

**KORELASI ANTARA PENGUKURAN KALOR WATER BOILING TEST DAN
KALORIMETER BOM MENGGUNAKAN MODEL REGRESI**
***CORRELATION BETWEEN WATER BOILING TEST AND BOM
CALORIMETER MEASUREMENT USING REGRESSION MODEL***

Yunita Rachmawati¹, Suwandi², A R I Utami³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

yunitarchmwt@student.telkomuniversity.ac.id¹, suwandi.sains@telkomuniversity.ac.id²,
amaliyahriu@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Untuk mencari nilai kalor dari briket dapat menggunakan metode pengukuran *Water Boiling Test* pada kompor gasifikasi dan kalorimeter bom. Terdapat data yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, namun belum ada penelitian yang melakukan pemodelan dengan menghubungkan antara pengukuran *Water Boiling Test* pada kompor gasifikasi *updraft* dan kalorimeter bom. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan korelasi antara dua pengukuran kalor tersebut menggunakan model regresi. Data yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya digunakan untuk mencari pemodelan hubungan antara dua pengukuran tersebut dan diperoleh model dengan korelasi tinggi. Kemudian, dari hasil pemodelan data akan diuji dengan cara melakukan pengukuran pada *Water Boiling Test* dan kalorimeter bom. Dari data yang diperoleh akan menghasilkan nilai *error* antara nilai prediksi (kalorimeter bom model) dengan nilai aslinya (kalorimeter bom asli). Metode yang digunakan adalah model regresi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dua metode pengukuran tersebut memiliki hubungan yang sangat tinggi pada model orde tiga, empat, dan enam dengan nilai 100% dan hasil korelasi kalorimeter bom asli terhadap kalorimeter bom model menghasilkan korelasi sangat kuat dengan nilai *error* 1,26% menggunakan rumus model regresi eksponensial $y = 3571,5e^{0,00002x}$ dan nilai koefisien determinasi yaitu 83,19%.

Kata kunci: kalorimeter bom, kompor gasifikasi, korelasi, model regresi

Abstract

The Water Boiling Test measurement method on the gasification stove and the bomb calorimeter can be used to find the calorific value of briquettes. There are data that have been carried out by previous researchers, but there has been no research that has done modeling by connecting between the measurements of the Water Boiling Test on the updraft gasification stove and the bomb calorimeter. This study aims to correlate the two heat measurements using a regression model. The data carried out by previous studies were used to search for modeling the relationship between the two measurements and obtained a model with a high correlation. Then, the results of the data modeling will be tested by measuring the Water Boiling Test and the bomb calorimeter. From the data obtained, it will produce an error value between the predicted value (bomb calorimeter model) and the original value (original bomb calorimeter). The method used is a regression model. The results of this study indicate that the two measurement methods have a very high correlation in the third, fourth, and sixth order models with a value of 100% and the correlation between the original bomb calorimeter and the model bomb calorimeter produces a very strong correlation with an error value of 1.26% using the formula exponential regression model $y = 3571,5e^{0,00002x}$ and the coefficient of determination is 83,19%.

Keywords : bomb calorimeter, gasification stove, correlation, regression model

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di Indonesia meningkat karena adanya penambahan penduduk, sehingga berdampak juga pada pemakaian energi yang semakin meningkat. Sumber energi yang telah digunakan oleh manusia di antaranya yaitu gas alam, batu bara, panas bumi, minyak bumi, dan sebagainya. Energi fosil di Indonesia menjadi sumber energi utama manusia, namun jumlahnya saat ini sangat terbatas, sehingga energi terbarukan saat ini sangat dibutuhkan sebagai sumber energi alternatif. Energi terbarukan yang sedang diteliti di Indonesia salah satunya yaitu energi biomassa [1].

Biomassa adalah zat yang diekstrak dari bahan organik yaitu hewan maupun tumbuhan yang dapat diperbarui. Biomassa biasanya diproduksi secara langsung maupun tidak langsung oleh tumbuhan, dan juga dapat diubah menjadi energi terbarukan [2]. Biomassa memiliki kandungan energi yang berasal dari matahari melalui proses fotosintesis. Biomassa dapat diperoleh dari berbagai jenis limbah yaitu limbah pertanian, limbah perkebunan, limbah hutan, dan sampah kota. Indonesia dikenal sebagai negara agraris, sumber biomassa yang potensial digunakan dari limbah pertanian dan perkebunan [3]. Limbah pertanian di Indonesia sebagai negara agraris, sebanyak ratusan juta ton yang dihasilkan setiap tahunnya seperti kulit padi, jerami, tongkol jagung, seresah tebu, dan sebagainya. Daerah pertanian mempunyai potensi biomassa seperti ini sangat baik untuk dikonversi menjadi sumber panas bagi pengeringan sesudah panen [4]. Potensi biomassa salah satunya adalah menggunakan kompor gasifikasi. Limbah pertanian, bahan bakar, dan biomassa lainnya dapat dioptimalkan dengan diubah menjadi gas alam melalui reaktor *gasifier*. Bahan bakar gas yang berasal dari biomassa mempunyai nilai kalor yang besar.

Untuk mengetahui nilai kalor pada briket menggunakan dua metode pengukuran yaitu *Water Boiling Test* (WBT) pada kompor gasifikasi dan kalorimeter bom. Penggunaan pada kompor gasifikasi lebih murah, mudah didapatkan, dan banyak dilakukan juga untuk penelitian, sedangkan kalorimeter bom harganya mahal, sehingga adanya keterbatasan alat dari segi biaya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, untuk mencari nilai kalor dari briket dapat menggunakan kalorimeter bom dan kompor gasifikasi dengan metode pengukuran *Water Boiling Test* (WBT). Pengukuran nilai kalor yang lebih akurat menggunakan kalorimeter bom, namun karena keterbatasan alat dari segi biaya, maka dilakukan metode pengukuran menggunakan WBT pada kompor gasifikasi. Dengan nilai kalor yang berbeda jauh pada dua pengukuran tersebut, perlu diketahui korelasi nilai kalor tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan korelasi antara pengukuran kalor menggunakan *Water Boiling Test* dan kalorimeter bom menggunakan model regresi. Pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Jembris Sagisolo [5], melakukan analisis dengan menggunakan peramalan atau prediksi yang akan terjadi untuk sebuah perkembangan pelabuhan antara masukan yang korelasi dengan aktivitas pada pelabuhan, prediksi pada penelitian tersebut menggunakan metode regresi [5].

Perlu dilakukan pemodelan data pada pengukuran pertama dengan analisis model regresi sampai diperoleh persamaan, grafik, dan koefisien determinasi dengan nilai korelasi mendekati 1 atau -1. Kemudian, melakukan pengukuran kedua, dengan teknik WBT pada kompor gasifikasi jenis *updraft* untuk menguji hasil model regresi yang diperoleh dengan mencari nilai *error* terkecil dan validasi data menggunakan data kalorimeter bom. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memperoleh nilai *error* yang kecil dan nilai koefisien determinasi yang tinggi.

