

# Aplikasi Metode Taguchi untuk Mengidentifikasi Pengaruh Pirolisis dan Pengeringan terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa

Nur Hayati

Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta  
nurhayati@akprind.ac.id

## ABSTRACT.

*Coconut shell is biomass waste that can be easily obtained from the environment. This waste has not been used and managed optimally, so it can pollute the environment. According to Asian and Pacific Coconut Community (APCC) data in 2012, the total area of coconut plantations in Indonesia reached 3.8 million Ha with total production estimated at 15 billion coconuts. Coconut shell has a very hard layer that contains 64.23% carbon, 4.89% hydrogen, 4.77% nitrogen, 3.60% sulphur and 22.61% oxygen. The nature characteristic of shell, which contains of many carbons, is able to be converted to charcoal as a promising alternative energy source to replace fossil fuels. The purpose of this study is to investigate the effect of pyrolysis and drying on calorific value of coconut shell charcoal. Calorific value of charcoal was tested using a bomb calorimeter. The method used in this study is the Taguchi method. The independent variable used in this study is the pyrolysis temperature (4500C, 5000C, 5500C, 6000C, and 6500C), residence time (60 minutes, 75 minutes, 90 minutes, 105 minutes, and 120 minutes), the drying temperature (950C, 1000C, 1050C, 1100C, and 1150C) and drying time (12 hours, 15 hours, 18 hours, 21 hours, and 24 hours). The response variable in this study is the calorific value of coconut shell charcoal. Orthogonal array used is L25(5)4. The results were analyzed by ANOVA using software Minitab 16. The results showed that the pyrolysis temperature gives the greatest influence on the calorific value of charcoal, with the value of 45.39%, followed by residence time 22.11%, drying time 12.65% and drying temperature 3.89%,. While, the optimum conditions for all parameters obtained at A4B3C1D4 conditions, which refers to the pyrolysis temperature on 6000C, residence time on 90 minutes, drying temperature on 950C and 21-hour drying time.*

**Keywords:** Taguchi Method, pyrolysis, drying, calorific value of charcoal

## INTISARI

Tempurung kelapa merupakan limbah biomassa yang banyak diperoleh di lingkungan sekitar. Limbah ini belum dimanfaatkan dan dikelola secara maksimal, sehingga dapat mencemari lingkungan. Menurut Asian and Pacific Coconut Community (APCC) pada tahun 2012, luas areal tanaman kelapa di Indonesia mencapai 3,8 juta Ha dengan total produksi diperkirakan sebanyak 15 milyar butir kelapa. Tempurung kelapa adalah lapisan yang sangat keras yang mengandung 64,23% karbon, 4,89% hydrogen, 4,77% nitrogen, 3,60% belerang dan 22,61% oksigen. Sifat tempurung yang banyak mengandung karbon memungkinkan tempurung untuk dijadikan arang sebagai salah satu sumber energi alternatif yang cukup menjanjikan untuk menggantikan bahan bakar fosil. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi pengaruh pirolisis dan pengeringan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa. Arang diperoleh dengan proses pirolisis dan nilai kalor arang diuji dengan menggunakan kalorimeter bom. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Taguchi. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah temperatur pirolisis (450°C, 500°C, 550°C, 600°C dan 650°C), waktu pirolisis (60, 75, 90, 105 dan 120 menit), temperatur pengeringan (95°C, 100°C, 105°C, 110°C dan 115°C) dan waktu pengeringan (12, 15, 18, 21 dan 24 jam). Adapun variabel respon dalam penelitian ini adalah nilai kalor arang tempurung kelapa. Orthogonal array yang digunakan adalah L25(5)<sup>4</sup>. Hasil penelitian dianalisis dengan ANOVA menggunakan software minitab 16 dengan memperhatikan aspek energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur pirolisis memberikan pengaruh yang paling besar terhadap nilai kalor arang, yaitu sebesar 45,39% disusul temperatur pengeringan 22,11%, waktu pengeringan 12,65% dan waktu pirolisis 3,89%. Adapun kondisi optimum untuk semua parameter diperoleh pada kondisi A4B3C1D4 artinya temperatur pirolisis 650°C, waktu pirolisis 90 menit, temperatur pengeringan 95°C dan waktu pengeringan 21 jam.

