kalor

Dari data Nilai Kalor di atas, terdapat dua (2) frekuensi observasi yang bernilai satu (1) sehingga perlu adanya penggabungan kelas dengan frekuensi diatas atau dibawahnya:

Tabel 4.14 Penentuan χ^2_{hitung} untuk respon Nilai Kalor

No	Batas Kelas		Freks. Observasi (O _i)	Freks. Harapan (e _i)	
1	3412,11	-	4091,54	8	5,5024
2	4091,55	-	4431,21	3	3,1488
3	4431,12	-	5110,55	5	4,0784

Penggabungan kelas 1 dan kelas 2 = 7+1 = 8

e_i gabungan kelas 1 dan kelas 2 = 2,3616+3,1408 = 5,5024

Penggabungan kelas 3 dan kelas 4 = 3+1 = 4

e_i gabungan kelas 3 dan kelas 4 = 3,1488+2,568 = 5,7168

Perhitungan Chi – kuadrat:

$$\chi^2_{hitung} = \sum \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$$

$$\chi^2_{hitung} = \frac{(8 - 5,5024)^2}{5,5024} + \frac{(4 - 5,7168)^2}{5,7168} + \frac{(4 - 1,5104)^2}{1,5104}$$

$$= 1,133688 + 0,007032 + 0,208255 = 1,348975$$

Hipotesis :

H_0 : Data hasil eksperimen Nilai Kalor berdistribusi normal

H_1 : Data hasil eksperimen Nilai Kalor tidak berdistribusi normal

Tingkat signifikansi : $\alpha = 5 \%$

Ketentuan pengujian χ^2_{hitung} , yaitu :

H_0 diterima apabila $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$

H_0 ditolak apabila $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$

Membandingkan nilai χ^2_{hitung} dengan χ^2_{tabel} .

$\alpha = 0,05$

$dk = k - 1 = 3 - 1 = 2$

$\chi^2_{tabel} = 5,991$

Karena $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$ yaitu $1,348975 \leq 5,991$ maka H_0 diterima artinya data hasil eksperimen Nilai Kalor berdistribusi normal.

Untuk Kadar Air

Dari data Kadar Air di atas, terdapat satu (1) frekuensi observasi yang bernilai satu (1) dan terdapat satu (1) frekuensi observasi yang bernilai dua (2)

sehingga perlu adanya penggabungan kelas dengan frekuensi diatas atau dibawahnya:

Tabel 4.15 Penentuan χ^2_{hitung} untuk respon Kadar Air

No	Batas Kelas		Freks. Observasi (O _i)	Freks. Harapan (e _i)
1	7,375	-	8,942	8
2	8,933	-	10,5	4
3	10,491	-	11,275	4

Penggabungan kelas 1 dan kelas 2 = 2+6 = 8

e_i gabungan kelas 1 dan kelas 2 = 2,168+3,6224 = 5,7904

Penggabungan kelas 3 dan kelas 4 = 3+1 = 4

e_i gabungan kelas 3 dan kelas 4 = 3,9776+3,016 = 6,9936

Perhitungan Chi – kuadrat:

$$\chi^2_{hitung} = \sum \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i}$$

$$\chi^2_{hitung} = \frac{(8 - 5,7904)^2}{5,7904} + \frac{(4 - 6,9936)^2}{6,9936} + \frac{(4 - 1,5584)^2}{1,5584}$$

$$= 0,843177 + 1,281406 + 3,82534 = 5,949923$$

Hipotesis :

H₀ : Data hasil eksperimen Kadar Air berdistribusi normal

H₁ : Data hasil eksperimen Kadar Air tidak berdistribusi normal

Tingkat signifikansi : $\alpha = 5 \%$

Ketentuan pengujian χ^2_{hitung} , yaitu :

H₀ diterima apabila $\chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{tabel}$

H₀ ditolak apabila $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{tabel}$

Membandingkan nilai χ^2_{hitung} dengan χ^2_{tabel} .

$$\alpha = 0,05$$

$$dk = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$\chi^2_{\text{tabel}} = 5,991$$

Karena $\chi^2_{\text{hitung}} \leq \chi^2_{\text{tabel}}$ yaitu $5,949923 \leq 5,991$ maka H_0 diterima artinya data hasil eksperimen Nilai Kalor berdistribusi normal.

4.3.3 Uji Homogenitas Variansi

Pengujian k buah ($k \geq 2$) variansi populasi normal dilakukan dengan menggunakan uji Bartlett.

a. Menentukan hipotesis

H_0 : data respon Nilai Kalor dan Kadar Air homogen

H_1 : data respon Nilai Kalor dan Kadar Air tidak homogen

b. Membuat tabel penolong uji Bartlett

Tabel 4.16 Uji Bartlett untuk Nilai Kalor

Replikasi	n-1	1/(n-1)	$(S_i)^2$	$\log (S_i)^2$	$(n-1) \times \log (S_i)^2$
1	7	0,1428571	477119,42	5,678627098	39,75038968
2	7	0,1428571	1.219424	5.633666498	39,43566549
Jumlah	14				79.18605517

Tabel 4.17 Uji Bartlett untuk *Kadar Air*

Replikasi	n-1	1/(n-1)	$(S_i)^2$	$\log (S_i)^2$	$(n-1) \times \log (S_i)^2$
1	7	0,1428571	1,8216268	0,260459404	1,823215825
2	7	0,1428571	1,4024839	0,146897893	1,028285253
Jumlah	14				2,851501078

c. Menghitung variansi gabungan dari semua sampel

Menentukan variansi untuk setiap sampel.

$$s^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n - 1 \quad (4.4)$$

Variansi untuk Nilai Kalor :

$$s^2 = 453657,78$$

Variansi untuk *Kadar Air* :

$$s^2 = 1,6120554$$

d. Menghitung harga satuan B

$$B = \log(s^2) \times (n - 1) \quad (4.5)$$

$$B \text{ Nilai Kalor} = \log(453657,78) \times 14 = 79,194197$$

$$B \text{ Kadar Air} = \log(11,99276) \times 14 = 2,9033193$$

e. Menghitung χ^2_{hitung}

$$\chi^2_{hitung} = \ln(10) \times (B - (n - 1) \log(s_i^2)) \quad (4.6)$$

Untuk Nilai Kalor

$$\begin{aligned} \chi^2_{hitung} &= (\ln 10) (B - (n_i - 1) \log s_i^2) \\ &= (\ln 10) \times (79,194197 - (79,18605517)) = 0,0187473 \end{aligned}$$

Untuk *Kadar Air*

$$\begin{aligned} \chi^2_{hitung} &= (\ln 10) \times \{B - (n_i - 1) \log s_i^2\} \\ &= (\ln 10) \times (2,9033193 - (2,851501078)) = 0,1193159 \end{aligned}$$

f. Menentukan tingkat signifikansi α ,

$$\alpha = 5\%$$

g. Menerapkan batas kritis

$$H_0 \text{ diterima apabila } \chi^2_{hitung} \leq \chi^2_{(1-\alpha)(db)}$$

H_0 ditolak apabila χ^2 hitung $> \chi^2 (1-\alpha)(db)$

χ^2 tabel dengan $\alpha = 0,05$ dan derajat bebas = $2-1 = 1$ adalah sebesar 3,841 sedangkan nilai χ^2 hitung untuk Nilai Kalor adalah 0,0187473 dan nilai χ^2 hitung untuk *Kadar Air* adalah 0,1193159.

h. Kesimpulan

Karena χ^2 hitung $< \chi^2$ tabel maka H_0 diterima yaitu data hasil eksperimen Nilai Kalor dan *Kadar Air* adalah homogen.