2. Perancangan Sistem

2.1 Pemodelan Data

Pemodelan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan model regresi. Di mana dari data yang sudah diperoleh akan dicari korelasinya lalu membuat model matematis untuk mencari nilai *error* pada pengujian model. Pemodelan data ini melihat korelasi atau hubungan antara kompor gasifikasi dan kalorimeter bom. Dilakukan banyak model matematis untuk mencari nilai korelasi yang paling tinggi. Dengan cara data yang diperoleh dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan rumus persamaan regresi, kemudian jika sudah didapat, mencari koefisien determinasi (R^2) untuk melihat hubungan dari dua variabel. Lalu dilakukan membuat grafik dari model tersebut dan dapat dianalisis. Model dikatakan berhasil ketika adanya korelasi dengan parameter $-1 \leq 0 \leq 1$. Berikut adalah rumus untuk mencari korelasi dari model regresi dan mencari koefisien determinasi.

1) Korelasi Model Regresi

a. Analisis Regresi Linear [5]

$$y = a + bx \quad (1)$$

dengan :

y = variabel terikat

x = variabel bebas

a, b = koefisien regresi

b. Analisis Regresi Polinomial [6]

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + arx^r \quad (2)$$

dengan :

y = variabel terikat

x = variabel bebas

a = konstanta

r = orde dari persamaan polinomial

c. Analisis Regresi Eksponensial [7]

$$y = b e^{ax} \quad (3)$$

dengan :

y = regresi eksponensial y terhadap x (variabel terikat)

x = variabel bebas

a, b = konstanta

d. Analisis Regresi Logaritma [5]

$$y = a + b \ln x \quad (4)$$

dengan :

y = variabel terikat

x = variabel bebas

a, b = koefisien regresi

2) Koefisien Determinasi [8]

$$R^2 = \frac{(n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y))^2}{(n(\sum X^2) - (\sum X)^2)(n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2)} \quad (5)$$

dengan :

R^2 = koefisien determinasi

Y = variabel terikat

X = variabel bebas

n = jumlah data

2.2 Skema Pengukuran

Skema pengukuran adalah langkah melakukan pengambilan data pada metode pengukuran *Water Boiling Test* (WBT) pada kompor gasifikasi dan kalorimeter bom. Penjelasannya adalah sebagai berikut.

1) Kompor Gasifikasi

Metode pengukuran pada kompor gasifikasi ini yaitu dengan menggunakan briket atau bahan bakar. Sampel yang digunakan yaitu 125 gram untuk setiap proses pengujian. Termokopel yang ditempatkan pada panci digunakan untuk mengukur suhu air dari suhu ruang hingga mencapai suhu didih. Termokopel menghasilkan suhu, lalu direkam melalui data *logger* setiap 1,5 detik. Mengukur mulai dari briket dapat dinyalakan dan dibakar untuk melihat waktu efektif dari gasifikasi, menggunakan *stopwatch*. Kemudian dilakukan pengolahan data dengan diketahui massa sampel sebelum dibakar dan sesudah dibakar, suhu awal air, suhu akhir air, waktu briket sampai api menyala, dan waktu briket api menyala sampai api mati.

2) Kalorimeter Bom

Metode pengukuran kalorimeter bom untuk mengatur suhu awal dan suhu setelah pemboman pada alat tersebut, menggunakan termokopel. Untuk mengukur jumlah kalor bahan bakar menggunakan kalorimeter bom, dilakukan dalam kondisi volume konstan tanpa reaksi pembakaran, namun yang digunakan yaitu gas oksigen sebagai pembakar untuk tekanan tinggi atau volume konstan.

2.3 Pengujian Model

Pengujian model dilakukan jika sudah memiliki persamaan model matematis. Sebelum pengujian, melakukan pengukuran baru dengan nilai kalor WBT pada kompor gasifikasi *updraft* menggunakan sensor termokopel tipe K yang sudah terkalibrasi dan kalorimeter bom yang diukur di ITB. Nilai kalor yang dihasilkan dari WBT (x) dimasukkan ke dalam rumus persamaan model (y). Kemudian, akan diperoleh hasil disebut sebagai nilai kalor kalorimeter bom model. Pada pengujian model ini dilakukan untuk mencari nilai *error* pada kalorimeter bom asli terhadap kalorimeter bom model. Pengujian nilai *error* dicari nilai *error* yang paling kecil, setelah dapat data tersebut, maka dilakukan mencari nilai koefisien determinasi untuk mengetahui korelasi antara kalorimeter bom asli dengan kalorimeter bom model. Dapat dilihat tabel 3.3 data uji model yang akan dilakukan. Berikut adalah rumus persamaan untuk mencari nilai *error* dan nilai koefisien determinasi.

1) Nilai *Error* [9]

$$\text{Nilai error} = \left| \frac{(\text{Nilai acuan} - \text{Nilai percobaan})}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\% \quad (6)$$

dengan :

Nilai *error* = perbandingan nilai perkiraan dengan nilai asli

Nilai acuan = nilai yang dihitung dengan manual

Nilai percobaan = nilai yang dihasilkan dari pengujian

2) Nilai R^2 menggunakan persamaan 5.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pemodelan Data

Pemodelan data pada penelitian ini menggunakan data peneliti sebelumnya. Pemodelan data dilakukan untuk mengetahui hubungan antara metode pengukuran WBT pada kompor gasifikasi dengan kalorimeter bom. Hubungan dari kedua metode pengukuran tersebut dilihat berdasarkan nilai R^2 atau koefisien determinasi pada model data. Pemodelan data dilakukan dengan dua cara yaitu data pengeringan dipisah dan data pengeringan digabung. Setiap data tersebut dilakukan pemodelan sampai dengan dihasilkan nilai koefisien determinasi yang tinggi. Hasil dari pemodelan data yang diperoleh yaitu nilai koefisien determinasi, model regresi, dan rumus pengeringan. Adapun hasil dari pemodelan data yaitu:

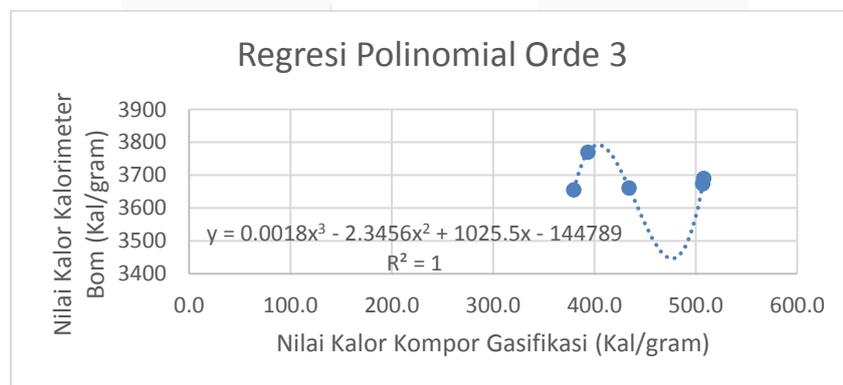
3.1.1 Data Pengeringan Dipisah

Data pengeringan dipisah adalah cara pertama dari pemodelan data untuk mengetahui hubungan metode pengukuran WBT pada kompor gasifikasi dengan kalorimeter bom. Pengolahan data dilakukan dipisah berdasarkan jenis pengeringan dimulai dari pengeringan 100°C , 125°C , dan 150°C . Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan data lengkap yang berjumlah lima data pada setiap pengeringan. Pada tabel 1 menggunakan model regresi polinomial orde tiga dan empat dengan kolom data berbagai pengeringan tersebut karena menghasilkan nilai koefisien determinasi tertinggi.