**Kata kunci :** metode Taguchi, pirolisis, pengeringan, nilai kalor arang

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa yang utama di dunia. Letak Indonesia berada di iklim tropis sangat cocok untuk ditanami pohon kelapa. Menurut APCC pada tahun 2012, luas areal tanaman kelapa di Indonesia mencapai 3,8 juta Ha dengan total produksi diperkirakan sebanyak 15 milyar butir kelapa. Kelapa telah dikenal masyarakat sejak dulu sebagai tanaman yang mempunyai fungsi dan kegunaan yang beraneka ragam dari akar sampai daunnya. Berbagai penelitian telah berhasil membuktikan manfaat dari bagian-bagian pohon kelapa, seperti daging buahnya dijadikan kopra, minyak dan santan untuk keperluan rumah tangga. Namun hasil sampingan lainnya seperti tempurung kelapa belum begitu banyak dimanfaatkan. Tempurung kelapa merupakan limbah biomassa yang banyak diperoleh di lingkungan sekitar. Disisi lain, kebutuhan energi semakin meningkat dan subsidi BBM semakin dikurangi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan energi alternatif yang berasal dari bahan baku tempurung kelapa. Salah satu upaya pemanfaatan limbah tempurung kelapa adalah dengan membuat suatu sistem pengolahan tempurung kelapa menjadi arang dengan proses pirolisis.

Untuk memperoleh kondisi optimum pirolisis dan pengeringan ini digunakan *design of experiment* (DOE) dengan metode Taguchi. Metode ini dipilih karena memungkinkan eksperimen dengan banyak faktor dengan jumlah eksperimen yang minimum sehingga menghemat waktu dan biaya eksperimen. Sebagai contoh jika ada 4 faktor penelitian yang diuji dengan masing-masing faktor mempunyai 5 level, eksperimen klasik membutuhkan  $5^4 = 625$  kombinasi eksperimen. Hal ini pasti membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang cukup lama, sedangkan dengan metode Taguchi hanya memerlukan 27 kombinasi eksperimen.

Berdasarkan hal tersebut, peneliti melakukan penelitian untuk mendapatkan kondisi optimum pirolisis dan pengeringan nilai kalor arang tempurung kelapa dengan menggunakan metode Taguchi.

### Metode Taguchi

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi (1940) yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan

bahan baku seminimal mungkin (Belavendram, 1995). Sasaran metode Taguchi adalah peningkatan kualitas produk dengan mencari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas, kemudian memisahkannya kedalam faktor kendali dan faktor tidak terkendali (noise). Masing-masing dibagi berdasarkan level kemudian dipilih *orthogonal array* berdasarkan jumlah faktor dan level yang dipilih. Hasil eksperimen dianalisis dengan *Signal to Noise Ratio* (SNR) dan ANOVA untuk menentukan faktor-faktor dan level faktor yang paling signifikan berpengaruh pada kualitas produk.

### Signal to Noise Ratio (SNR)

Taguchi memperkenalkan pendekatan SNR untuk meneliti pengaruh faktor noise terhadap variasi yang timbul. Jenis SNR tergantung pada karakteristik yang diinginkan yaitu :

#### 1. *Smaller the better*

Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Contohnya adalah keausan, kebocoran dll. Nilai SNR untuk karakteristik *smaller the better* persamaan (1)

$$SNR = -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

dengan: n = banyaknya ulangan dalam tiap eksperimen

#### 2. *Larger the better*

Karakteristik kualitas dimana semakin besar nilainya, maka kualitas semakin baik. Contohnya adalah efisiensi bahan bakar mobil. Nilai SNR untuk karakteristik *larger the better* dari persamaan (2)

$$SNR = -10 \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (2)$$

dengan: n = banyaknya ulangan dalam tiap eksperimen

#### 3. *Nominal the best*

Karakteristik kualitas dimana nilainya ditetapkan pada suatu nilai nominal tertentu, jika nilainya semakin mendekati nilai nominal tertentu maka kualitasnya semakin baik. Contohnya adalah ukuran produk dimana semakin mendekati ukuran nominal yang ditetapkan maka kualitasnya semakin baik. Nilai SNR untuk karakteristik *nominal the best* pada persamaan (3), (4) dan (5)

$$SNR = 10 \log_{10} \left[ \frac{\mu^2}{\sigma^2} \right] \quad (3)$$

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (4)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2 \quad (5)$$