4.3.4 Perhitungan Signal to Noise Ratio (SNR)

Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Meskipun demikian, dalam penentuan level faktor optimal tetap dipilih S/N Ratio yang terbesar (Belavendram, 1995).

4.3.4.1 Respon Nilai Kalor

Untuk Nilai Kalor adalah mengikuti persamaan SNR untuk jenis karakteristik LTB (*Larger -the- Better*) :

$$SNR_{LTB} = -10 * \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right]$$

contoh perhitungan :

$$SNR_1 = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{4} \left(\left(\frac{1}{3518,53^2} \right) + \dots + \left(\frac{1}{3498,64^2} \right) \right) \right] = 71,04$$

Tabel 4.18 Data SNR Variabel Respon Nilai Kalor (kalori/gram)

				L ₄ OA (OUTER ARRAY)				Rera-taan	SNR
				D					
L ₄ IA (INNERARRAY)			1		2				
A	B	C	Data Percobaan						
Column Number			Y1		Y2				
Ex	1	2	3						
1	1	1	1	3518,53	3755,47	3502,21	3498,64	3568,71	71,04
2	1	2	2	5110,49	4974,56	4160,63	4429,89	4668,89	73,29
3	2	1	2	3412,16	3568,65	3614,56	3429,49	3506,22	70,89
4	2	2	1	5051,89	4879,37	4205,06	4683,08	4704,85	73,39

4.3.4.2 Respon Kadar Air

Untuk *Kadar Air* adalah mengikuti persamaan SNR untuk jenis karakteristik STB

(*Small -the- Better*) :

$$SNR_{STB} = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]$$

contoh perhitungan :

$$SNR_1 = -10 \text{Log} \left[\frac{1}{4} \left((9,74^2) + \dots + (10,68^2) \right) \right] = -20,16$$

Tabel 4.19 Data SNR Variabel Respon Kadar Air (%)

				L ₄ OA (OUTER ARRAY)				Rerataan	SNR
				D					
L ₄ IA (INNERARRAY)			1		2				
A	B	C	Data Percobaan						
Column Number			Y1		Y2				
Ex	1	2	3						
1	1	1	1	9,74	8,88	11,27	10,68	10,14	-20,16
2	1	2	2	7,38	7,54	8,29	8,37	7,9	-17,96

Tabel 4.19 Lanjutan

				L ₄ OA (OUTER ARRAY)				Rerataan	SNR
				D					
L ₄ IA (INNERARRAY)				1	2				
A	B	C	Data Percobaan						
Column Number				Y1		Y2			
Ex	1	2	3	Y1		Y2			
3	2	1	2	8,73	9,25	10,89	10,96	9,96	-20,01
4	2	2	1	8,24	8,19	9,01	9,12	8,64	-18,74

4.3.4.3 Kombinasi Eksperimen Optimal Untuk Tiap Respon

Perhitungan efek tiap faktor, dalam hal ini faktor kendali dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$efek\ faktor = \frac{1}{a} (\sum \eta_o)$$

- Dimana :
- o = nomor eksperiment yang mempunyai level yang sama
 - a = jumlah munculnya tiap level faktor dalam suatu kolom matriks orthogonal
 - η = nilai SNR yang digunakan

Berikut adalah efek SNR dan *main effect plot* untuk respon Nilai Kalor (kalori/gram) :

$$A_1 = \frac{1}{2} (71,04 + 73,29)$$

$$= 72,17$$

$$A_2 = \frac{1}{2} (70,89 + 73,39)$$

$$= 72,14$$

Tabel 4.20 Efek SNR Untuk Respon Nilai Kalor (kalori/gram)

Faktor	A	B	C
LV. 1	72,17	70,96	72,21
LV. 2	72,14	73,34	72,09
Selisih	0,03	2,38	0,12
Optimal	A1	B2	C1

Pada respon Nilai Kalor akan menghasilkan kondisi optimal adalah **A₁-B₂-C₁**.

Sedangkan berikut adalah perhitungan untuk efek SNR untuk respon Kadar Air (%):

$$A_1 = \frac{1}{2}(-20,16 + (-17,96))$$

$$= -19,06$$

$$A_2 = \frac{1}{2}(-20,01 + (-18,74))$$

$$= -19,37$$

Tabel 4.21 Efek SNR Untuk Respon Kadar Air (%)

Faktor	A	B	C
LV. 1	-19,06	-20,08	-19,45
LV. 2	-19,37	-18,35	-18,98
Selisih	0,31	1,73	0,47
Optimal	A1	B2	C2

Pada respon Kadar Air akan menghasilkan kondisi optimal adalah **A₁-B₂-C₂**.

Karena kedua respon menghasilkan kondisi optimal yang berbeda sehingga perlu dilakukan penentuan kombinasi eksperimen optimal secara serempak dengan membandingkan 2 (dua) metoda, yaitu: MRSN dan TOPSIS.

4.3.4.4 Kombinasi Eksperimen Optimal Secara Serempak

Untuk menentukan kombinasi eksperimen optimal secara serempak dilakukan beberapa metoda seperti :

4.3.4.4.1 Teknik MRSN

Berikut adalah langkah-langkah teknik MRSN, yaitu :

1. Menghitung *Quality Loss* Nilai Kalor (kalori/gram) dan *Kadar Air* (%)

Untuk mencapai target Nilai Kalor (kalori/gram) dan Kadar Air (%) yang memenuhi standar pada proses pembuatan briket bioarang menggunakan dana Rp. 120,00 untuk Nilai Kalor dan Rp. 95,00 untuk Kadar Air. Dari hasil proses pembuatan briket bioarang diperoleh rata-rata Nilai Kalor (kalori/gram) sebesar 4112,17 dan untuk Kadar Air (%) sebesar 9,16. Sehingga selisih yang dihasilkan adalah : $5059,35 - 4112,17 = 947,18$ (untuk Nilai Kalor) dan $12 - 9,16 = 2,84$ (untuk Kadar Air). Dengan menggunakan rumus $k = L / \Delta^2$ maka koefisien fungsi kerugian didapatkan sebagai berikut:

$$k = \frac{120}{(947,18)^2} = 0,000134 \quad (\text{untuk Nilai Kalor})$$

$$k = \frac{47}{(2,84)^2} = 5,82209 \quad (\text{untuk Kadar Air})$$

Dengan menggunakan persamaan (5), berikut adalah contoh perhitungan untuk eksperimen pertama respon kualitas Nilai Kalor adalah :

$$L_{11} = 0,000134 * \frac{1}{4} (1/3518,53^2 + \dots + 1/3498,64^2) = 0,000000000105$$

L maksimum untuk respon Nilai Kalor adalah 0,0000000000139. Dengan menggunakan persamaan yang sama, berikut adalah perhitungan eksperimen pertama untuk respon kualitas Kadar Air adalah :

$$L_{21} = 11,7681 * \frac{1}{4} (9,74^2 + \dots + 10,68^2) = 603,75$$

L maksimum untuk respon Kadar Air adalah 1764,16. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran MRSN.