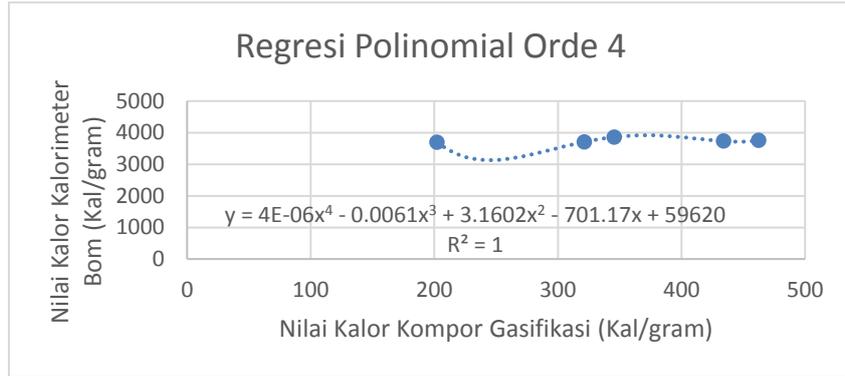
Tabel 1. Pemodelan Data Pengeringan Dipisah.

No.	R^2	Model Regresi	Data
1.	1	Orde Tiga	P 125°C
2.	1	Orde Empat	P 100°C
3.	1	Orde Empat	P 125°C
4.	1	Orde Empat	P 150°C
5.	0,9918	Orde Tiga	P 150°C

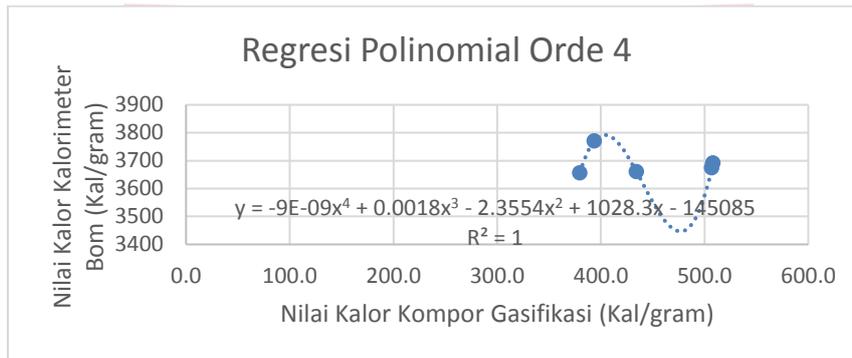
Berdasarkan tabel 1 nilai koefisien determinasi yang bernilai 1 atau sama dengan 100% diperoleh dari model regresi polinomial orde tiga pada data pengeringan 125°C dan model regresi polinomial orde empat pada data pengeringan 100°C , 125°C , dan 150°C . Kemudian, untuk nilai koefisien determinasi sebesar 0,9918 atau 99,18% didapat dari model regresi polinomial orde tiga pada data pengeringan 150°C .



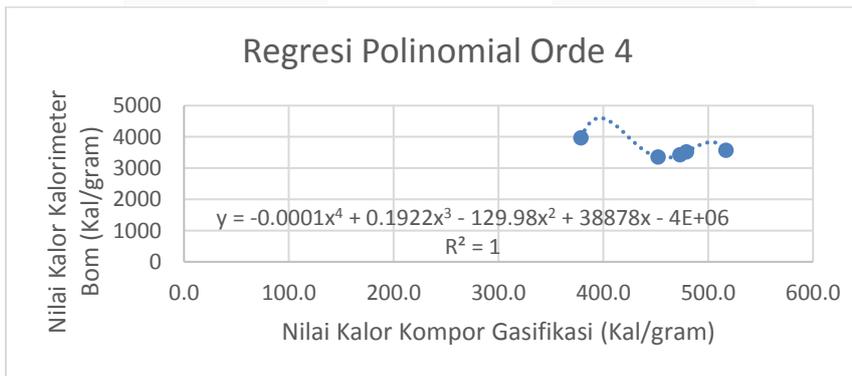
Gambar 1. Grafik pemodelan data pada data pengeringan 125°C .



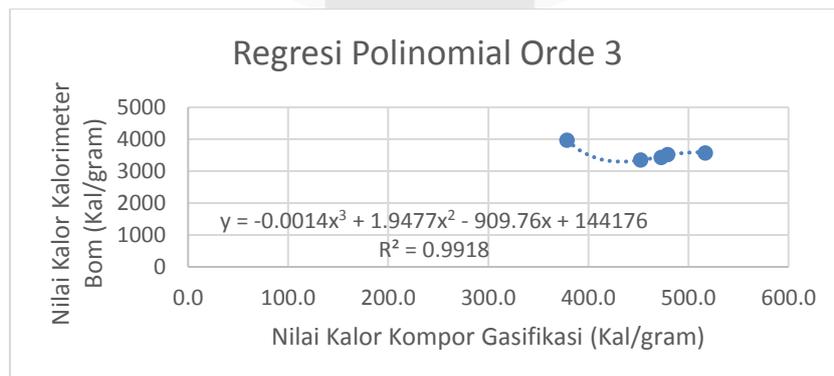
Gambar 2. Grafik pemodelan data pada data pengeringan 100°C.



Gambar 3. Grafik pemodelan data pada data pengeringan 125°C.



Gambar 4. Grafik pemodelan data pada rumus pengeringan 150°C.



Gambar 4. Grafik pemodelan data pada data pengeringan 150°C.

Berdasarkan pada gambar 1 sampai dengan 5 nilai koefisien determinasi tertinggi yaitu 1 atau 100%. Dapat disimpulkan bahwa pemodelan data yang paling bagus yaitu menggunakan model regresi polinomial orde tiga pada data pengeringan 100°C dan empat pada data pengeringan 100°C, 125°C, dan 150°C. Maka, pemodelan regresi pada data pengeringan dipisah dapat disimpulkan bahwa metode pengukuran WBT pada kompor gasifikasi berpengaruh atau memiliki hubungan antar variabel.

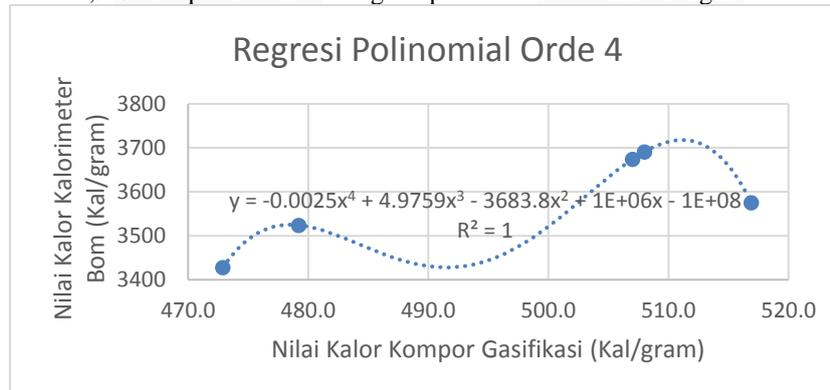
3.1.2 Data Pengeringan Digabung

Data pengeringan digabung adalah cara kedua untuk melihat hubungan antara metode pengukuran WBT pada kompor gasifikasi terhadap kalorimeter bom. Proses pengolahan data pada data pengeringan digabung dilakukan dengan berbagai cara yaitu menggunakan data lengkap yang digabung (data *sheet* AD), data lengkap dengan cara pengurangan satu datanya dari bawah (data *sheet* AD 1.1 – 1.5), data lengkap dengan cara pengurangan satu datanya dari atas (data *sheet* AD 2.1-2.5), dan data lengkap dengan cara pengurangan dua datanya dari nilai *error* tertinggi (data *sheet* AD 3.1-3.5). Berikut adalah tabel 2 dari hasil pemodelan data dengan nilai koefisien determinasi tertinggi pada data pengeringan digabung.