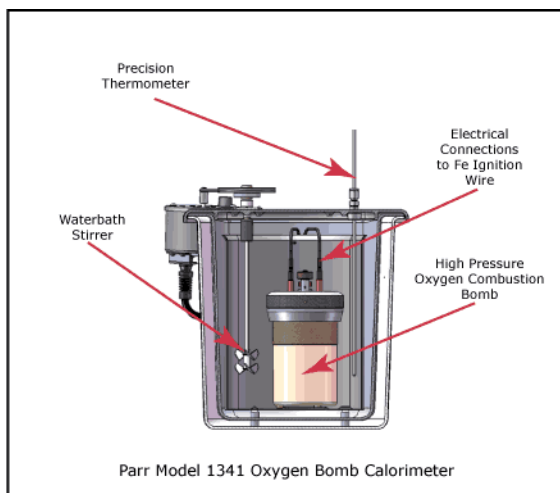
dengan: n = banyaknya ulangan dalam tiap

eksperimen  
y = nilai pada setiap run  
μ = rata-rata dari setiap run  
σ<sup>2</sup> = deviasi dari setiap run

### Nilai Kalor Arang

Arang sebagai bahan bakar ditentukan dari nilai kalornya. Nilai kalor adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu pembakaran sempurna suatu bahan tiap satuan massa. Satuan nilai kalor yang biasa digunakan adalah kalori/gram. Adapun alat yang digunakan untuk mengukur kalor disebut kalorimeter bom (*bomb calorimeter*).

Kalorimeter bom adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor (nilai kalor) yang dibebaskan pada pembakaran sempurna suatu senyawa atau bahan bakar. Berikut disajikan gambar bagian-bagian kalorimeter bom :



Gambar 1. Bagian-bagian Kalorimeter Bom

Setelah dilakukan pengujian terhadap nilai kalor, kemudian dibuat perhitungan nilai kalor dengan menggunakan standar ASTM D-2015 yang perhitungannya sebagai berikut persamaan (6), (7), dan (8):

$$t = tc - ta - r1(b - a) - r2(c - b) \quad (6)$$

$$W = \frac{6318 + e1 + e2}{t} \text{ kal} \quad (7)$$

$$Hg = \frac{tw - e1 - e2}{m} \quad (8)$$

Keterangan :

a: waktu pembakaran  
b: waktu yang diperoleh untuk mencapai 60% pembakaran total (diperoleh melalui interpolasi) (menit)  
c: waktu yang ditunjuk saat tidak ada perubahan suhu setelah proses pembakaran (menit)  
ta: temperatur pada saat pembakaran (°C)  
tc: temperatur pada saat mencapai waktu c (°C)  
r1: temperatur rata-rata setiap menit sebelum terjadi pembakaran (°C/menit)  
r2: temperatur rata-rata setiap 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 setelah pengujian (gram)  
w: ekuivalen energi kalorimetri dari pembakaran asam benzoat (kal/°C)  
H: nilai kalor (kal/g).

Arang diperoleh melalui proses pirolisis yaitu proses dekomposisi termal suatu material tanpa kehadiran oksigen (Jahirul dkk, 2012). Nilai kalor arang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain temperatur pirolisis, waktu pirolisis dan temperatur pengeringan. Suhu pirolisis berpengaruh terhadap hasil pirolisis, karena dengan bertambahnya suhu maka proses peruraian makin sempurna, proses peruraian biomassa memerlukan energi kalor. Semakin tinggi suhu maka hasil cair yang diperoleh semakin besar (Hasanah dkk, 2012). Namun pada suhu tertentu, kenaikannya malah akan menurunkan hasil cair yang diperoleh. Waktu pirolisis berpengaruh terhadap kesempatan untuk bereaksi. Semakin lama pirolisis berlangsung, produk yang dihasilkan (residu padat, tar dan gas) semakin naik (Sadaka, 2011). Waktu yang dibutuhkan tergantung pada jumlah dan jenis bahan yang diproses. Temperatur pengeringan berpengaruh terhadap kadar air sampel sebelum dilakukan pirolisis. Semakin tinggi temperatur pengeringan, maka kadar air akan semakin berkurang. Semakin tinggi kadar air sampel, maka hasil cair yang diperoleh semakin besar (Lufina, 2013).

