

Analisa Perbandingan Jumlah *Intake* terhadap Efisiensi Destilasi Asap Cair

Hajatul Muharil *¹
Alfansuri ²

^{1,2}Politeknik Negeri Bengkalis

*e-mail: hajatulmuharil@gmail.com¹, alfansuri@polbeng.ac.id²

Abstrak

Penelitian ini berjudul "Analisa Perbandingan Jumlah *Intake* Terhadap Efisiensi Destilasi Asap Cair". Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh jumlah *intake* terhadap efisiensi alat destilasi asap cair. Penelitian dilakukan menggunakan alat destilasi dengan 1 *intake* dan 2 *intake*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan efisiensi massa antara pembakaran 1 *intake* dan 2 *intake* menunjukkan hasil pembakaran dengan 2 *intake* memberikan efisiensi sedikit lebih tinggi, yaitu 17% dibandingkan 16% pada pembakaran 1 *intake*. Asap cair yang dihasilkan alat dengan 1 *intake* sebesar 166.2 Kg sedangkan untuk alat dengan 2 *intake* sebesar 97 Kg. Analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa suhu lingkungan, suhu masuk, dan suhu keluar memiliki pengaruh signifikan terhadap kuantitas asap cair yang dihasilkan. Untuk alat dengan 1 *intake*, koefisien determinasi (R^2) adalah 35,78%, sementara untuk alat dengan 2 *intake* adalah 29,88%. Penelitian ini menyimpulkan bahwa efisiensi destilasi asap cair dipengaruhi oleh jumlah *intake* dan media pendingin yang digunakan.

Kata kunci: destilasi asap cair, *intake*, efisiensi, regresi linier berganda, kuantitas asap cair.

Abstract

This study is entitled "Comparative Analysis of the Amount of Intake on the Efficiency of Liquid Smoke Distillation". The purpose of this study was to influence the amount of intake on the efficiency of the liquid smoke distillation device. The study was conducted using a distillation device with 1 intake and 2 intakes. The results showed that the mass efficiency between combustion of 1 intake and 2 intakes showed that combustion with 2 intakes provided a slightly higher efficiency, which was 17% compared to 16% in combustion of 1 intake. The liquid smoke produced by the device with 1 intake was 166.2 Kg while for the device with 2 intakes it was 97 Kg. Multiple linear regression analysis showed that ambient temperature, inlet temperature, and outlet temperature had a significant effect on the quantity of liquid smoke produced. For the device with 1 intake, the coefficient of determination (R^2) was 35.78%, while for the device with 2 intakes it was 29.88%. This study concluded that the efficiency of liquid smoke distillation was influenced by the amount of intake and the cooling media used.

Keywords: liquid smoke distillation, intake, efficiency, multiple linear regression, liquid smoke quantity.

PENDAHULUAN

Destilasi asap cair adalah metode pemisahan komponen dalam gas buangan hasil pembakaran yang banyak digunakan untuk menghasilkan produk bernilai tinggi, seperti bahan bakar dan bahan kimia. Proses ini mengandalkan pemisahan fraksi-fraksi dalam campuran gas dengan memanfaatkan perbedaan titik didih komponen yang terkandung di dalamnya. Meskipun teknik destilasi asap cair telah banyak diterapkan, peningkatan efisiensi proses ini tetap menjadi tantangan utama. Efisiensi yang rendah tidak hanya mengurangi kualitas produk akhir tetapi juga meningkatkan konsumsi energi, yang pada akhirnya berkontribusi pada dampak lingkungan yang lebih besar.

Salah satu faktor kritis yang mempengaruhi efisiensi destilasi asap cair adalah desain dan konfigurasi sistem destilasi, khususnya jumlah *intake* (tray) yang digunakan dalam kolom destilasi. *Intake* berfungsi untuk meningkatkan kontak antara fasa uap dan cair, memungkinkan pemisahan yang lebih efektif antara komponen yang berbeda. Namun, hingga saat ini, pemahaman tentang bagaimana variasi jumlah *intake* mempengaruhi efisiensi proses masih terbatas. Sebagian

besar penelitian terdahulu hanya memberikan gambaran umum tanpa mendalami mekanisme rinci yang dapat menjelaskan korelasi antara jumlah intake dan hasil akhir destilasi.

Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa konfigurasi jumlah intake yang tidak optimal sering kali menyebabkan efisiensi destilasi yang rendah. Misalnya, jumlah intake yang terlalu sedikit dapat mengakibatkan aliran asap yang tidak memadai ke kondensor, sehingga mengurangi jumlah kondensat yang dihasilkan. Sebaliknya, jumlah intake yang berlebihan dapat menyebabkan peningkatan suhu dan tekanan yang tidak terkendali, yang pada akhirnya mengurangi efektivitas pemisahan. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sejauh mana variasi dalam jumlah intake mempengaruhi efisiensi destilasi asap cair. Dengan membandingkan penggunaan satu intake dan dua intake, penelitian ini berusaha untuk mengidentifikasi konfigurasi yang paling efektif dalam meningkatkan kinerja proses destilasi. Parameter utama yang dianalisis adalah suhu, yang diukur menggunakan thermocouple, sebagai indikator efisiensi pemisahan fraksi dalam gas buangan. Studi ini tidak hanya bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang korelasi antara jumlah intake dan efisiensi destilasi, tetapi juga untuk menyediakan rekomendasi desain yang dapat diterapkan dalam praktik industri. Dengan optimisasi desain sistem destilasi asap cair, diharapkan dapat dicapai peningkatan efisiensi yang signifikan, sehingga mendukung upaya global dalam mengurangi dampak lingkungan dari emisi gas buangan.

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk memahami pengaruh jumlah *intake* terhadap efisiensi destilasi asap cair, dengan perbandingan antara konfigurasi satu intake dan dua intake. Observasi dilakukan di dapur arang Desa Jangkang, Kabupaten Bengkalis, Riau, di mana data suhu masuk dan suhu keluar dari sistem destilasi diukur menggunakan sensor *thermocouple* yang dipasang pada pipa *intake*. Pengumpulan data dilakukan dengan mencatat suhu yang terdeteksi pada sensor thermocouple di titik masuk dan keluar, serta membandingkan hasil destilasi dari kedua konfigurasi intake. Selain itu, studi literatur juga dilakukan untuk mengumpulkan dan menelaah berbagai referensi ilmiah yang relevan guna memperkuat landasan teori dan analisis penelitian ini. Data yang terkumpul dianalisis menggunakan perangkat lunak Minitab 21 dengan metode regresi linier berganda, yang memungkinkan peneliti untuk menilai sejauh mana suhu lingkungan, suhu masuk, dan suhu keluar mempengaruhi kuantitas asap cair yang dihasilkan. Untuk memastikan keandalan hasil analisis, uji asumsi meliputi uji normalitas, linearitas, multikolinearitas, heteroskedastisitas, dan autokorelasi juga dilakukan sesuai dengan standar analisis statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengujian

Penelitian ini mengevaluasi efisiensi destilasi asap cair melalui pengujian dengan dua konfigurasi: satu intake dan dua intake. Pengumpulan data dilakukan selama dua kali pembakaran pada tungku arang dengan periode pengambilan data setiap 6 jam selama 10 hari.