2. Menghitung Normalisasi *Quality Loss* (C_{ij}) Nilai Kalor dan Kadar Air

Normalisasi *Quality Loss* untuk variable respon Nilai Kalor (kalori/gram) dan *Kadar Air*(%) dihitung dengan menggunakan persamaan (8)

Berikut adalah perhitungan untuk eksperimen pertama untuk Nilai Kalor:

$$C_{11} = \frac{0,0000000000105}{0,0000000000139} = 0,76$$

Perhitungan untuk eksperimen pertama Kadar Air:

$$C_{21} = \frac{603,75}{872,8} = 0,69$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran MRSN.

3. Menghitung *Total Normalized Quality Loss* (TNQL)

Menghitung TNQL (*Total Normalized Quality Loss*) tiap eksperimen dengan menggunakan persamaan (9).

Penentuan bobot (w) didasarkan atas keinginan perusahaan yang ingin lebih mementingkan Nilai Kalor dibandingkan *Kadar Air*, dengan tingkat persentase Nilai Kalor = 65% dan Kadar Air= 35%

Berikut adalah perhitungan untuk eksperimen pertama adalah sebagai berikut dan hasil selengkapnya pada lampiran MRSN:

$$TNQL_1 = (0,65 \times 0,76) + (0,35 \times 0,69) = 0,73$$

4. Menghitung Multi Response Signal to Noise Ratio (MRSN)

Dengan menggunakan persamaan (10), maka dapat diperoleh MRSN tiap eksperimen, berikut adalah contoh perhitungan untuk eksperimen pertama adalah:

$$\begin{aligned} MRSN_1 &= -10 \log(0,73) \\ &= 1,35 \end{aligned}$$

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada lampiran MRSN.

5. Kombinasi Eksperimen yang Optimal Menurut MRSN

Dari hasil perhitungan MRSN dalam penelitian ini disimpulkan bahwa untuk mencapai karakteristik kualitas LTB dengan mengoptimal Nilai Kalor dan karakteristik kualitas STB dengan mengoptimal Kadar Air akan menghasilkan nilai MRSN terbaik adalah 3,58 dengan kombinasi level faktor adalah **A₁-B₂-C₂**. karena kombinasi level faktor sudah ada dalam data aktual, maka tidak diperlukan melakukan eksperimen prediksi, uji beda dan eksperimen konfirmasi.

4.3.4.4.2 Teknik TOPSIS

Berikut adalah langkah-langkah teknik TOPSIS, yaitu :

1. Menentukan Nilai Keputusan yang Ternormalisasi

Dengan menggunakan persamaan (12), berikut ini adalah contoh pengerjaan untuk respon Nilai Kalor (kalori/gram):

$$r_{11} = \frac{x_{11}}{\sqrt{x_{11}^2 + x_{12}^2 + \dots + x_{18}^2}}$$

=

$$\frac{1,08 \times 10^{-11}}{\sqrt{1,08 \times 10^{-11} + 1,34 \times 10^{-11} + 5,81 \times 10^{-12} + 5,12 \times 10^{-12} + 1,39 \times 10^{-11} + 1,15 \times 10^{-11} + 5,24 \times 10^{-12} + 4,12 \times 10^{-12}}}$$

$$= 0,40098$$

Untuk respon Kadar Air (%):

$$r_{11} = \frac{x_{21}}{\sqrt{x_{21}^2 + x_{22}^2 + \dots + x_{28}^2}}$$

=

$$\frac{1116,407}{\sqrt{1116,407 + 540,2939 + 464,9758 + 640,9401 + 686,1476 + 896,8776 + 799,0227 + 1519,554}}$$

$$= 0,44171$$

Dan seterusnya untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel pada analisa Taguchi Multi Respon dengan metoda TOPSIS.

2. Menentukan Rating Bobot Ternormalisasi

Dengan menggunakan persamaan (13), berikut ini adalah contoh pengerjaan untuk respon Nilai Kalor (kalori/gram):

$$v_{ij} = w_{ij} r_{ij}$$

$$v_{11} = 0,40098 \times 0,65 = 0,260639207$$

untuk respon Kadar Air

$$v_{ij} = w_{ij} r_{ij}$$

$$v_{21} = 0,44171 \times 0,35 = 0,154600037$$

Dan seterusnya untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel pada analisa Taguchi Multi Respon dengan metoda TOPSIS.

3. Menentukan Solusi Ideal Positif dan Solusi Ideal Negatif

Solusi ideal positif (A^+) dihitung berdasarkan persamaan (14) berikut adalah contoh perhitungannya:

$$\begin{aligned} A_1^+ &= \text{maks} (0,415; 0,370; 0,450; 0,432) \\ &= 0,450 \end{aligned}$$

Dan untuk Solusi ideal negatif (A^-) dihitung berdasarkan persamaan (15) berikut adalah contoh perhitungannya:

$$\begin{aligned} A_1^- &= \text{min} (0,415; 0,370; 0,450; 0,432) \\ &= 0,370 \end{aligned}$$

Dan seterusnya untuk lebih lengkapnya dapat dilihat tabel pada analisa Taguchi Multi Respon dengan metoda TOPSIS.

4. Menentukan Jarak Antara Nilai Respon Dengan Matriks Solusi Ideal Positif dan Solusi Ideal Negatif

Jarak antara nilai terbobot setiap respon terhadap solusi ideal positif S_{i+} dihitung berdasarkan persamaan (16).

$$S_{i+} = \sqrt{(0,415 - 0,450)^2 + \dots + (0,432 - 0,450)^2} = 0,089$$

Sedangkan untuk jarak antara nilai terbobot setiap respon terhadap solusi ideal negatif S_{i-} dihitung berdasarkan persamaan (17).

$$S_{i-} = \sqrt{(0,415 - 0,370)^2 + \dots + (0,432 - 0,370)^2} = 0,111$$

5. Menentukan Nilai TOPSIS

Kedekatan setiap respon terhadap solusi ideal dihitung berdasarkan persamaan (18), sebagai berikut :

$$C_1 = \frac{0,111}{0,089 + 0,111} = 0,556$$

6. Kombinasi Eksperimen yang Optimal Menurut TOPSIS

Dari hasil perhitungan TOPSIS dalam penelitian ini disimpulkan bahwa untuk mencapai karakteristik kualitas LTB dengan mengoptimal Nilai Kalor (kalori/gram) dan untuk mencapai karakteristik kualitas STB dengan mengoptimal Kadar Air (%) dengan kombinasi level faktor adalah **A₁-B₁-C₁**, karena kombinasi level faktor sudah ada dalam data aktual, maka tidak diperlukan melakukan eksperimen prediksi, uji beda dan eksperimen konfirmasi.

