

ANALISA TEMPERATUR SUHU KELUARAN TERHADAP JUMLAH PRODUKSI ASAP CAIR MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI

M. Afriandi *¹

Alfansuri ²

^{1,2} Politeknik Negeri Bengkalis

*e-mail: afriandi160502@gmail.com , alfansuri@polbeng.ac.id

Abstrak

Analisa temperatur suhu keluaran terhadap jumlah produksi asap cair menggunakan logika fuzzy Mamdani dilakukan untuk memahami bagaimana temperatur suhu dapat mempengaruhi produksi asap cair. Asap cair merupakan hasil dari kondensasi asap yang dihasilkan melalui pembakaran kayu arang pada desa Jangkang Kabupaten Bengkalis. Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran debit asap sebesar 121,46 m³/h, suhu lingkungan 27,5°C, suhu masuk ke kondensor sebesar 44°C, dan suhu keluar dari kondensor 28,63°C. Dari data tersebut, jumlah produksi asap cair yang dihasilkan adalah sebanyak 14 liter. Dengan menggunakan logika fuzzy Mamdani, dilakukan pemodelan untuk memprediksi produksi asap cair berdasarkan temperatur suhu keluaran. Pemodelan ini dilakukan dengan software matlab, yang menghasilkan prediksi produksi asap cair sebesar 14,1 liter. Perbedaan antara hasil prediksi dan hasil penelitian hanya sebesar 0,1 liter, yang menunjukkan bahwa model logika fuzzy Mamdani yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi jumlah produksi asap cair. Dengan demikian, logika fuzzy Mamdani dapat digunakan sebagai metode yang efektif untuk memprediksi produksi asap cair berdasarkan temperatur suhu.

Kata kunci: Asap Cair, Jumlah Produksi Asap Cair, Kondensasi, Logika Fuzzy, Temperatur Suhu.

Abstract

The analysis of temperature output on the production quantity of liquid smoke using Mamdani fuzzy logic was conducted to understand how temperature can affect the production of liquid smoke. Liquid smoke is the result of the condensation of smoke produced through the combustion of charcoal wood in Jangkang Village, Bengkalis Regency. In this study, measurements were taken of smoke flow rate at 121.46 m³/h, ambient temperature at 27.5°C, inlet temperature to the condenser at 44°C, and outlet temperature from the condenser at 28.63°C. From these data, the amount of liquid smoke produced was 14 liters. Using Mamdani fuzzy logic, modeling was performed to predict the production of liquid smoke based on the temperature output. This modeling was done using matlab software, which produced a prediction of 14.1 liters of liquid smoke. The difference between the predicted result and the actual result was only 0.1 liters, indicating that the Mamdani fuzzy logic model used has a high level of accuracy in predicting the quantity of liquid smoke produced. Therefore, Mamdani fuzzy logic can be used as an effective method to predict the production of liquid smoke based on temperature.

Keywords: Liquid Smoke, Production Quantity of Liquid Smoke, Condensation, Fuzzy Logic, Fuzzy Logic

PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang pesat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi telah menjadikan sektor industri sebagai pilar penting dalam menopang perekonomian Indonesia. Salah satu inovasi yang muncul dalam rangka memanfaatkan sumber energi alternatif adalah pemanfaatan biomassa, yang sering kali berasal dari limbah industri. Di Desa Jangkang, Kabupaten Bengkalis, salah satu pemanfaatan biomassa yang dilakukan oleh masyarakat setempat adalah produksi arang. Proses produksi arang di desa tersebut dilakukan dengan menggunakan tungku berkapasitas 2-4 ton dalam setiap kali produksi. Namun, proses ini menghasilkan asap dalam jumlah besar yang dapat menyebabkan polusi udara dan mengganggu kesehatan masyarakat sekitar. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian telah diarahkan pada pemanfaatan asap tersebut menjadi asap cair, yang memiliki berbagai manfaat komersial.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Alfansuri dkk (2019), diperlukan alat untuk memisahkan gas dan air yang terkandung dalam asap guna menghasilkan asap cair. Dalam penelitian