Tabel 1. Hasil pengambilan data 1 *intake*

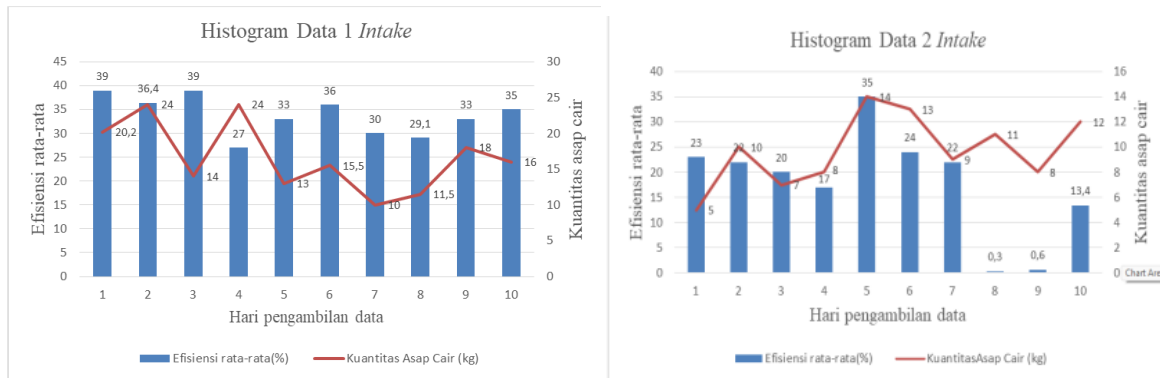
No	Hari pengambilan data	Suhu masuk rata-rata(°C)	Suhu keluar rata-rata(°C)	Efisiensi rata-rata(%)	Kuantitas Asap Cair (kg)
1	Hari Pertama	51,00	30,33	39	20,2
2	Hari Kedua	48,75	31,00	36,4	24
3	Hari Ketiga	47,25	29,00	39	14
4	Hari Keempat	41,75	30,50	27	24
5	Hari Kelima	44,50	30,00	33	13
6	Hari Keenam	43,75	28,13	36	15,5
7	Hari Ketujuh	42,00	29,50	30	10
8	Hari Kedelapan	42,00	29,75	29,1	11,5
9	Hari Kesembilan	44,50	30,00	33	18
10	Hari Kesepuluh	42,75	28,00	35	16
Total Jumlah Produksi Asap Cair					166,2

Berdasarkan Tabel 1, efisiensi tertinggi pada konfigurasi satu intake tercapai pada hari pertama dengan nilai 39% dan suhu masuk 51°C, yang merupakan suhu maksimal selama pengujian. Efisiensi terendah terjadi pada hari keempat dengan nilai 27% pada suhu masuk 41,75°C. Meskipun efisiensi menurun pada hari keempat, kuantitas asap cair yang dihasilkan mencapai 24 kg, menunjukkan bahwa faktor lain, seperti kondisi fisik tungku dan kualitas bambu, memengaruhi hasil.

Tabel 2. Hasil pengambilan data 2 intake.

No	Hari pengambilan data	Suhu masuk rata-rata ke kondensor(°C)	Suhu keluar rata-rata dari kondensor(°C)	Efisiensi rata-rata(%)	Kuantitas Asap Cair (kg)
1	Hari pertama	42,00	32,38	23	5
2	Hari kedua	39,25	30,75	22	10
3	Hari ketiga	34,75	27,88	20	7
4	Hari keempat	37,75	31,50	17	8
5	Hari kelima	44,00	28,63	35	14
6	Hari keenam	39,25	30,00	24	13
7	Hari ketujuh	39,75	31,13	22	9
8	Hari kedelapan	33,00	32,00	0,3	11
9	Hari kesembilan	34,00	32,75	0,6	8
10	Hari kesepuluh	35,25	30,50	13,4	12
Jumlah asap cair					97

Merujuk pada tabel 2 di atas, menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi pada konfigurasi dua intake terjadi pada hari pertama dengan nilai 23% dan suhu masuk 42°C. Efisiensi terendah terjadi pada hari kedelapan dengan nilai 0,3% pada suhu masuk 33°C, disebabkan oleh penyumbatan pada lubang intake kedua yang tidak terdeteksi segera. Namun, meskipun efisiensi rendah, kuantitas asap cair yang dihasilkan tetap relatif tinggi, mencapai 11 kg pada hari kedelapan.



Gambar 1. Histogram Data 1 Intake dan Data 2 Intake

Kedua histogram di atas menunjukkan distribusi efisiensi dan kuantitas produksi asap cair untuk masing-masing konfigurasi. Pada konfigurasi 1 intake, cuaca dan kondisi api berperan penting dalam fluktuasi kuantitas asap cair, seperti yang terlihat pada hari ketiga dan kelima di mana cuaca hujan mempengaruhi hasil. Sementara itu, pada konfigurasi 2 intake, meskipun efisiensi pada hari pertama stabil, kuantitas asap cair masih rendah karena api pembakaran belum optimal. Penyumbatan pada intake kedua pada hari keenam dan kedelapan juga berdampak signifikan pada efisiensi, namun kuantitas asap cair tetap dapat dipertahankan. Dari hasil yang diperoleh, konfigurasi satu intake terbukti lebih efisien dan menghasilkan kuantitas asap cair yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua intake. Faktor eksternal seperti kondisi cuaca, kondisi fisik tungku, dan masalah teknis perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan efisiensi dan kuantitas produksi asap cair.

B. Pembahasan Efisiensi

Efisiensi merupakan ukuran kemampuan untuk mencapai hasil yang diinginkan dengan penggunaan sumber daya seminimal mungkin. Dalam konteks penelitian ini, efisiensi dihitung untuk mengevaluasi kinerja tungku pembakaran arang dan alat destilasi asap cair. Pada pembakaran dengan satu intake, efisiensi mencapai 16%, sementara pembakaran dengan dua intake menunjukkan efisiensi sedikit lebih tinggi, yaitu 17%. Meskipun demikian, pembakaran dua intake menggunakan lebih banyak bahan bakar karena masalah kestabilan api yang memerlukan bantuan kipas untuk menjaga panas tungku.

- Efisiensi Massa

Efisiensi massa merujuk pada kemampuan memaksimalkan penggunaan material dengan meminimalkan pemborosan, dan sering diterapkan dalam produksi, manufaktur, dan desain produk. Perhitungan massa bertujuan untuk menilai produktivitas tungku arang, dan hasil perhitungan ini akan membantu merencanakan strategi peningkatan produksi arang dan asap cair.