4.3.5 Analisa Pemilihan Teknik Terbaik

Dari hasil-hasil perhitungan diatas, dapat disimpulkan bahwa teknik terbaik dengan nilai peningkatan terbaik adalah MRSN. Karena dengan metoda ini memberikan peningkatan terbaik untuk kedua respon (51,132 kalori/gram untuk Nilai Kalor dan - 6,98 % untuk Kadar Air).

4.3.6 Pengujian Statistik

Pada metoda TOPSIS yang telah dipilih, dilakukan pengujian statistik. Berikut adalah pengujian-pengujian statistik:

4.3.6.1 Uji ANOVA

Untuk pengujian ANOVA diperlukan tabel efek rata-rata untuk respon Nilai Kalor (kalori/gram) dan Kadar Air (%).

a.1. Untuk Respon Nilai Kalor

Adapun langkah-langkah dalam pengerjaannya adalah:

1. Tabel Efek SNR Untuk Respon Nilai Kalor

Tabel 4.22 Efek SNR Nilai Kalor

Faktor	A	B	C
LV. 1	72,17	70,96	72,21
LV. 2	72,14	73,34	72,09
Selisih	0,03	2,38	0,12
Optimal	A1	B2	C1

2. Jumlah Kuadrat Total

Dihitung untuk seluruh eksperimen.

$$\begin{aligned}SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{\bar{Y}^2}{N} \\ &= \frac{72,17^2}{2} + \frac{70,96^2}{2} - \frac{72,152^2}{4} \\ &= 5187,874\end{aligned}$$

3. Derajat Kebebasan

$$\begin{aligned}v_A &= \text{banyaknya level} - 1 \\ &= 2 - 1\end{aligned}$$

$$= 1$$

4. Jumlah Kuadrat Total

$$\begin{aligned}SS_T &= \sum y^2 \\ &= 5187,874^2 + 5189,286^2 + 5187,878^2 \\ &= 107.656.239,3\end{aligned}$$

5. Jumlah Kuadrat Rata-rata

$$\begin{aligned}SS_m &= (SS_A + SS_B + SS_C) / 3 \\ &= (5187,874 + 5189,286 + 5187,878) / 3 \\ &= 5188,35\end{aligned}$$

6. Jumlah Kuadrat Error

$$\begin{aligned}SS_e &= SS_T - SS_M - SS_A - SS_B - SS_C \\ &= 107.656.239,3 - 83.294,596 - 5187,874 - 5189,286 - \\ &\quad 5187,878 \\ &= 107.635.485,91\end{aligned}$$

7. Rata-rata Jumlah Kuadrat

$$\begin{aligned}MS_A &= \frac{SS_A}{v_A} \\ &= \frac{5187,87}{1} = 5187,87\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama pula dapat dihitung untuk faktor B, dan C.

8. F_{hitung}

$$F_A = \frac{MS_A}{MSe}$$
$$= \frac{5187,87}{107635485,91} = 0,0001446$$

Seterusnya hingga F_{hitung} untuk seluruh faktor. Dan berikut adalah hasil perhitungannya.

9. p-value

$$p_A = \frac{SS_A - (v_A \cdot v_e)}{SS_T} \times 100\%$$
$$= \frac{5187,874 - (1 \times 3)}{107656239,3} \times 100\%$$
$$= 0,4816 \%$$

Seterusnya hingga p-value untuk seluruh faktor. Berikut adalah hasil selengkapnya ANOVA untuk respon Nilai Kalor

Tabel. 4.23. ANOVA Untuk Respon Nilai Kalor

Faktor	SS	V	MS	F_{hitung}	p-value	Keputusan (pvalue < α)
A	5187,874	1	5187,87	0,00014460	0,004816	H_0 Ditolak
B	5189,286	1	5189,29	0,00014463	0,004817	H_0 Ditolak
C	5187,878	1	5187,88	0,00014460	0,004816	H_0 Ditolak
Mean	5188,35	1	5188,35	0,00014461	-	
Error	107635485,91	3	35878495,30	1	-	
Total	107656239,30	7	35899248,69	-	-	-

11. Uji Hipotesis ANOVA

Pengujian hipotesis dilakukan untuk semua faktor kendali.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A terhadap respon Nilai Kalor (kalori/gram).

H_1 : Ada pengaruh faktor A terhadap respon Nilai Kalor (kalori/gram).

Kesimpulan : $p\text{-value} < \alpha \rightarrow 0,4816 \% < 10\%$; maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh faktor A terhadap respon Nilai Kalor (kalori/gram).

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B terhadap respon Nilai Kalor (kalori/gram).

H_1 : Ada pengaruh faktor B terhadap respon Nilai Kalor (kalori/gram).

Kesimpulan : $p\text{-value} < \alpha \rightarrow 0,4817 \% < 10\%$; maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh faktor B terhadap respon Nilai Kalor (kalori/gram).

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C terhadap respon Nilai Kalor (kalori/gram).

H_1 : Ada pengaruh faktor C terhadap respon Nilai Kalor (kalori/gram).

Kesimpulan : $p\text{-value} < \alpha \rightarrow 0,4816 \% < 10\%$; maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh faktor C terhadap respon Nilai Kalor (kalori/gram).

a.2. Untuk Respon Kadar Air

Adapun langkah-langkah dalam pengerjaannya adalah:

1. Tabel Efek SNR Untuk Respon Kadar Air

Tabel 4.24 Efek SNR Kadar Air.

Faktor	A	B	C
LV. 1	-19,06	-20,08	-19,45
LV. 2	-19,37	-18,35	-18,98
Selisih	0,31	1,73	0,47
Optimal	A1	B2	C2

2. Jumlah Kuadrat Total

Dihitung untuk seluruh eksperimen.

$$\begin{aligned}SS_A &= \frac{A_1^2}{n_{A1}} + \frac{A_2^2}{n_{A2}} - \frac{\bar{Y}^2}{N} \\ &= \frac{-19,06^2}{2} + \frac{-19,37^2}{2} - \frac{-19,216^2}{4} \\ &= 374,09\end{aligned}$$

3. Derajat Kebebasan

$$\begin{aligned}v_A &= \text{banyaknya level} - 1 \\ &= 2 - 1 \\ &= 1\end{aligned}$$

4. Jumlah Kuadrat Total

$$SS_T = \sum y^2$$

$$= 374,09^2 + 374,81^2 + 374,12^2$$

$$= 420388,93$$

5. Jumlah Kuadrat Rata-rata

$$SS_m = (SS_A + SS_B + SS_C) / 3$$

$$= (374,09 + 374,81 + 374,12) / 3$$

$$= 873,60$$

6. Jumlah Kuadrat Error

$$SSe = SS_T - SS_M - SS_A - SS_B - SS_C$$

$$= 420388,93 - 873,60 - 374,09 + 374,81 + 374,12$$

$$= 418.392,3$$

7. Rata-rata Jumlah Kuadrat

$$MS_A = \frac{SS_A}{v_A}$$

$$= \frac{SS_A}{v_A} = \frac{374,09}{1}$$

$$= 374,09$$

Dengan cara yang sama pula dapat dihitung untuk faktor

B, dan C.