### METODE

Proses pengeringan dan pirolisis dilakukan di Laboratorium Perpindahan Kalor dan Massa PAU UGM, sedangkan pengujian

nilai kalor dilakukan di Laboratorium Energi Kayu Fakultas Kehutanan UGM dengan menggunakan bom kalorimeter merk Parr item No.1341 No.Seri 3403.

#### Prosedur dan Langkah Eksperimen

1. Pemilihan karakteristik kualitas  
Karakteristik kualitas berdasarkan metode Taguchi yang sesuai dengan penelitian ini adalah *Larger The Better* karena hasil yang diinginkan pada penelitian ini adalah nilai kalor arang paling besar dengan variabel eksperimen yang ditentukan.
2. Pemilihan parameter penelitian  
Pada penelitian ini, parameter penelitian yang dipilih adalah :
  - a. temperatur pirolisis
  - b. waktu pirolisis
  - c. temperatur pengeringan
  - d. waktu pengeringan
 Parameter-parameter di atas dipilih karena parameter tersebut berpotensi mempengaruhi nilai arang. Masing-masing parameter dilakukan dengan 5 level.

Tabel 1. Parameter dan level eksperimen

level	Parameter			
	A: Temperatur pirolisis (°C)	B: Waktu pirolisis (menit)	C: Temperatur pengeringan (°C)	D: Waktu pengeringan (jam)
1	450	60	95	12
2	500	75	100	15
3	550	90	105	18
4	600	105	110	21
5	650	120	115	24

3. Pemilihan *Orthogonal Array* (OA)  
Pemilihan *orthogonal array* dengan metode Taguchi ini dilakukan menggunakan software Minitab 16. Dalam penelitian ini, terdapat 4 parameter (faktor) dan 5 level maka orthogonal array-nya adalah  $L_{25}5^4$  artinya ada 25 variasi eksperimen untuk 4 parameter dengan 5 level.
4. Eksperimen  
Tempurung kelapa dibersihkan dari sabut dan daging buah. Setelah itu tempurung kelapa di crusher agar ukuran tempurung lebih kecil sehingga memudahkan dalam proses pengeringan dan pirolisis. Kemudian sampel dikeringkan dalam oven suhu 95°C, 100°C, 105°C, 110°C dan 115°C dengan waktu pengeringan 24 jam. Arang dibuat dengan cara pirolisis dalam tungku baja tahan api pada suhu

450°C, 500°C, 550°C, 600°C dan 650°C. Waktu pirolisis divariasi 60, 75, 90, 105 dan 120 menit. Pada setiap variasi digunakan sampel tempurung kelapa sebanyak 250 gram.



Gambar 3. Sampel tempurung kelapa

Setelah pirolisis selesai, maka sampel arang siap untuk diuji nilai kalornya dengan kalorimeter bom. Sejumlah sampel ditempatkan pada tabung beroksigen yang tercelup dalam medium penyerap kalor (kalorimeter) dan sampel akan terbakar oleh api listrik dari kawat nikelin yang terpasang di dalam tabung.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 Data Hasil Eksperimen

no	temperatur pirolisis (°C)	waktu pirolisis (menit)	temperatur pengeringan (°C)	waktu pengeringan (jam)	nilai kalor (kal/gr)	total energi (kWh)
1	450	60	95	12	7,331,112	29,00
2	450	75	100	15	7,269,760	36,25
3	450	90	105	18	7,076,759	43,50
4	450	105	110	21	6,988,012	50,75
5	450	120	115	24	7,056,044	58,00
6	500	60	100	18	7,059,226	41,00
7	500	75	105	21	7,069,485	48,25
8	500	90	110	24	7,337,396	55,50
9	500	105	115	12	7,103,999	32,75
10	500	120	95	15	7,126,101	40,00
11	550	60	105	24	7,381,683	53,00
12	550	75	110	12	7,127,165	30,25
13	550	90	115	15	7,211,409	37,50
14	550	105	95	18	7,102,863	44,75
15	550	120	100	21	7,108,619	52,00
16	600	60	110	15	8,230,273	35,00
17	600	75	115	18	7,421,821	42,25
18	600	90	95	21	8,513,835	49,50
19	600	105	100	24	7,667,268	56,75
20	600	120	105	12	7,268,550	34,00
21	650	60	115	21	7,606,989	47,00
22	650	75	95	24	7,062,341	54,25
23	650	90	100	12	7,856,745	31,50
24	650	105	105	15	7,068,263	38,75
25	650	120	110	18	7,330,102	46,00

Berdasarkan data di atas terlihat bahwa nilai kalor arang rata-rata di atas 7000 kal/gr. Nilai kalor arang terendah yaitu 6988,012 kal/gr pada eksperimen ke-4, sedangkan nilai kalor arang tertinggi mencapai 8513,835 kal/gr pada eksperimen ke-18. Hal ini menunjukkan bahwa hasil eksperimen telah memenuhi standar SNI 06-4369-1996 tentang arang tempurung kelapa yaitu nilai kalor arang tempurung kelapa > 7000 kal/gr.