Pembakaran pertama (1 intake)	
Bahan baku : 4 Ton	: 4000 Kg
Bahan bakar : 2 Ton	: 2000 Kg
Arang	: 494 Kg
Abu/kulit arang	: 97 Kg
Kepala arang	: 197 Kg
Asap cair	: 166,2 Kg

$$\eta = \frac{\text{Arang} + \text{Abu} + \text{Kepala arang} + \text{Asap cair}}{\text{Bahan baku} + \text{Bahan bakar}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{494 + 97 + 197 + 166,2}{4000 + 2000} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{954,2}{6000} \times 100\%$$

$$\eta = 0,159 = 16 \%$$

Setelah menghitung efisiensi berdasarkan rumus yang ada, diketahui bahwa efisiensi kerja tungku pembakaran arang, dari bahan baku hingga arang dan asap cair, adalah 16%. Hasil ini dianggap memuaskan karena menghasilkan cukup banyak asap cair dengan sedikit residu arang. Namun, penggunaan kayu bakar yang banyak menunjukkan perlunya evaluasi lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi konsumsi bahan bakar pada pembakaran berikutnya.

Pembakaran kedua (2 intake)

Bahan baku : 4 Ton	: 4000 Kg
Bahan bakar : 2,1 Ton	: 2100 Kg
Arang	: 690 Kg
Abu/kulit arang	: 112 Kg
Kepala arang	: 155.3 Kg
Asap cair	: 97 Kg

$$\eta = \frac{\text{Arang} + \text{Abu} + \text{Kepala arang} + \text{Asap cair}}{\text{Bahan baku} + \text{Bahan bakar}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{690 + 112 + 155,3 + 97}{4000 + 2100} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{1054,3}{6100} \times 100\%$$

$$\eta = 0,172 = 17 \%$$

Setelah perhitungan efisiensi, didapatkan nilai efisiensi sebesar 17% untuk tungku pembakaran arang. Meskipun efisiensi ini tergolong memuaskan, dibandingkan dengan pembakaran pertama, kepala arang menurun dari 197 kg menjadi 112 kg, dan asap cair yang dihasilkan juga menurun dari 166,2 kg menjadi 97 kg. Pembakaran kedua menggunakan kayu bakar lebih banyak dan menghadapi masalah seperti api yang tidak stabil, yang memerlukan penggunaan kipas angin untuk menstabilkan panas. Oleh karena itu, kinerja tungku perlu diperbaiki untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar di pembakaran selanjutnya.

- *Kuantitas Asap Cair*

Rumus dan perhitungan kuantitas asap cair 1 intake.

$$\sum \text{asap cair} = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 + n_7 + n_8 + n_9 + n_{10}$$

$$\sum \text{asap cair} = 20,2 + 24 + 14 + 24 + 13 + 15,5 + 10 + 11,5 + 18 + 16 \text{ Kg} = 166,2 \text{ Kg} = 166,2 \text{ Liter}$$

Rumus dan perhitungan kuantitas asap cair 2 intake.

$$\Sigma \text{asap cair} = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 + n_7 + n_8 + n_9 + n_{10}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{asap cair} &= 5 + 10 + 7 + 8 + 14 + 13 + 9 + 11 + 8 + 12 \text{ Kg} \\ &= 97 \text{ Kg} = 97 \text{ Liter} \end{aligned}$$

Dari segi kuantitas, pembakaran dengan satu intake menghasilkan asap cair sebesar 166,2 kg selama 10 hari, sedangkan dua intake hanya menghasilkan 97 kg. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa proses pembakaran yang stabil dan tanpa masalah menghasilkan kuantitas asap cair yang lebih tinggi, sehingga mendukung pemilihan satu intake sebagai konfigurasi yang lebih efektif.

C. Pembahasan Metode Regresi Linier Berganda

1. Metode Regresi Linier Berganda 1 Intake

Analisis regresi linier berganda digunakan untuk mengukur pengaruh suhu lingkungan, suhu masuk, dan suhu keluar terhadap jumlah asap cair yang dihasilkan dalam sistem destilasi dengan satu intake. Untuk memastikan validitas analisis ini, beberapa asumsi harus dipenuhi, antara lain:

- *Data Interval atau Rasio:*

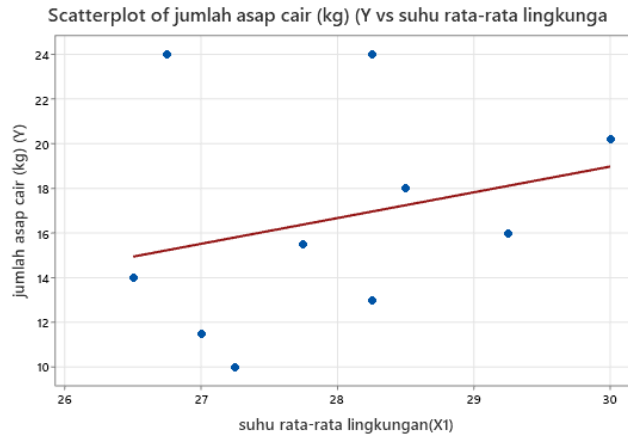
Semua variabel, khususnya variabel respons (jumlah asap cair), harus berada pada skala data interval atau rasio. Hal ini penting untuk memastikan bahwa data dapat dianalisis menggunakan teknik statistik yang tepat. Tabel 3 menunjukkan bahwa data yang digunakan memenuhi kriteria ini.

Tabel 3. Tabel Rasio data 1 Intake

TABEL DATA 1 INTAKE					
No	Hari pengambilan data	Suhu Lingkungan rata-rata(°C)(X1)	Suhu masuk rata-rata ke kondensor(°C)(X2)	Suhu keluar rata-rata dari kondensor(°C)(X3)	Jumlah Produksi Asap Cair (kg)(Y)
1	Hari Pertama	30	51	30,33	20,2
2	Hari kedua	28,25	48,75	31,00	24
3	Hari ketiga	26,5	47,25	29,00	14
4	Hari keempat	26,75	41,75	30,50	24
5	Hari kelima	28,25	44,5	30,00	13
6	Hari keenam	27,75	43,75	28,13	15,5
7	Hari Ketujuh	27,25	42	29,50	10
8	Hari kedelapan	27	42	29,75	11,5
9	Hari kesembilan	28,5	44,5	30,00	18
10	Hari kesepuluh	29,25	42,75	28,00	16
Jumlah asap cair					166,2