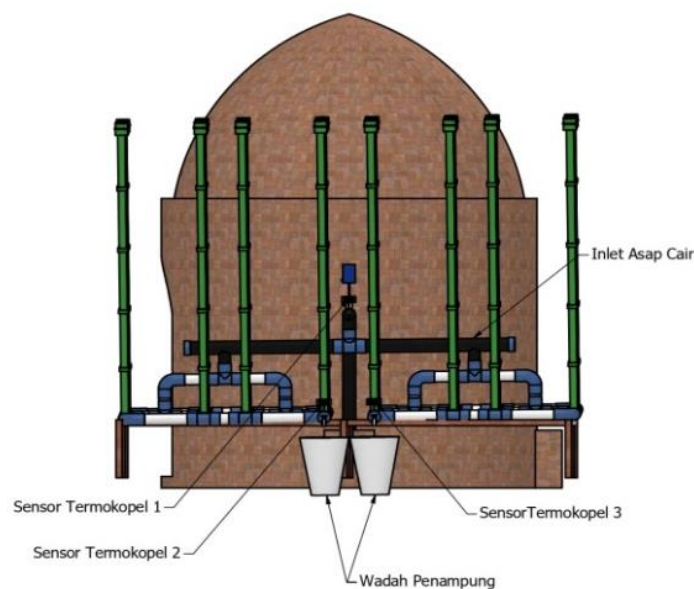
ini, digunakan kondensor yang terbuat dari bambu yang disusun secara vertikal. Kondensor ini berfungsi untuk mengkondensasikan asap menjadi asap cair. Asap cair adalah hasil kondensasi uap pembakaran yang melalui proses pirolisis dari bahan-bahan yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Asap cair memiliki berbagai manfaat, seperti penghilang bau karet, pengawet makanan, dan antiseptik.

Proses pembentukan asap cair melalui kondensasi terjadi pada suhu yang bervariasi. Pada suhu 170°C, terjadi pengeringan dan penghilangan kadar air; pada suhu 200-260°C, terjadi dekomposisi hemiselulosa; pada suhu 260-310°C, terjadi dekomposisi selulosa; pada suhu 310-500°C, terjadi dekomposisi lignin; dan di atas 500°C, terjadi reaksi sekunder seperti oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi (Seri Maulina, 2018). Temperatur yang tinggi meningkatkan produksi asap cair, sedangkan temperatur rendah mengurangnya. Penelitian Alfansuri dkk (2019) menunjukkan bahwa pada suhu masuk destilasi 43°C, kuantitas asap cair yang dihasilkan adalah 10 kg, sementara pada suhu 80°C, kuantitasnya meningkat menjadi 22 kg. Kualitas dan kuantitas asap cair yang dihasilkan dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah temperatur suhu keluaran. Temperatur suhu keluaran memainkan peran penting dalam menentukan hasil produksi asap cair. Oleh karena itu, diperlukan metode untuk menentukan jumlah produksi asap cair secara akurat.

Penerapan logika fuzzy metode Mamdani dapat digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dalam proses produksi asap cair. Dengan menggunakan berbagai input seperti debit asap, suhu lingkungan, suhu masuk, dan suhu keluar dari kondensor, logika fuzzy dapat membantu dalam pengambilan keputusan. Matlab digunakan sebagai alat bantu dalam penerapan logika fuzzy ini. Metode fuzzy Mamdani, yang menggunakan operasi MIN-MAX, relevan dan tidak terlalu rumit untuk diterapkan pada masalah optimasi (Priyo, 2017). Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur suhu terhadap jumlah produksi asap cair menggunakan logika fuzzy Mamdani. Melalui metode ini, diharapkan dapat diperoleh hasil yang lebih akurat dalam menentukan jumlah produksi asap cair di dapur arang Desa Jangkang.

METODE

Beberapa alat yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Alat Destilasi (Kondensor)

1. Alat Destilasi (Kondensor): Digunakan untuk mengembunkan asap menjadi asap cair.
2. Komputer: Dipakai untuk pengelolaan dan penyimpanan data penelitian.