Analisa dengan metode Taguchi

Metode taguchi adalah sebuah metode eksperimen dengan banyak parameter penelitian tetapi meminimalkan biaya dan waktu eksperimen. Parameter yang digunakan ada 4 dengan masing-masing 5 level penelitian. Orthogonal array yang digunakan adalah  $L_{25}(5^4)$  dan hasil eksperimen seperti pada tabel 4.1.

Analisis SNR

Dalam metode Taguchi digunakan analisis *signal to noise ratio* (SNR) untuk menganalisis hasil eksperimen. Tipe SNR yang dipilih adalah *larger the better* karena target dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai kalor arang yang sebesar-besarnya.

Perhitungan SNR dilakukan dengan software minitab 16 seperti ditampilkan pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. SNR

no	temperatur pirolisis (°C)	waktu pirolisis (menit)	temperatur pengeringan (°C)	waktu pengeringan (jam)	SNR
1	450	60	95	12	77,303
2	450	75	100	15	77,230
3	450	90	105	18	76,996
4	450	105	110	21	76,887
5	450	120	115	24	76,979
6	500	60	100	18	76,975
7	500	75	105	21	76,987
8	500	90	110	24	77,311
9	500	105	115	12	77,030
10	500	120	95	15	77,057
11	550	60	105	24	77,363
12	550	75	110	12	77,058
13	550	90	115	15	77,161
14	550	105	95	18	77,028

15	550	120	100	21	77,036
16	600	60	110	15	78,314
17	600	75	115	18	77,410
18	600	90	95	21	78,604
19	600	105	100	24	77,700
20	600	120	105	12	77,230
21	650	60	115	21	77,628
22	650	75	95	24	76,979
23	650	90	100	12	77,911
24	650	105	105	15	76,986
25	650	120	110	18	77,302

Tabel 4. SNR tiap level

Level	Temperatur pirolisis (A)	Waktu pirolisis (B)	Temperatur pengeringan (C)	Waktu pengeringan (D)
1	77,08	77,51	77,39	77,31
2	77,07	77,13	77,37	77,35
3	77,13	77,60	77,11	77,14
4	77,85	77,12	77,37	77,43
5	77,36	77,12	77,24	77,26

Berdasarkan tabel 4. di atas terlihat bahwa nilai SNR terbesar untuk parameter A, B, C dan D masing-masing A4 (77,85), B3(77,60), C1(77,39) dan D4(77,43). Kondisi A4, B3, C1 Dan D4 ini mengindikasikan kondisi optimal nilai kalor arang yang berarti temperatur pirolisis 600°C, waktu pirolisis 90menit, temperatur pengeringan 95°C dan waktu pengeringan 21jam. Kondisi ini tercapai pada eksperimen ke-18 yang menyatakan nilai SNR maksimal yaitu 78,604.

Analisa *energi balance*

Pemakaian alat tidak terlepas dari energi. Pengeering dan piroliser menggunakan sumber energi yang berasal dari listrik. Besarnya pemakaian energi listrik dapat dilihat pada tabel 5. Nilai kalor terbesar dicapai pada eksperimen ke-18 (8513,835 kal/gr) disusul nilai kalor pada eksperimen ke-16 (8230,273 kal/gr) dengan perbandingan sebagai berikut :

Tabel 5. Perbandingan eksperimen ke-16 dan ke-18

no	temperatur pirolisis (°C)	waktu pirolisis (menit)	temperatur pengeringan (°C)	waktu pengeringan (jam)	nilai kalor (kal/gr)	total energi (kWh)
16	600	60	110	15	8,230,273	35,00
18	600	90	95	21	8,513,835	49,50