8. F_{Hitung}

$$F_A = \frac{MS_A}{MSe}$$

$$= \frac{374,09}{139.464,1} = 0,002682$$

Seterusnya hingga F_{hitung} untuk seluruh faktor. Dan berikut adalah hasil perhitungannya.

9. p-value

$$\begin{aligned}
 p_A &= \frac{SS_A - (v_A \times v_e)}{SS_T} \times 100\% \\
 &= \frac{374,09 - (1 \times 3)}{420388,93} \times 100\% \\
 &= 8,8272\%
 \end{aligned}$$

Seterusnya hingga p-value untuk seluruh faktor. Berikut adalah hasil selengkapnya ANOVA untuk respon Kadar Air

Tabel. 4.25 ANOVA Untuk Respon Kadar Air

Faktor	SS	V	MS	F_{hitung}	p-value	Keputusan (pvalue < α)
A	374,09	1,00	374,09	0,002682	0,088272	DITOLAK
B	374,81	1,00	374,81	0,00269	0,088445	DITOLAK
C	374,12	1,00	374,117	0,002683	0,088279	DITOLAK
Mean	873,60	1,00	873,60	0,01	-	-
Error	418392,30	3,00	139464,10	1,00	-	-
Total	420388,93	7,00	141460,72	-	-	-

11. Uji Hipotesis ANOVA

Pengujian hipotesis dilakukan untuk semua faktor kendali.

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor A terhadap respon Kadar Air (%).

H_1 : Ada pengaruh faktor A terhadap respon Kadar Air (%).

Kesimpulan : $p\text{-value} < \alpha \rightarrow 8,8272\% < 10\%$; maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh faktor A terhadap respon Kadar Air (%).

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor B terhadap respon Kadar Air (%).

H_1 : Ada pengaruh faktor B terhadap respon Kadar Air (%).

Kesimpulan : $p\text{-value} < \alpha \rightarrow 4,2006\% < 10\%$; maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh faktor B terhadap respon Kadar Air (%).

H_0 : Tidak ada pengaruh faktor C terhadap respon Kadar Air (%).

H_1 : Ada pengaruh faktor C terhadap respon Kadar Air (%).

Kesimpulan : $p\text{-value} < \alpha \rightarrow 4,2034\% < 10\%$; maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh faktor C terhadap respon Kadar Air (%).

4.3.7 Analisis Biaya

Biaya produksi dalam penelitian briket bioarang dari *daun* dan *ranting kering* adalah sebagai berikut .:

- 1 Kondisi optimal menurut MRSN
 - a. Biaya bahan baku *tepung kanji* (per 300 briket) :
 $= 1\text{kg } \textit{tepung kanji} \times \text{harga } \textit{tepung kanji} \text{ per kg}$

$$= 1\text{kg} \times \text{Rp } 14.000,-$$

$$= \text{Rp } 14.000,-$$

Biaya bahan baku *tepung kanji* per 1 briket :

$$= \frac{\text{Rp}14000}{300} = \text{Rp } 46,66,-$$

b. Biaya bahan baku arang ranting (per 300 briket)

= 24 kg *ranting* x rasio bahan menjadi arang x harga pembuatan *arang ranting* per 1 kg

$$= 24 \text{ kg} \times 0,5 \times \text{Rp } 834,-$$

$$= \text{Rp } 10.000,-$$

Biaya bahan baku arang ranting per 1 briket :

$$= \frac{\text{Rp}10000}{300} = \text{Rp } 33,33,-$$

c. Biaya tenaga kerja

Dalam sehari pekerja dapat memproduksi ± 100 briket bioarang dengan waktu kerja 6 jam. Biaya tenaga kerja Rp 30.000,- (per hari).

Biaya tenaga kerja (per briket).

$$= \left(\frac{\text{biaya tenaga kerja/hari}}{(\text{jumlah produksi/hari})} \right)$$

$$= \left(\frac{\text{Rp } 30.000,-/\text{hari}}{(100/\text{hari})} \right)$$

$$= \text{Rp } 30,-$$

Sehingga biaya total produksi per briket

= Biaya bahan baku *tepung kanji* + Biaya bahan baku *arang ranting* + biaya tenaga kerja

$$= \text{Rp } 46,66,- + \text{Rp } 33,33,- + \text{Rp } 30,-$$

$$= \text{Rp } 109,99,-$$

$$= \text{Rp } 110,-$$

2 Kondisi optimal menurut TOPSIS

a. Biaya bahan baku *tepung kanji* (per 90 briket) :

$$= 0,5 \text{ kg } \textit{tepung kanji} \times \text{harga } \textit{tepung kanji} \text{ per kg}$$

$$= 0,5 \text{ kg} \times \text{Rp } 14.000,-$$

$$= \text{Rp } 7.000,-$$

Biaya bahan baku *tepung kanji* per 1 briket :

$$= \frac{\text{Rp } 7000}{90} = \text{Rp } 77,77,-$$

b. Biaya bahan baku *arang daun* (per 90 briket)

$$= 6 \text{ kg } \textit{daun} \times \text{rasio bahan menjadi arang} \times \text{harga pembuatan } \textit{arang daun}$$

per 1 kg

$$= 6 \text{ kg} \times 0,5 \times \text{Rp } 1.000,-$$

$$= \text{Rp } 3.000,-$$

Biaya bahan baku *arang ranting* per 1 briket :

$$= \frac{\text{Rp } 3000}{90} = \text{Rp } 33,33,-$$

c. Biaya tenaga kerja

Dalam sehari pekerja dapat memproduksi ± 100 briket bioarang dengan waktu kerja 6 jam. Biaya tenaga kerja Rp 30.000,- (per hari).

Biaya tenaga kerja (per briket).

$$= \left(\frac{\text{biaya tenaga kerja/hari}}{(\text{jumlah produksi/hari})} \right)$$

$$= \left(\frac{\text{Rp } 30.000,-/\text{hari}}{(100/\text{hari})} \right)$$

$$= \text{Rp } 30,-$$

Sehingga biaya total produksi perbriket

= Biaya bahan baku *tepung kanji* + Biaya bahan baku *arang ranting* + biaya tenaga kerja

= Rp 77,77,- + Rp 33,33,- + Rp 30,-

= Rp 141,1,-

4.3.8 Analisis Sensitivitas

Pada bagian analisis sensitivitas ini akan dilakukan pencarian bobot untuk tiap respon yang dapat merubah keputusan dari kombinasi optimal faktor kendali dengan menggunakan teknik MRSN.