3. Matlab: Digunakan untuk mengelola data temperatur suhu keluaran terhadap jumlah produksi asap cair menggunakan logika fuzzy Mamdani.
4. Flow Meter TUF 2000m: Alat ini digunakan untuk mengetahui flow debit asap.
5. LCD Display 16x2 I2C: Menampilkan nilai suhu yang diambil dalam penelitian ini.
6. Sensor MAX 6675: Modul yang mendeteksi suhu.
7. Arduino UNO: Berfungsi untuk pengendalian dalam pengontrolan suhu yang diambil dalam penelitian ini.
8. Termokopel Tipe K (Temperatur -100°C hingga 1250°C): Berfungsi sebagai alat pengukur temperatur suhu keluaran asap cair.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Temperatur suhu keluaran dan debit asap: Digunakan sebagai nilai input data penelitian.
2. Jumlah produksi asap cair: Data yang diasumsikan dan diolah dengan logika fuzzy Mamdani.
3. Kayu arang: Bahan baku untuk pembuatan arang.
4. Kayu Karet: Bahan bakar untuk pembuatan arang.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan temperatur suhu karena asap cair terbentuk dari unsur senyawa pada suhu tertentu; semakin tinggi debit dan suhu asap, semakin banyak asap cair yang terkondensasi. Penulis mengukur debit asap dan suhu di tiga titik: pipa inlet asap sebelum kondensor, kran 1, dan kran 2. Dalam pengumpulan data skripsi ini juga penulis melakukan observasi di dapur arang desa Jangkang Kabupaten Bengkalis. Data yang di perlukan yaitu debit asap, suhu lingkungan, suhu masuk ke kondensor suhu keluar dari kondensor, dan jumlah produksi asap cair.

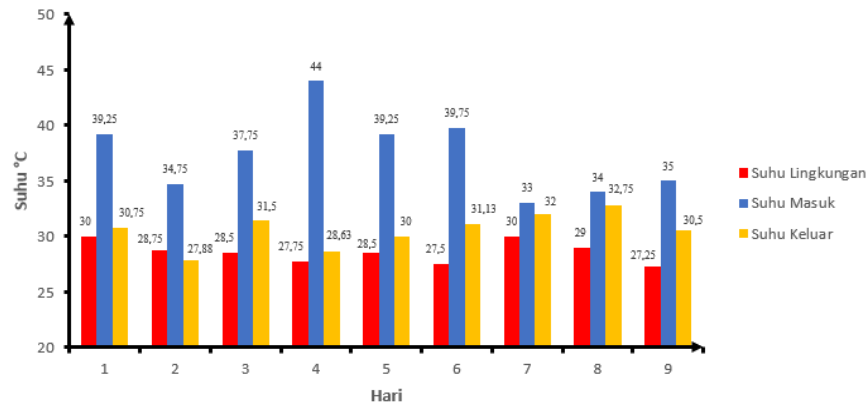
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh suhu keluaran terhadap jumlah produksi asap cair menggunakan logika fuzzy metode Mamdani yang diterapkan dengan bantuan software Matlab R2020a. Data dikumpulkan langsung dari proses pembuatan arang di desa Jangkang, dengan memanfaatkan asap dari sisa pembakaran yang diambil menggunakan alat destilasi dan pengecekan suhu menggunakan thermokopel. Data yang dikumpulkan mencakup debit asap, suhu lingkungan, suhu masuk ke kondensor, dan suhu keluar dari kondensor. Data diambil setiap 6 jam selama 9 hari, dengan tungku pembakaran arang berisi ± 4 ton kayu.

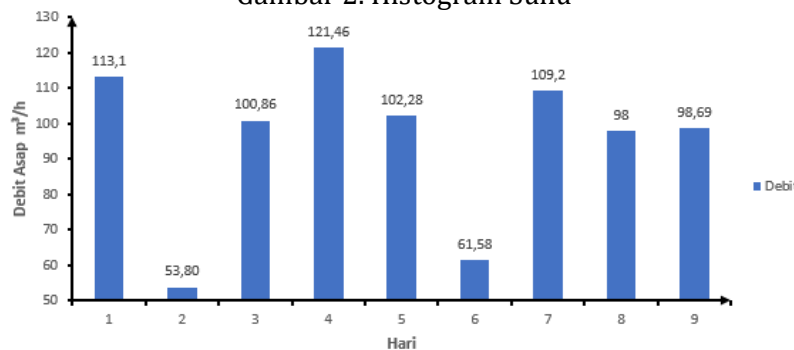
Tabel 1. Hasil Pengumpulan Data selama 9 Hari