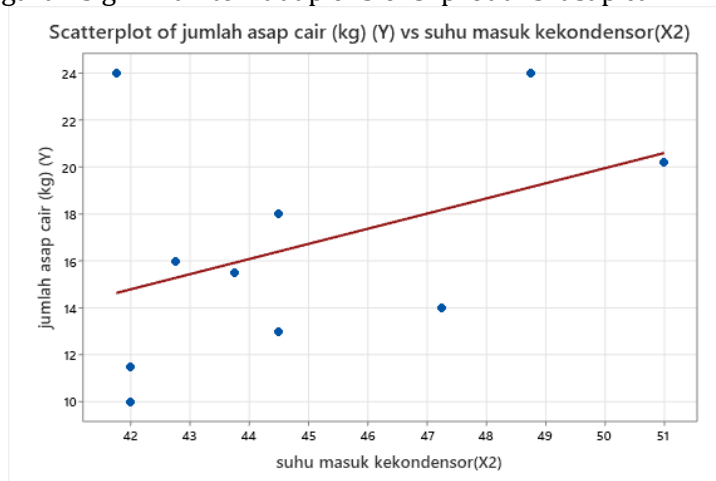
- *Uji Non-Linieritas*

Hubungan antara variabel prediktor (suhu lingkungan, suhu masuk, dan suhu keluar) dan variabel respons harus bersifat linear. Linearitas ini dapat diuji dengan scatterplot atau residual plot. Pada Gambar 4.3, scatterplot antara variabel y (jumlah asap cair) dan x1 (suhu lingkungan) menunjukkan adanya garis lurus yang di-fitting pada data. Ini menandakan adanya hubungan linear positif, di mana peningkatan suhu lingkungan cenderung meningkatkan jumlah asap cair yang dihasilkan.

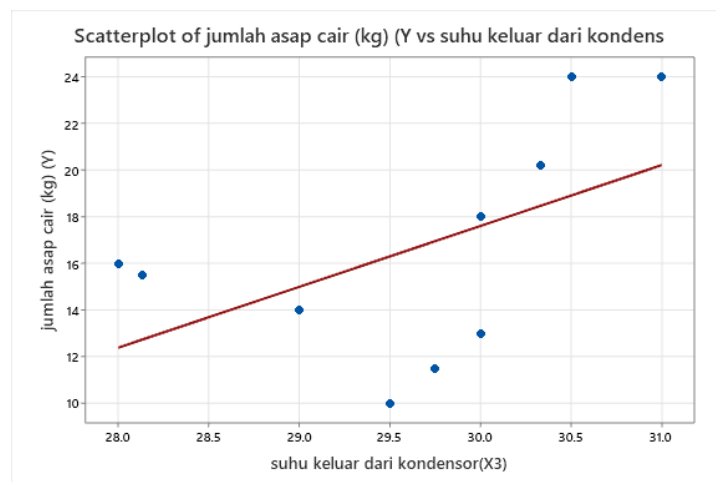


Gambar 2. Scatterplot 1 Intake - Variabel Y vs X1

Selanjutnya, gambar 3 dan gambar 4 masing-masing menunjukkan scatterplot untuk hubungan antara jumlah asap cair dengan suhu masuk (x2) dan suhu keluar (x3). Kedua gambar ini juga menunjukkan garis lurus yang di-fitting, mengonfirmasi adanya hubungan linear positif antara variabel-variabel tersebut. Analisis ini diperkuat oleh uji statistik seperti uji t untuk koefisien regresi, yang menunjukkan bahwa hubungan linear ini signifikan. Penemuan ini konsisten dengan penelitian Rahmadani Agung Prasetyo dkk. (2022), yang juga menemukan bahwa suhu lingkungan berpengaruh signifikan terhadap efisiensi produksi asap cair.



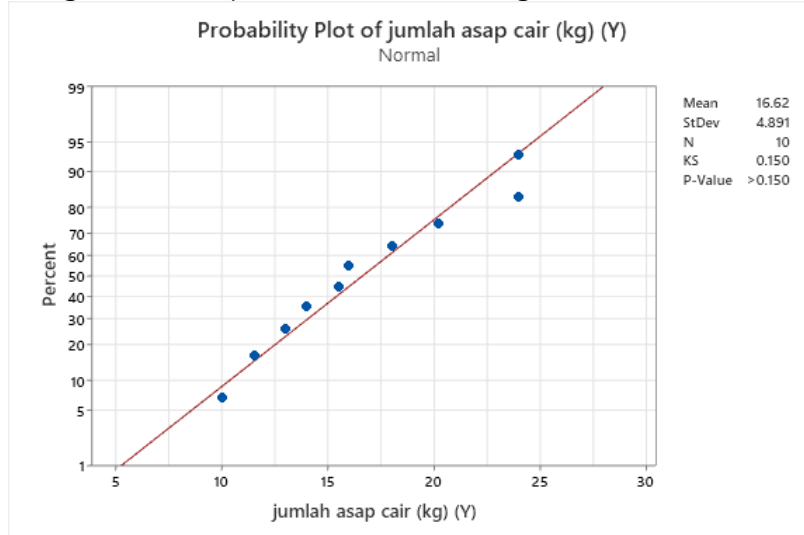
Gambar 3. Scatterplot 1 Intake - Variabel Y vs X2



Gambar 4. Scatterplot 1 Intake - Variabel Y vs X3

- Uji Normalitas Pada Residual

Uji normalitas pada residual dilakukan untuk memastikan bahwa distribusi error (residual) dari model regresi mendekati distribusi normal. Hasil uji Kolmogorov-Smirnov atau Shapiro-Wilk menunjukkan nilai p sebesar 0,150, yang lebih besar dari 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa residual berdistribusi normal, dan asumsi normalitas residual telah terpenuhi. Hal ini diperkuat dengan gambar 4.6, di mana sebagian besar titik data pada plot probabilitas normal terletak di dekat garis lurus diagonal, menunjukkan kesesuaian dengan distribusi normal.



Gambar 5. Probability jumlah asap cair dengan 1 intake

- *Uji Non Multikolinearitas*

Selanjutnya, untuk menghindari masalah multikolinearitas, Variance Inflation Factor (VIF) dihitung untuk setiap variabel independen dalam model. Nilai VIF yang rendah, semuanya di bawah 2, mengindikasikan bahwa tidak terdapat multikolinearitas yang signifikan di antara variabel-variabel prediktor. Analisis koefisien regresi (Gambar 4.7) menunjukkan bahwa tidak ada variabel independen yang signifikan secara statistik pada tingkat signifikansi 5%, meskipun koefisien untuk suhu rata-rata lingkungan menunjukkan kecenderungan positif terhadap jumlah asap cair yang dihasilkan.