Dari sudut pandang nilai kalor, eksperimen ke-18 yaitu temperature pirolisis 600°C, waktu pirolisis 90 menit, temperature pengeringan 95°C dan waktu pengeringan 21 jam adalah kondisi optimal nilai kalor arang karena memberikan nilai kalor maksimal. Namun dilihat dari total waktu dan biaya, maka eksperimen ke-16 yaitu temperature pirolisis 600°C, waktu pirolisis 60 menit, temperature pengeringan 110°C dan waktu pengeringan 15 jam adalah kondisi optimal. Total energi merupakan total energi listrik yang digunakan dalam proses pembuatan arang meliputi energi pengeringan sebelum dilakukan pirolisis dan energi pirolisis yang digunakan. Pada saat pengeringan digunakan oven pengering dengan daya 2 kW dan proses pirolisis dengan piroliser 5 kW. Biaya eksperimen sebanding dengan pemakaian energi listrik. Semakin besar pemakaian energi listrik, maka biaya yang harus dikeluarkan juga semakin besar.

Sebagai contoh eksperimen ke-16 diperlukan energi listrik total 35,00 kWh. Apabila biaya pemakaian listrik Rp 1353,00/kWh, berarti total biaya untuk melakukan eksperimen ke-16 adalah Rp 47.355,00. Biaya ini tidak sebanding dengan biaya jual arang yang dihasilkan. Namun dalam penelitian ini, tinjauan secara biaya/ekonomi diabaikan. Penelitian terfokus bagaimana memperoleh arang tempurung kelapa yang berkualitas yaitu nilai kalor arang tinggi dan hemat dalam pemakaian energi listrik.

Eksperimen ke-16 memerlukan waktu yang lebih singkat dalam proses pirolisis (60 menit) dan pengeringan (15 jam) sehingga biaya yang dibutuhkan juga lebih sedikit dibandingkan dengan eksperimen ke-18. Dapat disimpulkan bahwa kondisi optimal untuk memperoleh nilai kalor maksimal dicapai pada eksperimen ke-16 yaitu temperatur pirolisis 600°C, waktu pirolisis 60 menit, temperatur pengeringan 110°C dan waktu pengeringan 15 jam

#### Analisis of variance (ANOVA)

Berdasarkan data hasil pengukuran di atas dilakukan *analysis of variance* (ANOVA) untuk melihat pengaruh masing-

masing parameter terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa.

Hipotesis penelitian :

H0 : tidak ada pengaruh yang signifikan antara temperatur pirolisis, waktu pirolisis dan waktu pengeringan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa.

H1 : ada pengaruh yang signifikan antara temperatur pirolisis, waktu pirolisis dan waktu pengeringan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa.

H0 akan ditolak apabila nilai  $F > F_{\alpha, df-num, df-den}$

Dimana :

$\alpha$  = tingkat kepercayaan, diambil 5%

df-num = k - 1 dengan k adalah jumlah variabel (bebas dan terikat) penelitian

df-den = n - k dengan n adalah jumlah eksperimen

Pada penelitian ini df-num = 5-1 = 4

df-den = 25-5 = 20

Berdasarkan tabel distribusi F untuk F 0.05; 4; 20 adalah 2,87.

Perhitungan ANOVA dilakukan dengan software minitab 16 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 6. ANOVA

No	Parameter	DF	SS	MS	F	Pure SS	Kontribusi (%)
1	Temperatur pirolisis (A)	4	16741,21	418530,30	18,097	15816,15	45,399
2	Waktu pirolisis (B)	4	86293,3	215733,30	9,328	77042,7	22,115
3	Temperatur pengeringan (C)	4	22822,2	28527,75	1,233	13571,6	3,896
4	Waktu pengeringan (D)	4	53346,2	133365,50	5,766	44095,6	12,658
5	Error	8	18501,2	23126,50			15,932
6	Total	24	34837,49				100

Berdasarkan tabel 6. di atas terlihat bahwa nilai F untuk parameter A, B, C dan D masing-masing 18.097, 9.328, 1.233 dan 5.766 sedangkan nilai F tabel adalah 2,87. Hal ini menunjukkan bahwa H1 diterima untuk parameter A, B dan D yaitu  $F > F_{tabel}$  artinya parameter temperatur pirolisis, waktu pirolisis dan waktu pengeringan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kalor arang. Sedangkan H0 diterima untuk parameter C yaitu  $F < F_{tabel}$  artinya temperatur pengeringan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kalor arang.