No	Debit Asap	Suhu Lingkungan rata-rata	Suhu masuk rata-rata ke kondensor	Suhu keluar rata-rata dari kondensor	Jumlah Produksi Asap Cair
	m ³ /h	(°C)	(°C)	(°C)	(ℓ)
1	113,01	30,00	39,25	30,75	10
2	53,80	28,75	34,75	27,88	7
3	100,86	28,5	37,75	31,50	8
4	121,46	27,75	44,00	28,63	14
5	102,28	28,5	39,25	30,00	13
6	61,58	27,5	39,75	31,13	9
7	109,20	30,00	33,00	32,00	11
8	98,00	29,00	34,00	32,75	8
9	98,69	27,25	35,25	30,50	12
Total Jumlah Produksi Asap Cair					92

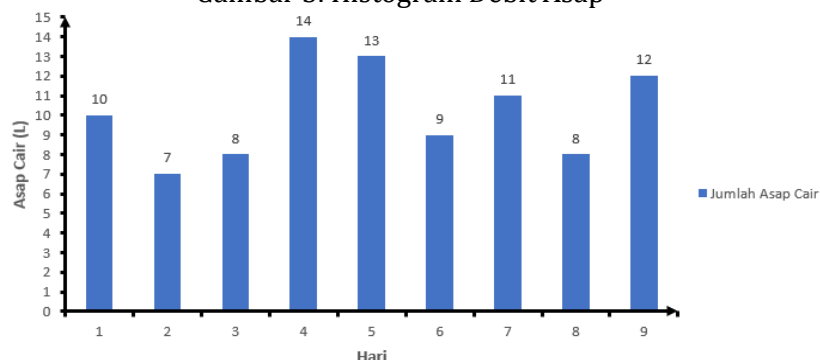
Tabel 1. menunjukkan hasil pengambilan data, di mana produksi asap cair tertinggi adalah 14 liter dalam satu hari dengan debit asap 121,46 m³/h, suhu lingkungan 27,5°C, suhu masuk ke kondensor 44°C, dan suhu keluar 28,63°C.



Gambar 2. Histogram Suhu



Gambar 3. Histogram Debit Asap



Gambar 4 Histogram Jumlah Asap Cair

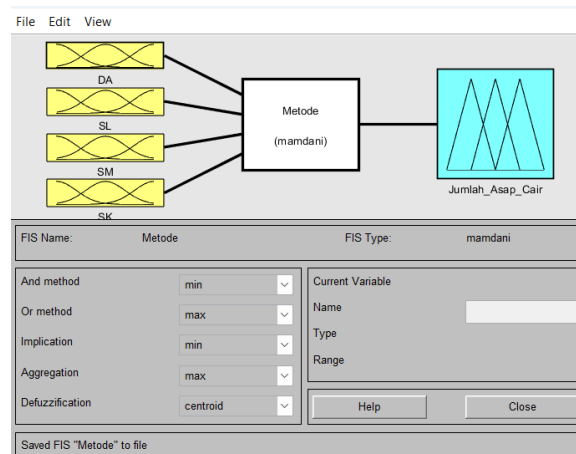
Histogram pada gambar 2, gambar 3, dan gambar 4 menunjukkan bahwa jumlah produksi asap cair meningkat dengan bertambahnya debit asap, tingginya suhu masuk, serta rendahnya suhu lingkungan dan suhu keluar dari kondensor. Analisis ini menunjukkan korelasi antara variabel-variabel tersebut dengan produksi asap cair.