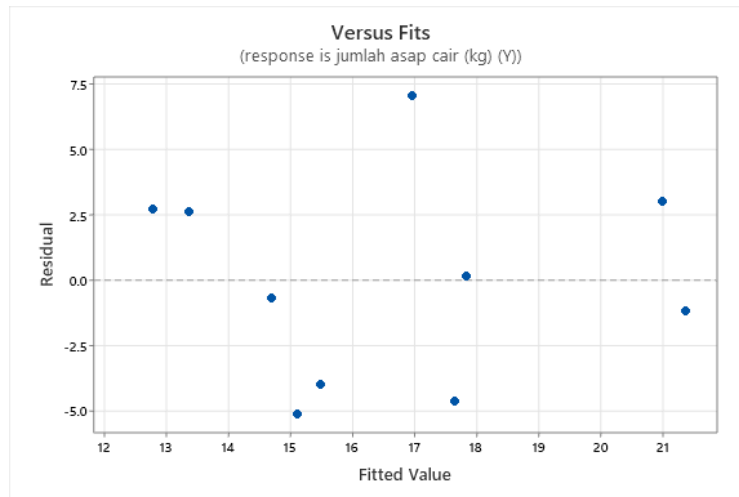
Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-84.1	64.4	-1.31	0.240	
suhu rata-rata lingkungan(X1)	0.76	1.68	0.46	0.664	1.38
suhu masuk ke kondensator(X2)	0.250	0.637	0.39	0.709	1.60
suhu keluar dari kondensator(X3)	2.30	1.78	1.29	0.244	1.20

Gambar 6. Coefficients untuk 1 intake

- *Uji Non Heteroskedastisitas*

Untuk menguji asumsi homoskedastisitas, plot residual versus nilai prediksi dibuat. Gambar 4.8 menunjukkan bahwa residual tersebar secara acak di sekitar sumbu horizontal tanpa pola tertentu, mengindikasikan bahwa varians residual tetap konstan di seluruh rentang nilai prediksi. Dengan demikian, tidak ada tanda-tanda heteroskedastisitas yang signifikan, dan asumsi homoskedastisitas dalam model regresi telah terpenuhi.



Gambar 7. Residual versus fitted values untuk 1 intake

- Uji Non-Autokorelasi

Durbin-Watson Statistic for Transformed Response

Durbin-Watson Statistic = 2.61897

Gambar 8. Durbin-Watson Statistic 1 intake

Untuk memastikan tidak adanya autokorelasi pada residual dalam model regresi linier, dilakukan uji Durbin-Watson. Nilai Durbin-Watson sebesar 2,61897, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 8**, menunjukkan adanya kecenderungan autokorelasi negatif. Meskipun demikian, nilai ini masih berada dalam rentang yang dapat diterima, menunjukkan bahwa tidak ada autokorelasi signifikan dalam residual model. Dengan demikian, model regresi yang digunakan dianggap memiliki residual yang independen satu sama lain, sehingga hasil analisis dapat diandalkan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tesa Nur Padilah et al. (2019), yang menunjukkan bahwa hasil serupa tidak menunjukkan autokorelasi yang signifikan. Setiap uji asumsi dalam analisis regresi linier saling terkait untuk memastikan kevalidan model. Jika salah satu asumsi tidak terpenuhi, hasil dari model regresi dapat menjadi tidak akurat atau menyesatkan. Oleh karena itu, penting untuk memastikan bahwa semua asumsi terpenuhi atau dilakukan penyesuaian, seperti transformasi variabel atau penggunaan model statistik lain sebelum menyimpulkan hasil analisis.

Untuk menghitung koefisien regresi a, b_1, b_2, b_3 , digunakan matriks dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \begin{pmatrix} n & \sum X_1 & \sum X_2 & \sum X_3 \\ \sum X_1 & \sum X_1^2 & \sum X_1 X_2 & \sum X_1 X_3 \\ \sum X_2 & \sum X_1 X_2 & \sum X_2^2 & \sum X_2 X_3 \\ \sum X_3 & \sum X_1 X_3 & \sum X_2 X_3 & \sum X_3^2 \end{pmatrix} \quad H = \begin{pmatrix} \sum Y \\ \sum X_1 Y \\ \sum X_2 Y \\ \sum X_3 Y \end{pmatrix}$$

Dari matriks tersebut, nilai determinan A adalah 56294,59987, dan nilai determinan A1, A2, A3, dan A4 masing-masing adalah -4723043,887, 42950,24582, 14065,88202, dan 129223,1573. Dengan membagi determinan A1, A2, A3, dan A4 dengan determinan A, diperoleh nilai $a = -83,89870249$, $b_1 = 0,762954989$, $b_2 = 0,249862013$, dan $b_3 = 2,295480518$. Hasil ini dibandingkan dengan perhitungan menggunakan Minitab, yang memberikan hasil yang sama (lihat Gambar 9)

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-84.1	64.4	-1.31	0.240	
suhu rata-rata lingkungan(X1)	0.76	1.68	0.46	0.664	1.38
suhu masuk ke kondensor(X2)	0.250	0.637	0.39	0.709	1.60
suhu keluar dari kondensor(X3)	2.30	1.78	1.29	0.244	1.20

Gambar 9. Coefficient untuk 1 Intake

Koefisien determinasi R^2 menunjukkan seberapa baik variabel independen X_1 , X_2 , dan X_3 mempengaruhi variabel dependen Y . Hasil perhitungan menunjukkan nilai R^2 sebesar 35,78%, yang berarti variabel-variabel independen mampu menjelaskan 35,78% variasi dalam kuantitas asap cair (lihat Gambar 10).

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}$$

$$R^2 = 1 - \frac{138,2721981}{215,296}$$

$$R^2 = 0,35775770 = 35,78 \%$$

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
4.80052	35.78%	3.67%	0.00%

Gambar 10. Model summary

Dari persamaan regresi, dapat diinterpretasikan bahwa ketika semua variabel independen bernilai nol, kuantitas asap cair akan memiliki nilai sebesar -84,082 (nilai konstanta). Setiap peningkatan satu unit pada suhu lingkungan (X_1) akan meningkatkan kuantitas asap cair sebesar 0,765 unit, sementara peningkatan satu unit pada suhu masuk (X_2) dan suhu keluar (X_3) masing-masing akan meningkatkan kuantitas asap cair sebesar 0,250 dan 2,300 unit, dengan asumsi variabel lainnya tetap konstan.

2. Metode Regresi Linier Berganda 2 Intake

Dalam regresi linier berganda, terdapat asumsi-asumsi tertentu yang harus dipenuhi agar metode ini dapat berfungsi sesuai dengan pedoman yang berlaku.