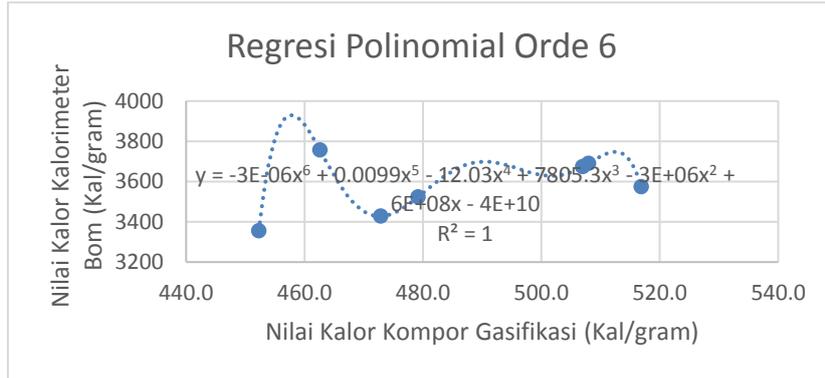
Tabel 2. Pemodelan Data Pengeringan Digabung.

No.	R ²	Model Regresi	Data
1.	1	Orde Empat	AD 3.5
2.	1	Orde Enam	AD 3.4
3.	0,9944	Orde Tiga	AD 3.5
4.	0,9865	Orde Dua	AD 3.5
5.	0,979	Orde Lima	AD 3.4

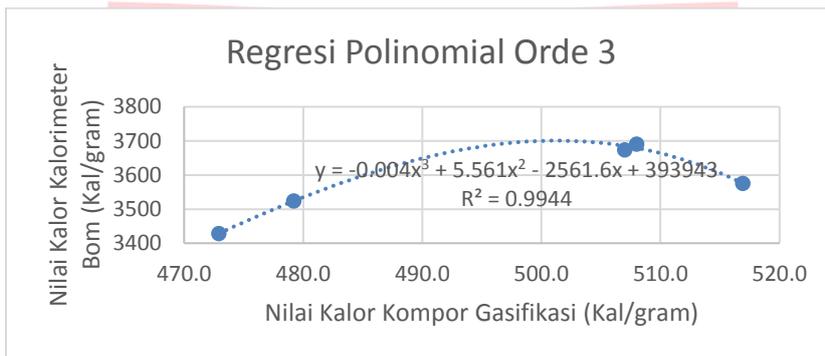
Hasil pengolahan data pada tabel 2 yaitu nilai koefisien determinasi yang tertinggi yaitu bernilai 1 atau 100% ketika menggunakan model regresi polinomial orde empat pada data *sheet* AD 3.5 hanya menggunakan lima data dan model regresi polinomial orde enam pada data *sheet* AD 3.4 dengan menggunakan tujuh data berdasarkan data peneliti sebelumnya. Pada koefisien determinasi sebesar 0,9944 yaitu menggunakan model regresi polinomial orde tiga dengan data *sheet* AD 3.5. R² yang diperoleh dengan nilai 0,9865 dihasilkan dari model regresi polinomial orde dua pada data *sheet* AD 3.5. Kemudian, koefisien determinasi sebesar 0,979 didapat dari model regresi polinomial orde lima dengan data *sheet* AD 3.4.



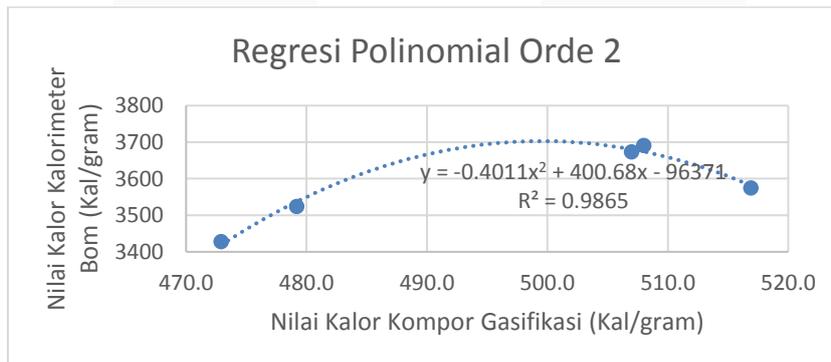
Gambar 4. 5 Grafik pemodelan data AD 3.5.



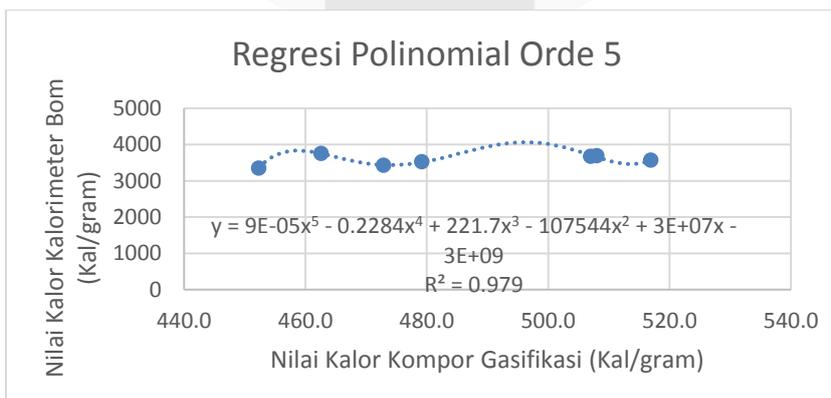
Gambar 4. 6 Grafik pemodelan data AD 3.4.



Gambar 4. 7 Grafik pemodelan data AD 3.5.



Gambar 4. 8 Grafik pemodelan data AD 3.5.

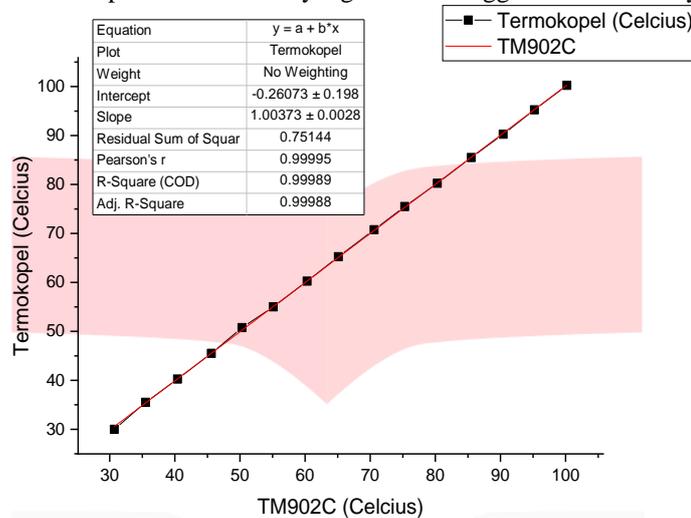


Gambar 4. 9 Grafik pemodelan data AD 3.4.