Pada mulanya digunakan bilangan *crisp* untuk tiap respon, yaitu :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,65

Kadar Air (%) =0,35

Pada kondisi ini diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,58 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-4 dimana A₁-B₂-C₂. Dan pada kondisi dimana bobot nilai kalor dikurangi, seperti :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,60

Kadar Air (%) =0,40

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,68 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-3 dimana A₁-B₂-C₁. Dengan variasi yang lain :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,55

Kadar Air (%) =0,45

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,82 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-3 dimana A₁-B₂-C₁.

Pada kondisi dimana bobot nilai kalor ditambah, seperti :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,70

Kadar Air (%) =0,30

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,57 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-4 dimana A₁-B₂-C₂. Dengan variasi yang lain :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,75

Kadar Air (%) =0,25

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,55 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-4 dimana A₁-B₂-C₂. Dengan variasi yang lain :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,8

Kadar Air (%) =0,2

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,53 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-4 dimana A₁-B₂-C₂.

Tabel. 4.26 Analisis Sensitivitas

Respon	Nilai Bobot	Nilai MRSN	Keputusan
Nilai Kalor (kal/gr)	0,65	3,58	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-4
Kadar Air (%)	0,35		
Nilai Kalor (kal/gr)	0,6	3,68	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-3
Kadar Air (%)	0,4		
Nilai Kalor (kal/gr)	0,55	3,82	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-3
Kadar Air (%)	0,45		
Nilai Kalor (kal/gr)	0,70	3,57	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-4
Kadar Air (%)	0,30		
Nilai Kalor (kal/gr)	0,75	3,55	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-4
Kadar Air (%)	0,25		

Tabel. 4.26 Lanjutan

Respon	Nilai Bobot	Nilai MRSN	Keputusan
Nilai Kalor (kal/gr)	0,8	3,53	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-4
Kadar Air (%)	0,2		



BAB V

PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini terdapat 2 (dua) variabel respon, yaitu nilai kalor (kalori/gram) dan kadar air (%). Variabel respon tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor kendali, diantaranya adalah faktor A (*tekanan kempa*), faktor B (*bahan briket*), dan faktor C (*perbandingan perekat*). Selain itu terdapat 1 (satu) faktor *noise* yang tidak dapat dikendalikan yakni *keadaan bahan dalam tungku pembakaran*. Level yang digunakan oleh faktor kendali dan faktor *noise* berjumlah 2 (dua).

Tabel 5.1 Level Faktor Kendali

Faktor Kendali	Level 1	Level 2
A. Tekanan Kempa	30 kg/cm ²	50 kg/cm ²
B. Bahan Briket	Daun-daunan	Ranting
C. Perbandingan Perekat	2:1	4:1

Tabel 5.2 Level Faktor Noise

Faktor Tak Terkendali	Level 1	Level 2
D. Suhu ruangan	Arang	Tidak jadi arang

5.1 Variabel Respon Nilai Kalor

Berdasarkan pada nilai MRSN dengan tujuan *larger the better* untuk tiap faktor yang ada, dapat diketahui bahwa kombinasi faktor terbaik adalah A1 B2 C2. Sehingga setting parameter yang diperoleh adalah :

a. Tekanan kempa

Menggunakan level 1 yaitu 30 kg/cm^2 . Jika dibandingkan dengan setting parameter briket ampas tebu yaitu $40,7 \text{ kg/cm}^2$.

b. Bahan briket

Menggunakan level 2 yaitu *Ranting*.

c. Perbandingan perekat

Menggunakan level 2 yaitu 4:1. Jika dibandingkan dengan setting parameter briket ampas tebu yaitu 3:1.

5.2 Variabel Respon Kadar Air

Berdasarkan pada nilai MRSN dengan tujuan *larger the better* untuk tiap faktor yang ada, dapat diketahui bahwa kombinasi faktor terbaik adalah A1 B2 C2. Sehingga setting parameter yang diperoleh adalah :

a. Tekanan kempa

Menggunakan level 1 yaitu 30 kg/cm^2 . Jika dibandingkan dengan setting parameter briket ampas tebu yaitu $40,7 \text{ kg/cm}^2$.

b. Bahan briket

Menggunakan level 2 yaitu *Ranting*.

c. Perbandingan perekat

Menggunakan level 2 yaitu 4:1. Jika dibandingkan dengan setting parameter briket ampas tebu yaitu 3:1.

5.3 Analisis Biaya Produksi

Biaya produksi dalam penelitian briket bioarang dari *daun* dan *ranting kering* adalah sebagai berikut :

a. Biaya bahan baku *tepung kanji* (per 300 briket) :

$$= 1 \text{ kg } \textit{tepung kanji} \times \text{harga } \textit{tepung kanji} \text{ per kg}$$

$$= 1 \text{ kg} \times \text{Rp } 14.000,-$$

$$= \text{Rp } 14.000,-$$

Biaya bahan baku *tepung kanji* per 1 briket :

$$= \frac{\text{Rp } 14.000,-}{300} = \text{Rp } 46,66,-$$

b. Biaya bahan baku *arang ranting* (per 300 briket)

$$= 24 \text{ kg } \textit{arang ranting} \times \text{rasio bahan menjadi } \textit{arang} \times \text{harga pembuatan } \textit{arang ranting} \text{ per } 1 \text{ kg}$$

$$= 24 \text{ kg} \times 0,5 \times \text{Rp } 834,-$$

$$= \text{Rp } 10.000,-$$

Biaya bahan baku *arang ranting* per 1 briket :

$$= \frac{\text{Rp } 10000}{300} = \text{Rp } 33,33,-$$

c. Biaya tenaga kerja

Dalam sehari pekerja dapat memproduksi ± 100 briket bioarang dengan waktu kerja 6 jam. Biaya tenaga kerja Rp 30.000,- (per hari).

Biaya tenaga kerja (per briket).

$$= \left(\frac{\text{biaya tenaga kerja/hari}}{\text{(jumlah produksi/hari)}} \right)$$

$$= \left(\frac{\text{Rp 30.000,-/hari}}{\text{(100/hari)}} \right)$$

$$= \text{Rp 30,-}$$

Sehingga biaya total produksi per briket

$$= \text{Biaya bahan baku } \textit{tepung kanji} + \text{Biaya bahan baku } \textit{arang ranting} + \text{biaya tenaga kerja}$$

$$= \text{Rp 46,66,-} + \text{Rp 33,33,-} + \text{Rp 30,-}$$

$$= \text{Rp 109,99,-}$$

$$= \text{Rp 110,-}$$

5.4 Analisis Sensitivitas

Pada bagian analisis sensitivitas ini akan dilakukan pencarian bobot untuk tiap respon yang dapat merubah keputusan dari kombinasi optimal faktor kendali dengan menggunakan teknik MRSN.