A. *Pengolahan Data Logika Fuzzy Mamdani Dengan Matlab*

Pada analisis temperatur keluaran terhadap jumlah produksi asap cair menggunakan logika fuzzy Mamdani, data diolah dengan bantuan software Matlab 2020A. Tujuan analisis ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur keluaran terhadap produksi asap cair dan mempermudah pengambilan keputusan dengan aturan dasar yang sudah ditentukan. Berikut tahap-tahap analisis tersebut menggunakan software Matlab.

Pembuatan FIS untuk Variabel Input dan Output

Langkah pertama dalam pengolahan data menggunakan logika fuzzy Mamdani dengan MATLAB 2020A adalah membuat Fuzzy Inference System (FIS). Proses ini dimulai dengan mengetik "fuzzy" pada command window MATLAB yang akan menampilkan antarmuka seperti pada Gambar 20. Selanjutnya, nilai-nilai input dan output ditentukan, di mana input yang digunakan meliputi debit asap (DA), suhu lingkungan (SL), suhu masuk ke kondensor (SM), suhu keluar dari kondensor (SK), dan output berupa jumlah produksi asap cair.



Gambar 5. Tampilan FIS Editor

Penentuan Membership Function

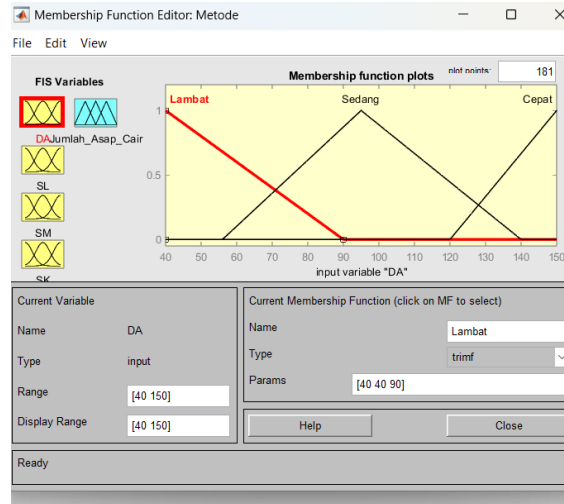
Pada tahap ini, fungsi keanggotaan linguistik untuk setiap variabel ditentukan, termasuk tipe kurva, rentang, dan parameter input serta output yang telah ditentukan sebelumnya.

1. Membership Function untuk Debit Asap (DA)

Variabel input DA memiliki tiga kurva fungsi keanggotaan: lambat, sedang, dan cepat. Tipe kurva dan parameter nilainya ditentukan sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Membership Function Debit Asap

Debit Asap		
Fungsi Linguistik Keanggotaan	Range	Fungsi Keanggotaan
Lambat	40 - 90	trimf
Sedang	56 - 140	trimf
Cepat	120 - 150	trimf



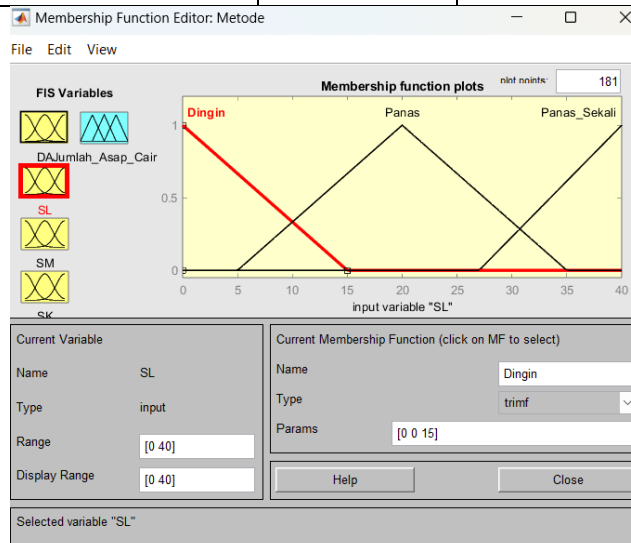
Gambar 6. Tampilan Membership Function Debit Asap

2. Membership Function untuk Suhu Lingkungan (SL)

Variabel input SL memiliki tiga kurva fungsi keanggotaan: dingin, panas, dan panas sekali. Tipe kurva dan parameter nilainya ditentukan sebagai berikut:

Tabel 3. Nilai Membership Function Suhu Lingkungan

Suhu Lingkungan		
Fungsi Linguistik Keanggotaan	Range	Fungsi Keanggotaan
Dingin	0 - 15	trimf
Panas	5 - 35	trimf
Panas Sekali	26 - 40	trimf



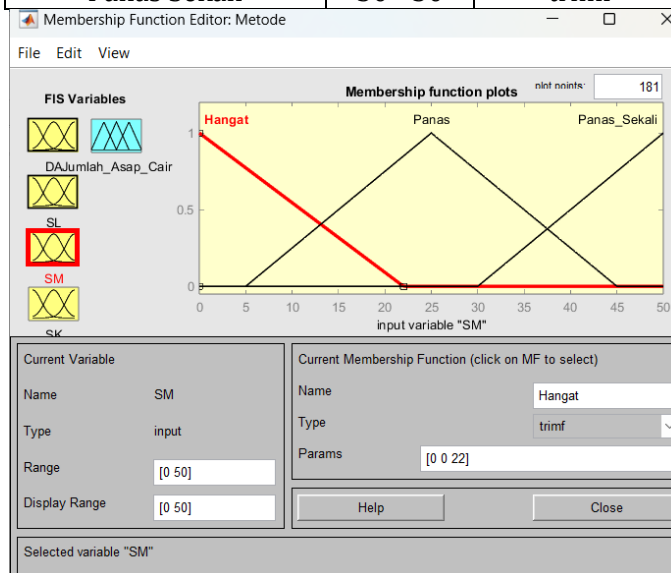
Gambar 7. Tampilan Membership Function Suhu Lingkungan

3. Membership Function untuk Suhu Masuk (SM)

Variabel input SM memiliki tiga kurva fungsi keanggotaan: hangat, panas, dan panas sekali. Tipe kurva dan parameter nilainya ditentukan sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai *Membership Function* Suhu Masuk

Suhu Masuk		
Fungsi Linguistik Keanggotaan	Range	Fungsi Keanggotaan
Hangat	0 - 22	trimf
Panas	5 - 45	trimf
Panas Sekali	30 - 50	trimf

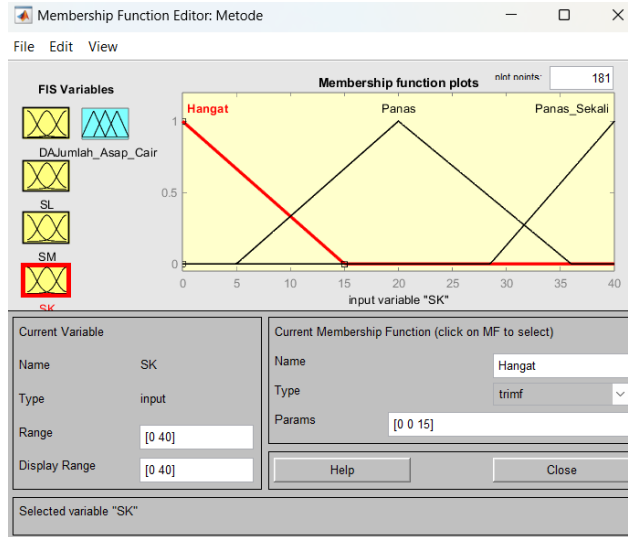
Gambar 8. Tampilan *Membership Function* Suhu Masuk

4. Membership Function untuk Suhu Keluar (SK)

Variabel input SK memiliki tiga kurva fungsi keanggotaan: hangat, panas, dan panas sekali. Tipe kurva dan parameter nilainya ditentukan sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai *Membership Function* Suhu Keluar

Suhu Keluar		
Fungsi Linguistik Keanggotaan	Range	Fungsi Keanggotaan
Hangat	0 - 15	trimf
Panas	5 - 36	trimf
Panas Sekali	28 - 40	trimf