Dapat disimpulkan dari gambar 6 sampai dengan 10 nilai koefisien determinasi yang paling bagus dengan nilai 1 atau 100% dengan model regresi polinomial orde empat pada data AD 3.5 dan model regresi polinomial orde enam pada data AD 3.4. Angka tersebut dapat diartikan bahwa kedua metode pengukuran WBT pada kompor gasifikasi berpengaruh tinggi terhadap kalorimeter bom.

3.2 Kalibrasi Sensor Termokopel

Kalibrasi sensor termokopel tipe K dilakukan menggunakan TM902C sebagai acuan yang bertujuan untuk mengetahui kelayakan penggunaan pada sensor dengan diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) antara termokopel tipe K terhadap TM902C. Suhu yang diukur menggunakan suhu air yang dipanaskan.



Gambar 10. Grafik hasil kalibrasi sensor termokopel tipe K.

Hasil kalibrasi sensor termokopel tipe K dengan TM902C dapat dilihat pada gambar 11 Pada kalibrasi ini didapat grafik regresi linear dengan nilai R^2 atau koefisien determinasi dengan nilai 0,99989 atau 99,98%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa sensor termokopel tipe K memiliki korelasi yang tinggi atau data yang dihasilkan akurat. Maka, sensor termokopel tipe K pantas untuk digunakan.

3.3 Hasil Pengujian Pemodelan

Pengujian model dilakukan bertujuan untuk mengetahui model regresi yang baik digunakan dengan menghasilkan nilai korelasi yang tinggi dan nilai *error* yang terkecil. Setelah dilakukan pengambilan data baru pada nilai kalor menggunakan metode pengukuran WBT pada kompor gasifikasi (x) dan nilai kalor kalorimeter bom asli. Kemudian, dari rumus yang sudah diperoleh pada pemodelan data (y) digunakan untuk mendapatkan nilai kalor kalorimeter bom model, dengan cara menggunakan nilai x yang didapat dari data baru, kemudian dimasukkan ke dalam rumus tersebut (y). Maka, akan menghasilkan nilai kalor kalorimeter bom model dengan memperkirakan nilainya berdasarkan rumus. Pengujian model dilakukan dengan cara nilai kalor kalorimeter bom model diujikan dengan kalorimeter bom asli. Pada pengujian ini dihasilkan nilai *error* terkecil dan dari data tersebut menghasilkan nilai R^2 . Pengujian model korelasi menggunakan dua cara rumus pemodelan data yaitu data pengeringan dipisah dan data pengeringan digabung.

3.3.1 Uji Model Data Pengeringan Dipisah

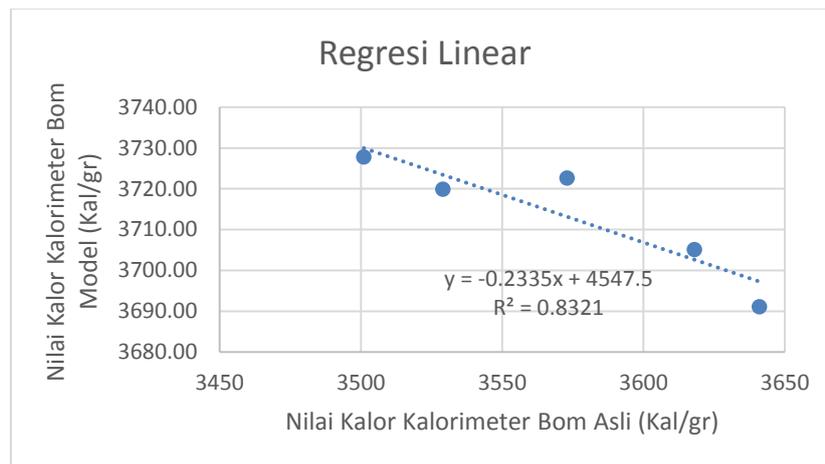
Model data pengeringan dipisah adalah cara pertama untuk mengetahui nilai korelasi dan nilai *error* yang diperoleh antara kalorimeter bom asli dengan kalorimeter bom model. Pengolahan data cara pertama dengan menggunakan rumus pemodelan data pengeringan dipisah juga. Proses yang dilakukan menggunakan semua nilai kalor WBT pengeringan yang data baru (x), selanjutnya nilainya dimasukkan ke dalam rumus tersebut (y). Sehingga, akan menghasilkan banyak nilai kalorimeter bom model tanpa melihat jenis pengeringan kemudian diujikan dengan kalorimeter bom asli pada data baru. Bertujuan untuk mendapatkan nilai *error* terkecil dari pengolahan data tersebut. Setelah itu, pada data nilai *error* terkecil diolah kembali dan menghasilkan nilai R^2 atau korelasi dari data kalorimeter bom asli terhadap kalorimeter

bom model. Berikut adalah tabel korelasi dengan nilai *error* terkecil dan nilai koefisien determinasi tertinggi.

Tabel 3. Korelasi Kalorimeter Bom Asli terhadap Kalorimeter Bom Model dengan Data Dipisah.

No.	Nilai <i>Error</i> (%)	R ²	Model Regresi	Rumus	Nilai Kalor	Persamaan
1.	3,97	0,8321	Linear	P125°C	P125°C	$y = -0,1696x + 3765,8$

Berdasarkan tabel 3 menggunakan model regresi linear dengan rumus pengeringan 125°C dan nilai kalor pengeringan 125°C. Persamaan model matematis regresi linear dengan menghasilkan nilai *error* yaitu 3,97% dan juga R² yang tinggi pada gambar 12 yaitu 0,8321 atau sama dengan 83,21%. Berdasarkan nilai *error* dan nilai koefisien determinasi yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa pada model ini memiliki hubungan yang sangat tinggi.



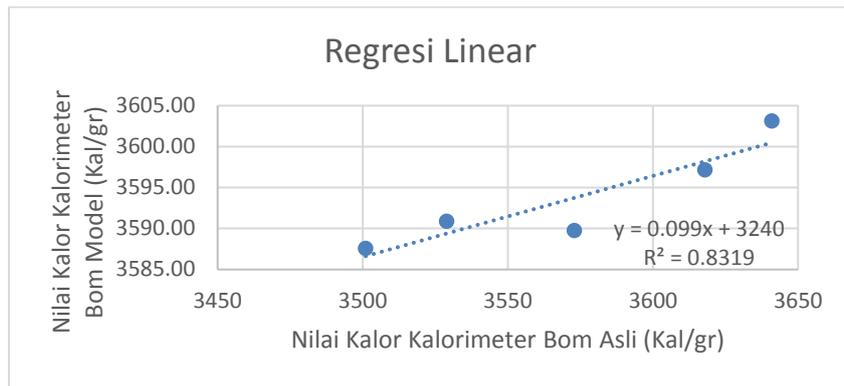
Gambar 11. Koefisien determinasi data nilai *error* model regresi linear.