- *Data Interval atau Rasio*

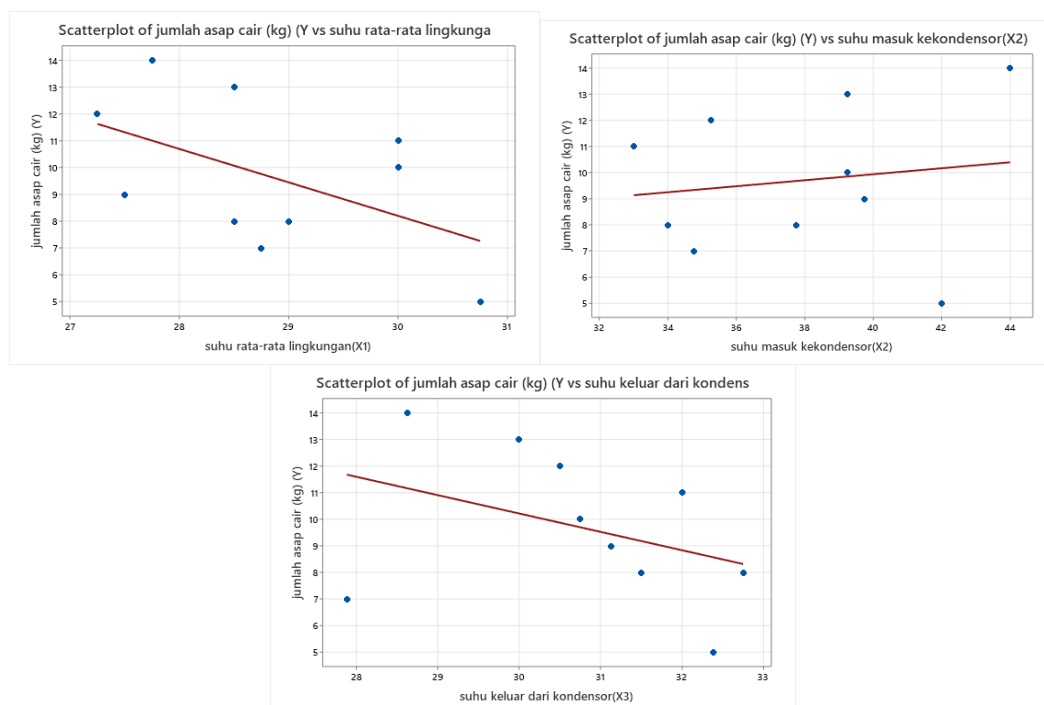
Dalam analisis regresi linier berganda, penting untuk memastikan bahwa semua variabel, terutama variabel respons, berada pada skala data interval atau rasio. Hal ini diperlukan agar analisis regresi dapat menghasilkan estimasi yang akurat dan valid. Skala data interval atau rasio memungkinkan peneliti untuk melakukan perhitungan matematis yang relevan, seperti selisih dan rasio antara nilai-nilai variabel. Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan mengenai suhu masuk dan suhu keluar, serta kuantitas asap cair, semuanya memenuhi kriteria ini. Sebagai ilustrasi, tabel 4 berikut menyajikan data rasio untuk 2 intake yang digunakan dalam analisis ini, memperlihatkan bahwa semua variabel memiliki skala data yang sesuai untuk analisis regresi.

Tabel 4. Tabel data rasio 2 intake

TABEL DATA 2 INTAKE					
No	Hari pengambilan data	Suhu Lingkungan rata-rata(°C)(X1)	Suhu masuk rata-rata ke kondensor(°C)(X2)	Suhu keluar rata-rata dari kondensor(°C)(X3)	Jumlah Produksi Asap Cair (kg)(Y)
1	Hari pertama	30,75	42,00	32,38	5
2	Hari kedua	30,00	39,25	30,75	10
3	Hari ketiga	28,75	34,75	27,88	7
4	Hari keempat	28,50	37,75	31,50	8
5	Hari kelima	27,75	44,00	28,63	14
6	Hari keenam	28,50	39,25	30,00	13
7	Hari ketujuh	27,50	39,75	31,13	9
8	Hari kedelapan	30,00	33,00	32,00	11
9	Hari kesembilan	29,00	34,00	32,75	8
10	Hari kesepuluh	27,25	35,25	30,50	12
Jumlah asap cair					97

- Uji Non Linearitas

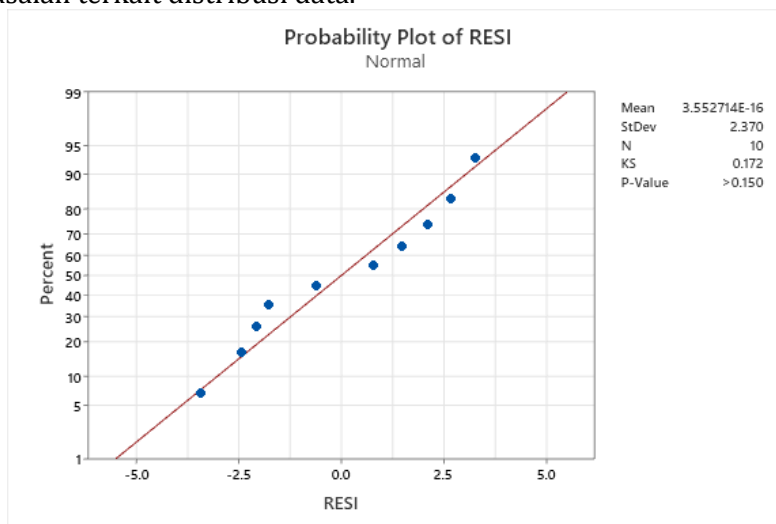
Uji non-linearitas dilakukan untuk memverifikasi bahwa hubungan antara variabel prediktor (misalnya, suhu lingkungan, suhu masuk, dan suhu keluar) dan variabel respons (kuantitas asap cair) bersifat linear. Uji ini penting karena regresi linier berganda mengasumsikan adanya hubungan linear antara variabel-variabel ini. Jika asumsi linearitas tidak terpenuhi, hasil analisis bisa saja bias atau menyesatkan. Dalam penelitian ini, scatter plot dibuat untuk memvisualisasikan hubungan antara variabel-variabel tersebut. Gambar 11 dibawah menampilkan scatter plot yang menunjukkan bahwa garis lurus yang di-fitting di antara titik-titik data memperlihatkan adanya hubungan linear positif antara variabel-variabel tersebut. Meskipun ada beberapa penyimpangan kecil, kecenderungan umum yang terlihat mendukung asumsi linearitas. Hasil ini menunjukkan bahwa model regresi yang digunakan memenuhi asumsi linearitas, sehingga analisis dapat dilanjutkan dengan keyakinan.