Besarnya pengaruh masing-masing parameter terhadap nilai kalor arang ditunjukkan pada kolom kontribusi pada tabel 4.4. di atas. Temperatur pirolisis erat

kaitannya dengan proses peruraian biomassa. Dengan bertambahnya temperatur, maka proses peruraian biomassa juga semakin sempurna. Proses peruraian ini memerlukan energi kalor (Jahirul dkk, 2012). Biomassa terdiri dari komponen utama selulosa, hemiselulosa dan lignin. Tempurung kelapa mengandung selulosa 14%, hemiselulosa 32%, lignin 46% dan unsur lain 8% (Hasanah, 2012). Selama proses pemanasan pirolisis, selulosa dan hemiselulosa terurai menjadi volatile matter. Sedangkan lignin terurai menjadi karbon (Sadaka, 2011). Waktu pirolisis berpengaruh terhadap kesempatan untuk bereaksi (Lufina dkk, 2013). Semakin lama pirolisis berlangsung, produk yang dihasilkan (residu padat, tar dan gas) semakin naik. Parameter pengeringan yang terdiri dari temperatur pengeringan dan waktu pengeringan memberikan kontribusi yang lebih kecil terhadap nilai kalor arang. Pengeringan berpengaruh terhadap kadar air bahan yang akan dipirolisis. Semakin tinggi suhu pengeringan dan semakin lama waktu pengeringan maka kadar air bahan semakin kecil. (Sunarsih dkk, 2012). Kadar air berpengaruh besar dalam proses pengarangan dan sifat arang terutama nilai kalor arang yang dihasilkan. Semakin rendah kadar air arang, maka nilai kalor arang yang dihasilkan semakin tinggi (Soeparno, 1993).

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pengolahan data di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Parameter yang diuji yaitu temperatur pirolisis, waktu pirolisis dan temperatur pengeringan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kalor arang tempurung kelapa. Pengaruh paling besar diberikan oleh temperatur pirolisis sebesar 45.399% diikuti waktu pirolisis 22.115%, waktu pengeringan 12.658 dan temperatur pengeringan 3.896%.
- b. Kondisi optimum semua parameter untuk menghasilkan nilai kalor maksimal diperoleh pada kondisi temperatur pirolisis 600°C, waktu pirolisis 90 menit, temperatur pengeringan 95°C dan waktu pengeringan 21 jam.

## DAFTAR PUSTAKA

\_\_\_\_\_, 2013, *Market and Trade of Coconut Product*, Asian and Pacific Coconut Community, Bangkok Thailand.

Belavendram, Nicolo, 1995, *Quality by Design : Taguchi Techniques for Industrial Experimentation*, Prentice Hall International (UK) Limited Campus 400, Maryland.

Hasanah, U., Bambang Setiaji, Triyono dan Chairil Anwar, 2012, *The Chemical Composition and Physical Properties of the Light and Heavy Tar Resulted from Coconut Shell Pyrolysis*, Journal App.Chemical 2012, 1(1), 26-32.

Jahirul, M.I., Mohammad G.Rasul, Ashfaque Ahmed Chowdhury and Nanjappa Ashwath, 2012, *Biofuels Production Through Biomass Pyrolysis-A Technological Review*, Journal Energies 2012, 5, 4952-5001; doi: 10.3390/en5124952.

Lufina, I., Bambang.S. dan Rini .Y., 2013, Studi Pemanfaatan Minyak Karet (*Hevea brasiliensis*) sebagai Bahan Bakar pada Kompor Rumah Tangga, Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem Vol.1 No.1 Februari 2013.

Sadaka, S., 2011, *Pyrolysis*, Associate Scientist, Center for Sustainable Environmental Technologies Adjunct Assistant Professor, Department of Agricultural and Biosystems Engineering Iowa State University

Soeparno, 1993, Pengaruh Tekanan Waktu Kempa dan Jenis Serbuk pada Pembuatan Arang Gergajian terhadap Rendemen dan Nilai Panas, Tesis, Fakultas Kehutanan UGM.

Sunarsih, Sri, Yuli Pratiwi dan Yordanesa Sunarto, 2012, Pengaruh Suhu, Waktu dan Kadar Air pada Pembuatan Asap Cair dari Limbah Padat Pati Aren, Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III Yogyakarta, 3 November 2012