3.3.2 Uji Model Data Pengeringan Digabung

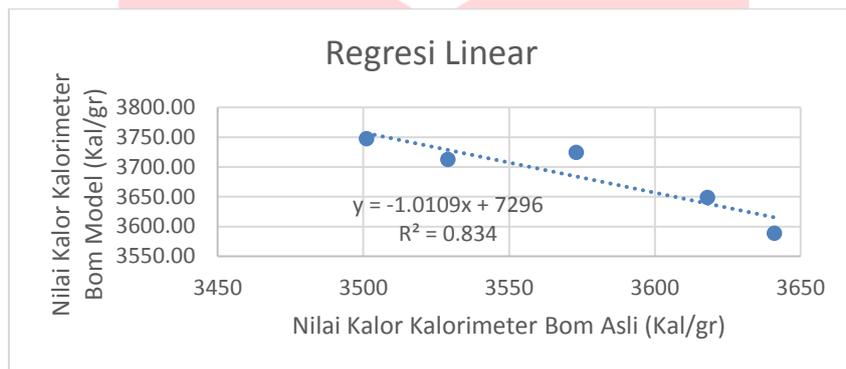
Model data pengeringan digabung adalah cara kedua untuk mengetahui korelasi antara kalorimeter bom asli terhadap kalorimeter bom model. Pengolahan data pada cara kedua ini yaitu nilai kalor WBT pada kompor gasifikasi (x) semuanya dimasukkan ke dalam semua rumus pemodelan data digabung yaitu rumus *sheet* AD, AD 1.1-1.5, AD 2.1-2.5, dan AD 3.1-3.5. Pada tabel 4.4 menghasilkan nilai *error* yang sangat kecil dan nilai koefisien determinasi (R²) yang tinggi. Nilai koefisien determinasi di atas 0,80 dapat diartikan tingkat hubungan korelasi kalorimeter bom asli dengan kalorimeter bom model sangat tinggi. Angka tersebut juga dapat disimpulkan bahwa data yang diperoleh akurat.

Tabel 4. Korelasi Kalorimeter Bom Asli terhadap Kalorimeter Bom Model dengan Data Digabung.

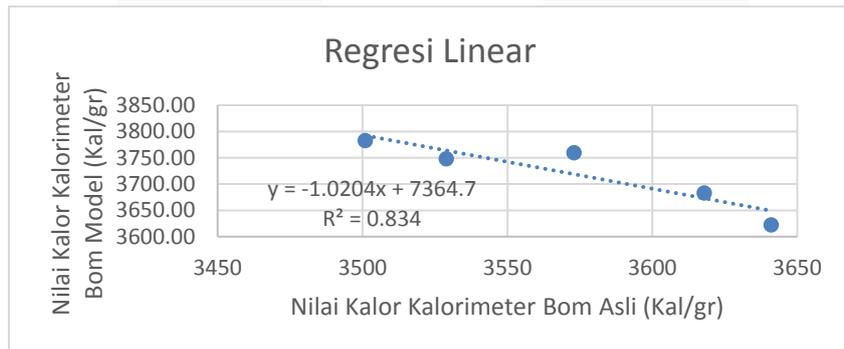
No.	Nilai <i>Error</i> (%)	R ²	Model Regresi	Rumus	Nilai Kalor	Persamaan
1.	1,26	0,8319	Ekspensial	AD 3.3	P125°C	$y = 3571,5e^{0,00002x}$
2.	3,76	0,834	Ekspensial	AD 2.1	P125°C	$y = 3919,6e^{-0,0002x}$
3.	4,36	0,834	Ekspensial	AD 1.1	P125°C	$y = 3956,5e^{-0,0002x}$
4.	4,57	0,8321	Linear	AD 3.2	P125°C	$y = -0,7468x + 3962,4$
5.	4,67	0,8562	Logaritma	AD	P125°C	$y = -217,3\ln(x) + 4977,1$
6.	5	0,9238	Ekspensial	AD 3.4	P150°C	$y = 2460e^{0,0008x}$



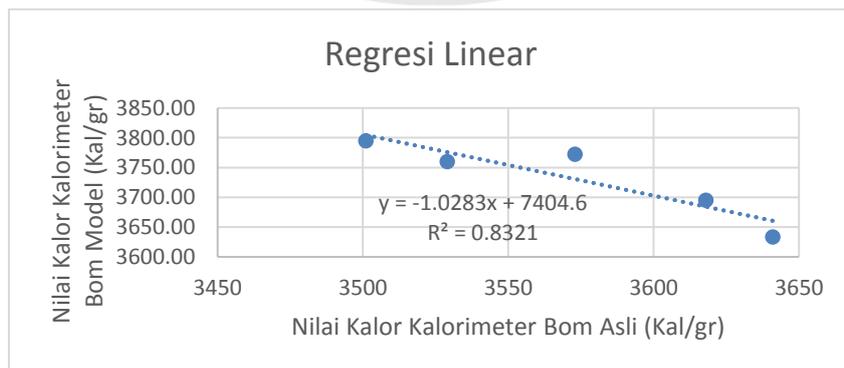
Gambar 12. Koefisien determinasi data nilai *error* model eksponensial (AD 3.3).



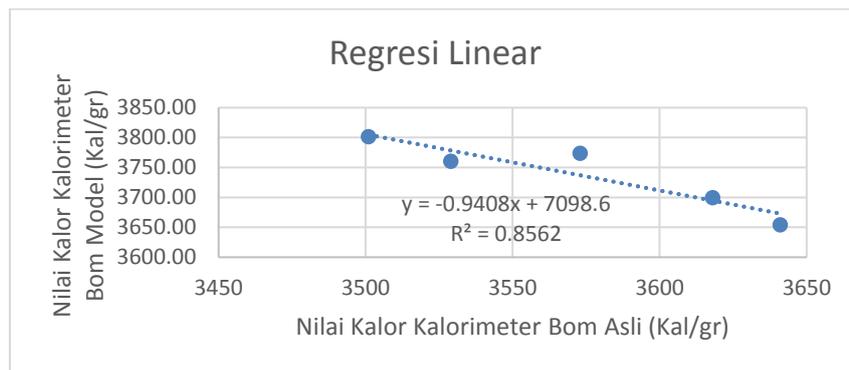
Gambar 13. Koefisien determinasi data nilai *error* model eksponensial (AD 2.1).



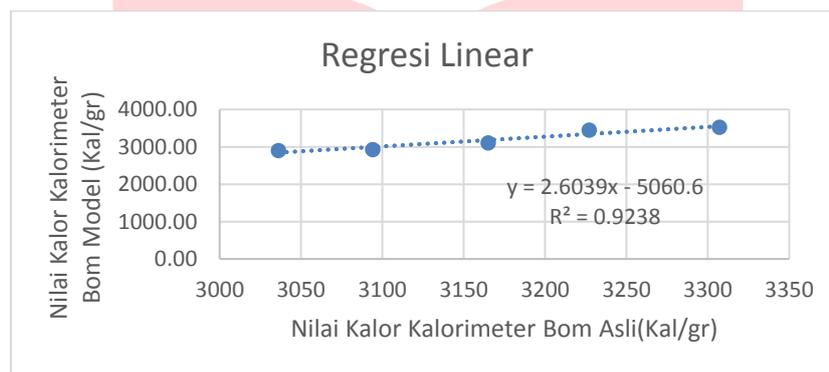
Gambar 14. Koefisien determinasi data nilai *error* model eksponensial (AD 1.1).



Gambar 16. Koefisien determinasi data nilai *error* model regresi linear (AD 3.2).



Gambar 17. Koefisien determinasi data nilai *error* model logaritma (AD).



Gambar 18. Koefisien determinasi data nilai *error* model eksponensial (AD 3.4).