Gambar 11. Scatter Plot 2 intake variable y vs x1, variable y vs x2, dan variable y vs x3

• *Uji Normalitas pada Residual*

Uji normalitas dilakukan untuk memeriksa apakah error atau residual dari model regresi berdistribusi normal. Distribusi normal dari residual adalah asumsi penting dalam regresi linier berganda, karena hal ini memastikan bahwa estimasi parameter yang diperoleh adalah tidak bias dan memiliki varians yang minimum. Dalam penelitian ini, uji normalitas dilakukan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov atau uji Shapiro-Wilk. Gambar 12 menunjukkan plot probabilitas normal untuk jumlah asap cair (Y). Dari plot ini, terlihat bahwa sebagian besar titik data terletak di dekat garis lurus diagonal, yang menunjukkan bahwa residual berdistribusi mendekati normal. Nilai p sebesar 0,150, yang lebih besar dari 0,05, mengindikasikan bahwa tidak ada bukti kuat untuk menolak hipotesis nol bahwa data berdistribusi normal. Dengan demikian, asumsi normalitas residual terpenuhi dalam analisis ini, yang memungkinkan peneliti untuk melanjutkan analisis regresi tanpa masalah terkait distribusi data.



Gambar 12. Probability Plot 2 Intake Variabel y

• *Uji Multikolinearitas*

Uji multikolinearitas dilakukan untuk memastikan tidak adanya korelasi yang tinggi antara variabel prediktor dalam model regresi linear yang digunakan untuk menganalisis pengaruh suhu lingkungan, suhu masuk, dan suhu keluar terhadap kuantitas asap cair. Tabel 4.16 menyajikan hasil analisis regresi linear yang melibatkan tiga variabel independen, yaitu suhu rata-rata lingkungan (X1), suhu masuk ke kondensor (X2), dan suhu keluar dari kondensor (X3). Setiap baris dalam tabel tersebut memberikan informasi mengenai koefisien regresi (Coef), kesalahan standar (SE Coef), nilai T (T-Value), nilai P (P-Value), dan Variance Inflation Factor (VIF) untuk masing-masing variabel. Koefisien regresi menunjukkan besarnya perubahan yang diharapkan pada variabel dependen (kuantitas asap cair) untuk setiap satu unit perubahan pada variabel independen, dengan asumsi variabel lainnya konstan. Misalnya, koefisien untuk suhu rata-rata lingkungan (X1) adalah -1,047, yang menunjukkan bahwa peningkatan satu unit pada suhu rata-rata lingkungan diprediksi akan menurunkan kuantitas asap cair sebesar 1,047 unit, ceteris paribus. Kesalahan standar (SE Coef) mengukur ketidakpastian dalam estimasi koefisien, dan nilai T adalah rasio antara koefisien dan kesalahannya. Nilai T digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa koefisien tersebut sama dengan nol. Hasil menunjukkan bahwa semua variabel independen memiliki nilai P di atas 0,05, menandakan tidak ada yang signifikan secara statistik pada tingkat signifikansi 5%.

Faktor Inflasi Varians (VIF) digunakan untuk mengukur tingkat multikolinearitas dalam model. Nilai VIF yang rendah (di bawah 10) menunjukkan bahwa tidak ada masalah multikolinearitas yang serius. Dalam penelitian ini, semua variabel independen memiliki nilai VIF di bawah 2, yang menunjukkan bahwa tidak ada multikolinearitas yang signifikan di antara variabel-variabel tersebut. Hasil ini didukung oleh penelitian I. Nurdin et al. (2018), yang menunjukkan bahwa model ini bebas dari masalah multikolinearitas yang signifikan.

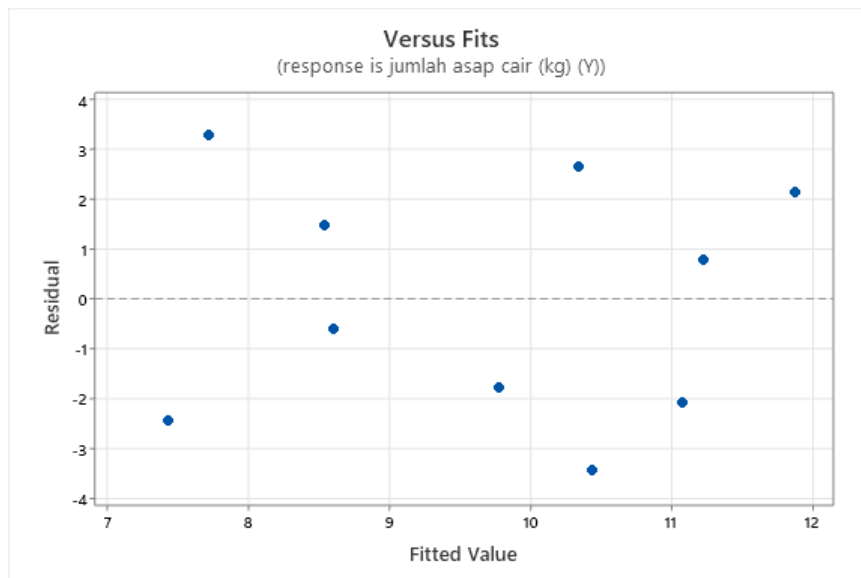
Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	46.9	29.1	1.61	0.159	
suhu rata-rata lingkungan(X1)	-1.047	0.934	-1.12	0.305	1.25
suhu masuk ke kondensator(X2)	0.068	0.275	0.25	0.812	1.05
suhu keluar dari kondensator(X3)	-0.312	0.704	-0.44	0.673	1.31

Gambar 13. Coefficient 2 Intake

- Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas dilakukan untuk memastikan bahwa varians residual dari model regresi konstan di seluruh rentang nilai prediktor. Gambar 14 menampilkan plot residual versus nilai prediksi (fitted values) dari model regresi yang digunakan. Plot ini digunakan untuk memvisualisasikan distribusi residual, yang seharusnya tersebar secara acak di sekitar garis horizontal jika tidak ada heteroskedastisitas. Pada gambar 14, tidak tampak adanya pola yang jelas dalam penyebaran residual. Residual tersebar secara acak di sekitar sumbu horizontal, yang menunjukkan bahwa varians dari residual relatif konstan di seluruh rentang nilai prediksi. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak ada masalah serius dengan heteroskedastisitas dalam model yang digunakan untuk memprediksi kuantitas asap cair. Kesimpulan ini sejalan dengan hasil penelitian I. Nurdin et al. (2018), yang juga menunjukkan tidak adanya tanda-tanda heteroskedastisitas yang signifikan.



Gambar 14. Versus Fits 2 Intake

- Uji Non Autokorelasi

Dalam penelitian ini, uji asumsi dilakukan untuk memastikan bahwa model regresi linear berganda yang digunakan dapat diandalkan. Salah satu uji yang dilakukan adalah uji autokorelasi menggunakan statistik Durbin-Watson, di mana nilai 2,47859 menunjukkan kecenderungan ringan ke arah autokorelasi negatif. Namun, nilai ini masih berada dalam batas yang dapat diterima, sehingga tidak ada autokorelasi yang signifikan dalam residual model regresi (lihat Gambar 15).