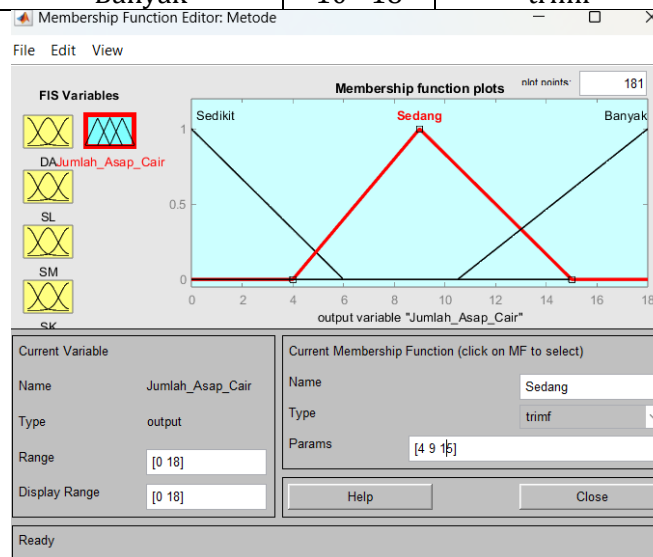
Gambar 9. Tampilan *Membership Function* Suhu Keluar

5. Membership Function untuk Jumlah Produksi Asap Cair

Variabel output ini memiliki tiga kurva fungsi keanggotaan: sedikit, sedang, dan banyak. Tipe kurva dan parameter nilainya ditentukan sebagai berikut:

Tabel 6. Nilai *Membership Function* Jumlah Produksi Asap Cair

Jumlah Produksi Asap Cair		
Fungsi Linguistik Keanggotaan	Range	Fungsi Keanggotaan
Sedikit	0 - 6	trimf
Sedang	4 - 15	trimf
Banyak	10 - 18	trimf

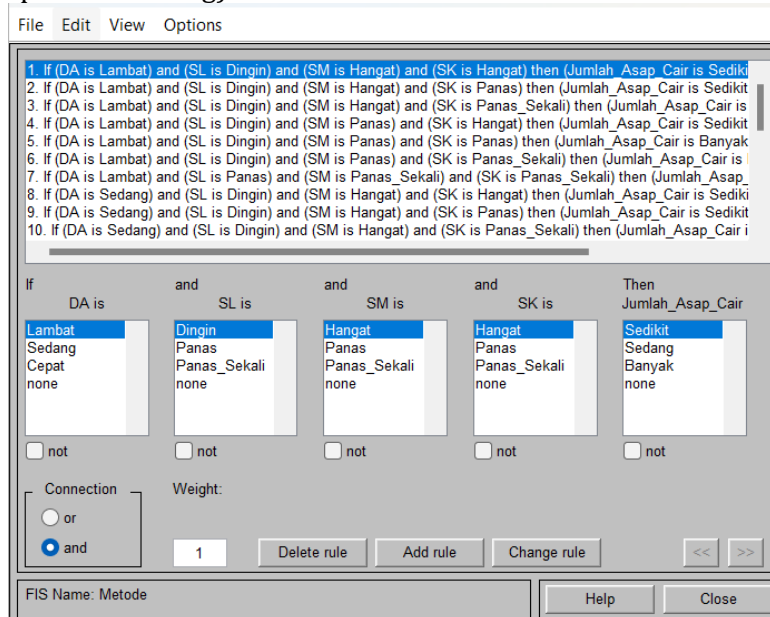
Gambar 10. Tampilan *Membership Function* Jumlah Produksi Asap Cair