Berdasarkan pada tabel 4 diperoleh nilai *error* terkecil yaitu 1,26% dan nilai R^2 sebesar 0,8319 terdapat pada gambar 13 menggunakan persamaan model regresi eksponensial pada rumus *sheet* AD 3.3 dengan nilai kalor pengeringan 125°C. Terdapat nilai koefisien determinasi yang sama yaitu pada gambar 14 dan 15 dengan nilai 0,834 menggunakan model eksponensial dan nilai kalor pengeringan 125°C, pada rumus AD 2.1 menghasilkan nilai *error* sebesar 3,76% sedangkan pada rumus AD 1.1 didapat nilai *error* yaitu 4,36%. Pada nilai *error* 4,57% dan koefisien determinasi 0,8321 dengan gambar 16 menggunakan model regresi linear pada rumus AD 3.2 dengan nilai kalor pengeringan 125°C. Didapat juga nilai *error* 4,67% dengan nilai $R^2 = 0,8562$ pada gambar 17 dari model regresi logaritma terhadap rumus AD dan menggunakan nilai kalor pengeringan 125°C. Nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi adalah 0,9238 dapat dilihat pada gambar 18, sedangkan nilai *error* yang didapat sebesar 5% menggunakan persamaan model matematis regresi eksponensial adalah dengan persamaan rumus *sheet* AD 3.4 dengan nilai kalor yang digunakan adalah pengeringan 150°C.

Dapat disimpulkan bahwa pengujian model pada data pengeringan digabung dengan melihat nilai keduanya yaitu nilai *error* dan nilai koefisien determinasi terbaik adalah pada rumus *sheet* AD 3.3 dengan model regresi eksponensial menggunakan nilai kalor pengeringan 125°C menghasilkan nilai *error* terkecil yaitu 1,26%. Nilai R^2 yang dihasilkan adalah 0,8319 atau 83,19%, dengan nilai diatas 0,80 itu sudah sangat tinggi korelasinya. Walaupun nilai koefisien determinasi ada yang lebih tinggi mencapai 92,38%, namun nilai *error* 5% juga cukup tinggi dibandingkan dengan 1,26%.

3.3.3 Hasil Uji Model Data Validasi Penelitian ini dan Penelitian Sebelumnya

Berdasarkan tabel 4, hasil pengujian model terbaik pada penelitian ini memiliki nilai *error* sebesar 1,26%. Nilai korelasi hasil data tersebut sangat kuat, berdasarkan gambar 12, dengan nilai 0,8319 atau 83,19%. Model yang digunakan adalah model regresi eksponensial pada data pengeringan digabung dengan persamaan $y = 3571,5e^{0,00002x}$ dari data *sheet* AD 3.5. Tabel 5 menyajikan data *detail* hasil terbaik dari uji model validasi tersebut. Hasil korelasi dari kalorimeter bom asli dengan kalorimeter bom model terdapat pada gambar 12.

Tabel 5. Uji Model Data Validasi.

Sampel	Persamaan Model Eksponensial	Nilai Kalor (Kalori/gram)				
		WBT	Kalorimeter Bom			
			Asli	Model	Selisih	Error (%)
B0	$y = 3571,5e^{0,00002x}$	224,16	3501	3587,55	-86,55	2,47
B2		270,70	3529	3590,89	-61,89	1,75
B4		254,71	3573	3589,74	-16,74	0,47
B6		357,85	3618	3597,15	20,85	0,58
B8		440,80	3641	3603,13	37,87	1,04
Rata-rata Nilai <i>Error</i> (%)						1,26

Keterangan :

B0 = sampah organik murni pada pengeringan 125°C massa total briket 2 gram

B2 – B8 = sampah organik pada pengeringan 125°C dengan variasi penambahan bahan aditif koran dengan massa total briket 2 gram (B2 = 10%, B4 = 20%, B6 = 30%, dan B8 = 40%)

Kemudian, dilakukan pengujian model juga pada data peneliti sebelumnya yaitu Eiffel Fatimah Mardan dan Berna Wahyu dengan diketahui nilai kalor menggunakan WBT pada kompor gasifikasi *updraft* (x) dan kalorimeter bom. Kemudian untuk persamaan y menghasilkan nilai kalorimeter bom model.

Berdasarkan tabel 6 uji model kalorimeter bom asli dengan kalorimeter bom model diperoleh rata-rata nilai *error* sebesar 18,01% dan nilai korelasinya yang paling tinggi nilainya saat menggunakan regresi polinomial orde enam terdapat pada gambar 19 menghasilkan 26,95% dapat diartikan bahwa korelasinya rendah.

Tabel 6. Uji Model Rumus Berdasarkan Data Eiffel Fatimah.

Sampel	Persamaan Model Eksponensial	Nilai Kalor (Kalori/gram)					
		WBT	Kalorimeter Bom				
			Asli	Model	Selisih	Error (%)	
JATI	$y = 3571,5e^{0,00002x}$	3081	4690	3798,46	891,54	19,01	
TP10		2846	4658	3780,71	877,29	18,83	
TP20		2841	4600	3780,33	819,67	17,82	
TP30		3031	4571	3794,69	776,31	16,98	
KT10		3132	4619	3802,37	816,63	17,68	
KT20		3144	4580	3803,26	776,74	16,96	
KT30		2749	4498	3773,37	724,63	16,11	
DK10		3190	4634	3806,80	827,20	17,85	
DK20		2280	4639	3738,11	900,89	19,42	
DK30		2735	4681	3772,30	908,70	19,41	
Rata-rata Nilai <i>Error</i> (%)						18,01	

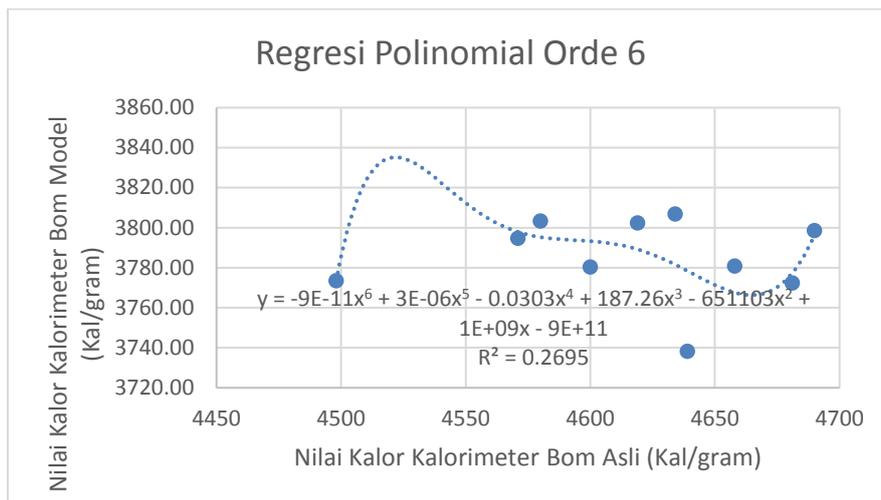
Keterangan :

Jati = briket kayu jati murni

TP10 - TP30 = briket kayu jati dengan variasi penambahan bahan aditif pati singkong (TP10=10%, TP20=20%, TP30=30%) dengan total massa briket 2 gram

KT10 – KT30 = briket kayu jati dengan variasi penambahan bahan aditif pati kentang (KT10=10%, KT20=20%, KT30=30%) dengan total massa briket 2 gram

DK10 – DK30 = briket kayu jati dengan variasi penambahan bahan aditif daun kering (DK10=10%, DK20=20%, DK30=30%) dengan total massa briket 2 gram



Gambar 19. Koefisien determinasi data peneliti sebelumnya.