Durbin-Watson Statistic

Durbin-Watson Statistic = 2.47859

Gambar 15. Durbin-Watson Statistic 2 intake

Untuk analisis lebih lanjut, perhitungan koefisien regresi dilakukan untuk variabel suhu lingkungan (X1), suhu masuk (X2), dan suhu keluar (X3), yang mempengaruhi kuantitas asap cair (Y). Hasil perhitungan manual menggunakan metode matrik dibandingkan dengan hasil dari software Minitab 21 menunjukkan kesesuaian yang baik. Nilai koefisien regresi yang diperoleh adalah -1,048470725 untuk X1, 0,068294574 untuk X2, dan -0,310512995 untuk X3, yang menunjukkan bahwa suhu lingkungan dan suhu keluar memiliki pengaruh negatif terhadap kuantitas asap cair, sedangkan suhu masuk memiliki pengaruh positif (Gambar 16).

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	46.9	29.1	1.61	0.159	
suhu rata-rata lingkungan(X1)	-1.047	0.934	-1.12	0.305	1.25
suhu masuk ke kondensor(X2)	0.068	0.275	0.25	0.812	1.05
suhu keluar dari kondensor(X3)	-0.312	0.704	-0.44	0.673	1.31

Gambar 16. Coefficients data 2 intake

Koefisien determinasi R^2 sebesar 29,88% untuk konfigurasi dua intake menunjukkan bahwa variabel suhu lingkungan, suhu masuk, dan suhu keluar dapat menjelaskan sekitar 29,88% dari variasi kuantitas asap cair yang dihasilkan (Gambar 4.20). Sementara itu, hasil yang diperoleh untuk konfigurasi satu intake menunjukkan bahwa model regresi ini valid dan memenuhi syarat untuk digunakan dalam analisis lebih lanjut, dengan nilai R^2 yang lebih tinggi, yaitu 35,78%.

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}$$

$$R^2 = 1 - \frac{50,55735795}{72,1}$$

$$R^2 = 0,298788378 = 29,88 \%$$

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
2.90279	29.88%	0.00%	0.00%

Gambar 17. Model summary data 2 intake

Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa variasi suhu lingkungan dan suhu keluar cenderung mengurangi kuantitas asap cair yang dihasilkan, sedangkan peningkatan suhu masuk akan meningkatkan kuantitas asap cair. Model regresi yang dibangun dari hasil studi ini dapat menjadi dasar untuk optimasi proses destilasi asap cair, terutama dalam mengelola kondisi lingkungan dan parameter operasi agar menghasilkan output yang maksimal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang berjudul "Analisa Perbandingan Jumlah Intake Terhadap Efisiensi Destilasi Asap Cair," beberapa kesimpulan dapat diambil. Pertama, perbandingan efisiensi massa antara pembakaran 1 intake dan 2 intake menunjukkan hasil bahwa pembakaran dengan 2 intake memberikan efisiensi sedikit lebih tinggi, yaitu 17% dibandingkan 16% pada pembakaran 1 intake. Meskipun efisiensinya lebih baik, pembakaran 2 intake memerlukan lebih banyak kayu bakar dan mengalami masalah kestabilan api yang memerlukan bantuan kipas angin. Sebaliknya, pembakaran 1 intake lebih stabil dan menghasilkan lebih banyak asap cair.

Kedua, efisiensi alat sangat dipengaruhi oleh suhu masuk dan efektivitas media pendingin dalam mengkondensasikan asap cair. Media pendingin yang efisien dapat meningkatkan nilai efisiensi dan menghasilkan kuantitas asap cair yang lebih besar.

Ketiga, desain alat destilasi yang menggunakan media pendingin dari bambu tali menunjukkan penurunan efisiensi seiring dengan lamanya pemakaian. Semakin lama bambu digunakan, proses kondensasi menjadi kurang efektif, yang berdampak pada penurunan efisiensi dan kuantitas asap cair.

Keempat, analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa model satu intake menjelaskan 35,78% variasi kuantitas asap cair yang dihasilkan oleh variabel independen (suhu lingkungan, suhu masuk, dan suhu keluar), sementara model dua intake hanya menjelaskan 29,88%. Hal ini menunjukkan bahwa model dengan satu intake memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap kuantitas asap cair dibandingkan model dengan dua intake.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmaja, A. K. (2009). *Aplikasi Asap Cair Redestilasi Pada Karakterisasi Kamaboko Ikan Tongkol (Euthynus Affinis) Ditinjau Dari Tingkat Keawetan Dan Kesukaan Konsumen*. Universitas Sebelas Maret.
- Danang Sunyoto. *Metodologi Penelitian Akuntansi / Danang Sunyoto; Editor: Aep Gunarsa*. 2013
- Kamulyan, B. (2008). *Isolasi Bahan Bakar (Biofuels) Dari Tar-Asap Cair Hasil Pirolysis Tempurung Kelapa*. Universitas Gadjah Mada.
- Luditama, C. (2006). *Isolasi Dan Pemurnian Asap Cair Berbahan Dasar Tempurung Dan Sabut Kelapa Secara Pirolysis Dan Distilasi*. Institut Pertanian Bogor.
- Rizwandi, M. R. M., & Alfansuri, A. (2019). ANALISA EFISIENSI ALAT DESTILASI ASAP CAIR TERHADAP KUANTITAS ASAP CAIR DI DAPUR ARANG (SUKU ASLI) DESA JANGKANG. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 3(2), 88-95.
- Sugiyono. *Statistika Untuk Penelitian / Sugiyono*. 2019
- Sugiyono. *Metode Penelitian Bisnis (pendekatan Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D) / Dr. Sugiyono*. 2013
- Suherman, S., & Alfansuri, A. (2019). Rancang Bangun Alat Distilasi Asap Cair Shell Bertingkat Untuk Meningkatkan Kualitas Asap Cair. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 3(2), 64–68.
- Sutin. (2008). *Pembuatan Asap Cair dari Tempurung dan Sabut Kelapa Secara Pirolysis serta Fraksinasi dengan Ekstraksi*. Institut Pertanian Bogor.
- Wijaya, M., Wiharto, M., & Rachmawaty, R. (2020). Pengaruh Suhu Pirolysis Terhadap Rendemen Asap Cair Limbah Kakao Dalam Menentukan Laju Reaksi. *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia (SN-KPK)*, 12, 150–154.
- Yaman, S. (2004). Pyrolysis of Biomass to Produce Fuels and Chemical Feedstocks. *Energy Conversion and Management*, 45(5), 651–671.
- Yulistiani, R. (2008). *Monograf Asap Cair Sebagai Bahan Pengawet Alami Pada Produk Daging dan Ikan*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran."
- Yuliwati, E., & Santoso, B. (2011). Studi Pendahuluan dan Pemilihan Bahan Alat Pembuat asap Cair dari Bahan Baku Tempurung Kelapa. *Fakultas Teknik, Universitas Bina Darma*.