Pada mulanya digunakan bilangan *crisp* untuk tiap respon, yaitu :

$$\text{Nilai Kalor (kalori/gram)} = 0,65$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 0,35$$

Pada kondisi ini diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,58 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-4 dimana A_1 - B_2 - C_2 . Dan pada kondisi dimana bobot nilai kalor dikurangi, seperti :

$$\text{Nilai Kalor (kalori/gram)} = 0,60$$

$$\text{Kadar Air (\%)} = 0,40$$

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,68 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-3 dimana A_1 - B_2 - C_1 . Dengan variasi yang lain :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,55

Kadar Air (%) =0,45

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,82 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-3 dimana A₁-B₂-C₁.

Pada kondisi dimana bobot nilai kalor ditambah, seperti :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,70

Kadar Air (%) =0,30

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,57 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-4 dimana A₁-B₂-C₂. Dengan variasi yang lain :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,75

Kadar Air (%) =0,25

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,55 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-4 dimana A₁-B₂-C₂. Dengan variasi yang lain :

Nilai Kalor (kalori/gram) =0,8

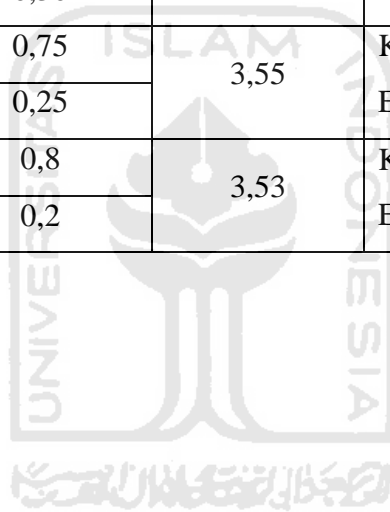
Kadar Air (%) =0,2

Pada kondisi ini akan diperoleh nilai MRSN yang optimal, yaitu: 3,53 (nilai MRSN terbesar) pada eksperimen ke-4 dimana A₁-B₂-C₂.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan adanya pengurangan bobot nilai kalor dan adanya penambahan bobot kadar air berakibat berpindahnya nilai optimal MRSN menjadi eksperimen ke-3. Dan adanya penambahan bobot nilai kalor sedangkan bobot kadar air berkurang maka nilai optimal MRSN tidak berubah, yaitu pada eksperimen ke-4.

Tabel. 5.3 Analisis Sensitivitas

Respon	Nilai Bobot	Nilai MRSN	Keputusan
Nilai Kalor (kal/gr)	0,65	3,58	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-4
Kadar Air (%)	0,35		
Nilai Kalor (kal/gr)	0,6	3,68	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-3
Kadar Air (%)	0,4		
Nilai Kalor (kal/gr)	0,55	3,82	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-3
Kadar Air (%)	0,45		
Nilai Kalor (kal/gr)	0,70	3,57	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-4
Kadar Air (%)	0,30		
Nilai Kalor (kal/gr)	0,75	3,55	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-4
Kadar Air (%)	0,25		
Nilai Kalor (kal/gr)	0,8	3,53	Kombinasi Optimal Pada Eksperimen Ke-4
Kadar Air (%)	0,2		



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan penelitian mengenai masalah perbaikan kualitas briket bioarang dengan cara meminimasi kadar air dan memaksimalkan nilai kalor adalah sebagai berikut:

1. Setting parameter optimal untuk meminimasi kadar air dan memaksimalkan nilai kalor adalah :
 - a. Besar *tekanan kempa* diatur pada level 1 yaitu 30 kg/cm^2 .
 - b. *Bahan briket* diatur pada level 2 yaitu ranting.
 - c. *Perbandingan perekat* diatur pada level 2 yaitu 4:1.

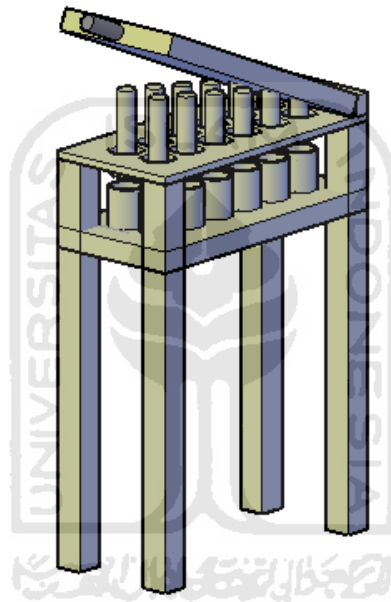
Besarnya penurunan perbandingan perekat adalah 0.82 gram (4,16 gram – 3,34 gram) dan besarnya penurunan kuat tekan adalah $10,7 \text{ kg/cm}^2$ ($40,7 \text{ kg/cm}^2 - 30 \text{ kg/cm}^2$).

6.2 Saran

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan bagi perusahaan dalam usaha perbaikan dan peningkatan kualitas briket bioarang. Mengingat bahwa penelitian ini dibatasi oleh ketersediaan waktu dan dana maka diharapkan adanya tindakan perbaikan.

Pada kesempatan berikutnya penelitian ini dapat dikembangkan dengan lebih memperhatikan hal – hal yang sekiranya dapat ditingkatkan lagi, antara lain:

1. Mengatur kembali level–level faktor dengan mengubah interval antar level.
2. Menambah jumlah level faktor kendali.
3. Mendesain alat pencetak briket yang mempunyai kapasitas 12 briket dalam sekali tekan dengan tekanan yang sama dan biaya pembuatan yang ekonomis.