Pada tabel 7 adalah hasil uji model antara kalorimeter bom asli dengan kalorimeter bom model menghasilkan rata-rata nilai error yaitu 14,27% dan nilai koefisien determinasinya yang paling tinggi ketika menggunakan regresi polinomial orde enam juga dengan hasil 38,71% pada gambar 20, maka dapat disimpulkan bahwa korelasinya rendah antara nilai asli dengan model.

Tabel 7. Uji Model Rumus Berdasarkan Data Peneliti Berna Wahyu.

	Perbandingan Sampel	Persamaan Model Eksponensial	Nilai Kalor (Kalori/gram)				
			WBT	Kalorimeter Bom			
				Asli	Model	Selisih	Error (%)
L dan AK	1,00:1,00	$y = 3571,5e^{0,00002x}$	2449	5246	3750,79	1495,21	28,50
	1,25:0,75		2457	4882	3751,39	1130,61	23,16
	1,5:0,5		2269	4258	3737,31	520,69	12,23
L dan AT	1,00:1,00		1960	5036	3714,28	1321,72	26,25
	1,25:0,75		2007	4676	3717,78	958,22	20,49
	1,5:0,5		1844	4063	3705,68	357,32	8,79
L dan AS	1,00:1,00		2183	3781	3730,89	50,11	1,33
	1,25:0,75		2089	3628	3723,88	-95,88	2,64
	1,5:0,5		1960	3535	3714,28	-179,28	5,07
Rata-rata Nilai Error (%)							14,27

Keterangan :

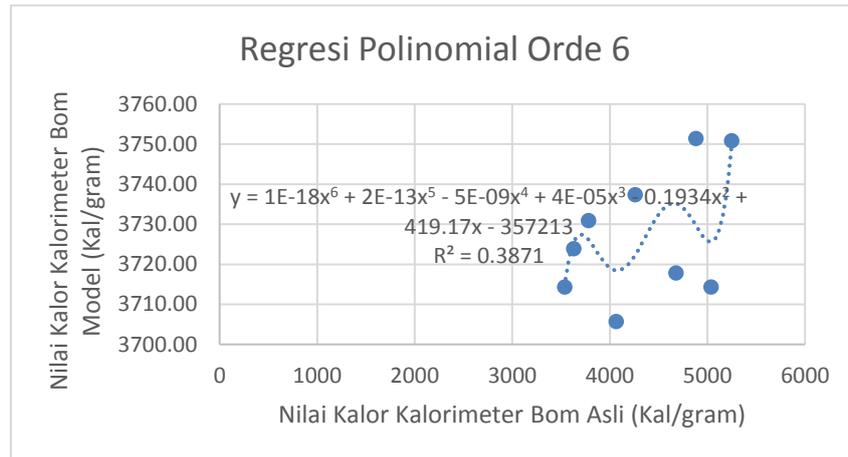
L = limbah organik murni

AK = arang kayu

AT = arang tempurung kelapa

AS = arang sekam padi

Kolom perbandingan sampel = perbandingan limbah organik dengan variasi bahan aditif pada total massa briket 2 gram



Gambar 20. 15 Koefisien determinasi data peneliti Berna Wahyu.

Berdasarkan pengujian model validasi data penelitian ini dan dua peneliti sebelumnya menghasilkan nilai *error* dan nilai korelasi yang berbeda jauh. Hal tersebut terjadi karena pada model hanya bisa digunakan untuk jenis briket biomassa dengan perlakuan yang sama dan kompor gasifikasi *updraft* dengan model yang sama.

4. Penutup

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab 4, berikut adalah simpulan dari penelitian yang dilakukan.

1. Hasil pemodelan data paling bagus dengan nilai koefisien determinasi 1 atau 100% adalah saat menggunakan model regresi polinomial orde tiga, orde empat, dan orde enam. Dapat disimpulkan bahwa hubungan antara metode pengukuran *Water Boiling Test* (WBT) pada kompor gasifikasi dengan kalorimeter bom memiliki tingkat hubungan yang sangat tinggi.
2. Korelasi kalorimeter bom asli terhadap kalorimeter bom model dengan nilai *error* terkecil yaitu 1,26% dan nilai koefisien determinasi 83,19%, menggunakan rumus model regresi eksponensial dengan persamaan model matematisnya yaitu $y = 3571,5e^{0,00002x}$. Dari angka yang sudah diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa kalorimeter bom asli terhadap kalorimeter bom model memiliki tingkat hubungan yang sangat kuat.

4.2 Saran

Terdapat saran penulis untuk penelitian berikutnya yaitu:

1. Bahan briket yang digunakan berbeda dengan bahan briket penelitian sebelumnya, seperti bisa menggunakan sekam padi, serbuk kayu jati, dan lain-lain.
2. Pengambilan data dengan metode yang berbeda pada kompor gasifikasi yaitu dengan cara SNI.
3. Pemodelan data dilakukan lebih banyak lagi dengan pengurangan data yang lebih bervariasi.
4. Memvariasikan jenis pengeringan pada briket.

Referensi

- [1] L. O. M. Apollo, "Penerapan Thermoelectric Generator Sebagai Peniup Udara Pada Kompor Gasifikasi Biomassa Sekam Padi Tipe Kontinyu," *Energy*, Vol. 35, No. 2, Pp. 935–942, Feb. 2017, Doi: 10.1016/J.Energy.2009.07.015.
- [2] J. S. Tangio, "Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*)," P. 7.
- [3] H. Alwan, "Model Gasifikasi Biomassa Menggunakan Pendekatan Kesetimbangan Termodinamika Stoikiometris Dalam Memprediksi Gas Produser," *J. Integrasi Proses*, Vol. 8, No. 1, P. 31, Jun. 2019, Doi: 10.36055/Jip.V8i1.5597.
- [4] L. K. Mangalla, L. Pagiling, And B. Sudia, "Pengeringan Gabah Menggunakan Kompor Gasifikasi Sekam Padi," Vol. 1, No. 1, P. 10, 2019.

- [5] J. Sagisolo, T. K. Sendow, J. Longdong, And M. R. E. Manoppo, “Analisis Tingkat Pelayanan Dermaga Pelabuhan Sorong,” P. 8, 2014.
- [6] S. A. Wulandari, W. A. Prasetyanto, And R. Tjahyono, “Perbandingan Forecasting Metode Regresi Non-Linear Polinomial Dengan Logika Fuzzy Pada Pemetaan Potensi Bisnis Lampu Berbasis Reduce, Reuse Dan Recycle,” *Abdimasku J. Pengabd. Masy.*, Vol. 1, No. 2, P. 71, Jul. 2018, Doi: 10.33633/Ja.V1i2.25.
- [7] M. Wibowo, “Pemodelan Statistik Hubungan Debit Dan Kandungan Sedimen Sungai,” Vol. 2, P. 6, 2001.
- [8] Fitria Rihin Uyun, La Ode Muh. Golok Jaya, And Natalis Ransi, “Penerapan Metode Regresi Polinomial Orde N Pada Pengembangan Aplikasi Inventory (Studi Kasus Pt. Landipo Niaga Raya),” Jun. 2019, Doi: 10.5281/Zenodo.3255112.
- [9] T. Rijanto, “Rancang Bangun Alat Pencatat Biaya Pemakaian Energi Listrik Pada Kamar Kos Menggunakan Modul Global System For Mobile Communications(Gsm) 8001 Berbasis Arduino Uno,” Vol. 8, P. 9, 2019.