Gambar 5.1 Desain Awal Alat Tekan Briket Bioarang

4. Dalam proses pembakaran, sebaiknya asap pembakaran ditampung untuk kemudian dijadikan cairan yang berguna sebagai pengawet alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Candra Brades, Febrina Setyawati Tobing; 2008; Pembuatan Briket Arang Dari Eceng Gondok (*Eichornia Crasipess Solm*) Dengan Sagu Sebagai Pengikat; [http://brades.multiply.com/journal/item/1/Pembuatan_Briket_Arang_Dari_Eceng_Gondok_Eichornia_Crasipess_Solm_Dengan_Sagu_Sebagai_Pengikat_\(3_Juni_2009\)](http://brades.multiply.com/journal/item/1/Pembuatan_Briket_Arang_Dari_Eceng_Gondok_Eichornia_Crasipess_Solm_Dengan_Sagu_Sebagai_Pengikat_(3_Juni_2009)).
- Angga Yudanto dan Kartika Kusumaningrum; 2009; Pembuatan Briket Bioarang Dari Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati; <http://en.scientificcommons.org/57142581> (24 Agustus 2010).
- Badan Standar Nasional Indonesia. Briket Arang Kayu; http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/5781 (19 Oktober 2010).
- Belavendram, N. 1995. *Quality By Design*. Prentice Hall, Internasional.
- Bashiri, M. & Hejazi, T.H. An Extension of Multi-Response Optimization in MADM View. *Journal of Applied Sciences*, Vol 9, 1695-1702, 2009.
- Indriyani Nur Pratiwi. 2007. *Pengaruh Tekanan Kempa Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Arang Briket Dengan Bahan Campuran Serbuk Gergaji Kayu Jati dan Sekam Padi*. Tugas Akhir. UII.
- Ismun Uti Adan. *Membuat Briket Bioarang*. Yogyakarta: Kanisius, 1998.
- Mariyani, Mariyani and Rumijati, Rumijati; 2010; Pengaruh Penambahan Bulu Ayam Terhadap Kandungan Karbon Briket Bioarang Sampah Pekarangan; <http://eprints.ums.ac.id/1330/> (24 Agustus 2010).
- Merry Crishna Beatricia; 2007; Pengujian Kandungan Energi Pada Briket Sampah Lingkungan Kampus yang diproduksi LIPI Pusat Penelitian Fisika (Studi Kasus Briket Sampah di LIPI Bandung); <http://www.energipolban.net/elibrary/index.php?-table=books&-action=browse&-cursor=64&-skip=60&-limit=30&-mode=browse&-lang=en> (31 Agustus 2010).
- M. Fuad; 2008; Pemanfaatan Limbah Cangkang Kopi Untuk Pembuatan Briket Bioarang Menggunakan Perekat Amilum; <http://digilib.polisriwijaya.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=ssptpolsri-gdl-mfuad-1730> (3 Juni 2009).
- Nodalia Ndraha; 2009; Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu yang Dihasilkan; <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/7528/1/10E00091.pdf> (24 Agustus 2010).

- Novita Ernawati. 2007. *Pemanfaatan Limbah Ampas Kelapa dan Tempurung Kelapa Dari Industri Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Briket*. Tugas Akhir. UII.
- Rana Dwijaya dan Radius Arianto. 2010. *Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Terhadap Nilai Kalor Briket Arang Dari Ampas Tebu*. Laporan Penelitian. UII.
- Rayadeyaka Raditya Riseanggara; 2008; Optimasi Kadar Perikat Pada Briket Limbah Biomassa;
http://iirc.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/13746/1/F08rrr_abstract.pdf (31 Agustus 2010).
- Riwan Manalu; 2010; Pengaruh Jumlah Bahan Perikat Terhadap Kualitas Briket Bioarang Dari Tongkol Jagung;
<http://repository.usu.ac.id/xmlui/handle/123456789/17590> (31 Agustus 2010).
- Ross, P.J., *Taguchi Techniques For Quality Engineering*. McGraw-Hill, Inc., New York. 1998.
- Teguh Ibnu Husada; 2008; Briket *Tongkol* Jagung Sebagai Energi Alternatif;
www.scribd.com/doc/8508864/Laporan-PIM-Arang-Briket-Tongkol-Jagung-Sebagai-Energi-Alter-Nat-If-B (31 mei 2009).
- Tian-Syung Lan , 2009. Taguchi Optimization of Multi-Objective CNC Machining Using TOPSIS. *Information Technology Journal*, 8: 917-922 (3 Juli 2011).
- Tong, L.I., C.H. Wang and H.C. Chen, 2005. Optimization of multiple responses using principal component analysis and technique for order preference by similarity to ideal solution. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 27: 407-414 (3 Juli 2011).
- Walpole, R dan Myers, R., *Ilmu Peluang dan Statistik Untuk Insyiner dan Ilmuwan* Ed. Ke-4., Penerbit ITB, Bandung. 1995

LAMPIRAN MRSN dan Prediksi 8 Bilangan Random

Tabel 1. Quality Loss dan Normalisasi Quality Loss Nilai Kalor

No	A	B	C	1	2	3	4	LOSS	Cij	W* Cij
1	1	1	1	3518,53	3755,47	3502,21	3498,64	0,0000000000105	0,76	0,49
2	1	1	2	3159,80	3263,42	3075,27	2924,91	0,0000000000139	1,00	0,65
3	1	2	1	4799,53	4574,14	3665,77	4178,50	0,00000000000745	0,53	0,35
4	1	2	2	5110,49	4974,56	4160,63	4429,89	0,00000000000627	0,45	0,29
5	2	1	1	3101,20	3168,23	3119,70	3178,10	0,0000000000136	0,97	0,63
6	2	1	2	3412,16	3568,65	3614,56	3429,49	0,0000000000109	0,78	0,51
7	2	2	1	5051,89	4879,37	4205,06	4683,08	0,00000000000613	0,44	0,29
8	2	2	2	5697,69	5726,02	5160,82	5347,03	0,00000000000447	0,32	0,21

L max = 0,0000000000139

Tabel 2. Quality Loss dan Normalisasi Quality Loss Kadar Air

No	A	B	C	1	2	3	4	LOSS	Cij	W* Cij
1	1	1	1	9,74	8,88	11,27	10,68	603,75	0,69	0,24
2	1	1	2	6,78	7,12	8,37	8,37	344,56	0,39	0,14
3	1	2	1	6,29	6,06	6,49	6,53	234,34	0,27	0,09

4	1	2	2	7,38	7,54	8,29	8,37	364,02	0,42	0,15
5	2	1	1	7,64	7,77	9,09	9,12	414,08	0,47	0,17
6	2	1	2	8,73	9,25	10,89	10,96	582,92	0,67	0,23
7	2	2	1	8,24	8,19	9,01	9,12	435,68	0,50	0,17
8	2	2	2	11,36	11,29	13,15	13,04	872,80	1,00	0,35

L max = 872,80

Tabel 3. Total Normalized Quality Loss dan Multi Response Signal to Noise Ratio (MRSN) 8 Bilangan Random

No	A	B	C	TNQL	MRSN
1	1	1	1	0,73	1,35
2	1	1	2	0,79	1,03
3	1	2	1	0,44	3,55
4	1	2	2	0,44	3,58
5	2	1	1	0,80	0,98
6	2	1	2	0,74	1,29
7	2	2	1	0,46	3,37
8	2	2	2	0,56	2,53

MRSN Max = 3,58

LAMPIRAN Gambar Alat dan Pembuatan Briket



Gambar 1 Mengumpulkan daun dan Ranting



Gambar 2 Pembakaran Daun dan



**Gambar 3 Hasil Pembakaran
Gambar 3 Hasil Pembakaran Daun dan Ranting**



Gambar 4 Daun Setengah Arang



Gambar 5 Arang Daun dan Ranting
Arang



Gambar 6 Ranting Setengah



Gambar 7 Proses Penumbukan Arang
Daun dan Ranting



Gambar 8 Proses Pencampuran Arang
Dengan Kanji



Gambar 9 Proses Pengeringan
Tong Pembakaran



Gambar 10 Alat Tekan Briket dan



Gambar 11 Timbangan Digital



Gambar 12 Tempat Sampel Bomb



Gambar 13 Bomb Kalorimeter



Gambar 14 Oven Pengering