B. Pembentukan Aturan (Rule) Fuzzy

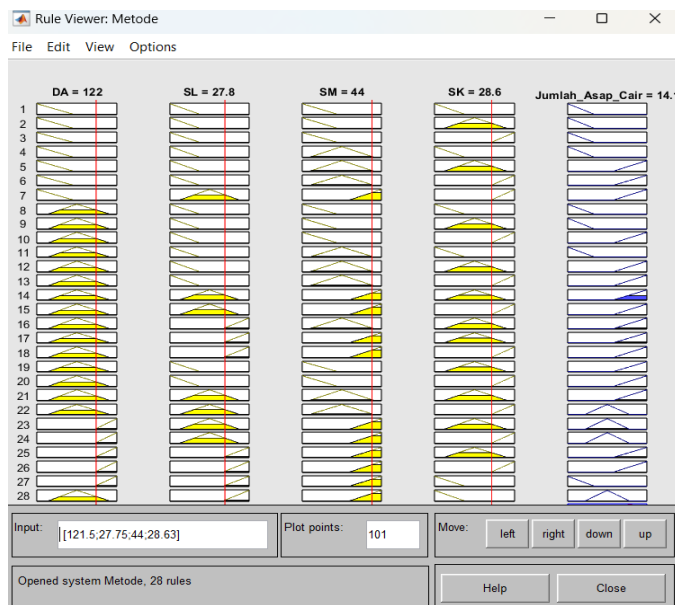
Langkah berikutnya setelah menentukan fungsi keanggotaan variabel input dan output adalah membentuk aturan fuzzy berdasarkan data yang diperoleh, dengan masuk ke menu edit dan membuka rules untuk menentukan aturan fuzzy. Misalnya, If (DA is Lambat) and (SL is Dingin) and (SM is Hangat) and (SK is Hangat) then (Jumlah Asap Cair is Sedikit), dan seterusnya hingga 28 aturan yang sudah ditetapkan.

1. *If (DA is Lambat) and (SL is Dingin) and (SM is Hangat) and (SK is Hangat) then (Jumlah Asap Cair is Sedikit)*
2. *If (DA is Lambat) and (SL is Dingin) and (SM is Hangat) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Sedikit)*
3. *If (DA is Lambat) and (SL is Dingin) and (SM is Hangat) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Sedikit)*
4. *If (DA is Lambat) and (SL is Dingin) and (SM is Panas) and (SK is Hangat) then (Jumlah Asap Cair is Sedikit)*
5. *If (DA is Lambat) and (SL is Dingin) and (SM is Panas) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
6. *If (DA is Lambat) and (SL is Dingin) and (SM is Panas) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
7. *If (DA is Lambat) and (SL is Panas) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
8. *If (DA is Sedang) and (SL is Dingin) and (SM is Hangat) and (SK is Hangat) then (Jumlah Asap Cair is Sedikit)*
9. *If (DA is Sedang) and (SL is Dingin) and (SM is Hangat) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Sedikit)*
10. *If (DA is Sedang) and (SL is Dingin) and (SM is Hangat) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
11. *If (DA is Sedang) and (SL is Dingin) and (SM is Panas) and (SK is Hangat) then (Jumlah Asap Cair is Sedikit)*
12. *If (DA is Sedang) and (SL is Dingin) and (SM is Panas) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
13. *If (DA is Sedang) and (SL is Dingin) and (SM is Panas) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
14. *If (DA is Sedang) and (SL is Panas) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
15. *If (DA is Sedang) and (SL is Panas) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
16. *If (DA is Sedang) and (SL is Panas Sekali) and (SM is Panas) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
17. *If (DA is Sedang) and (SL is Panas Sekali) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
18. *If (DA is Sedang) and (SL is Panas Sekali) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
19. *If (DA is Sedang) and (SL is Dingin) and (SM is Hangat) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
20. *If (DA is Sedang) and (SL is Dingin) and (SM is Hangat) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
21. *If (DA is Sedang) and (SL is Panas) and (SM is Panas) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
22. *If (DA is Sedang) and (SL is Panas) and (SM is Panas) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Sedang)*

23. *If (DA is Cepat) and (SL is Panas) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Sedang)*
24. *If (DA is Cepat) and (SL is Panas) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Sedang)*
25. *If (DA is Cepat) and (SL is Panas Sekali) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Panas) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
26. *If (DA is Cepat) and (SL is Panas Sekali) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Panas Sekali) then (Jumlah Asap Cair is Banyak)*
27. *If (DA is Cepat) and (SL is Panas Sekali) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Hangat) then (Jumlah Asap Cair is Sedikit)*
28. *If (DA is Sedang) and (SL is Panas Sekali) and (SM is Panas Sekali) and (SK is Hangat) then (Jumlah Asap Cair is Sedang)*

Gambar 11. Pembuatan Aturan (*Rule*) fuzzy

Kemudian setelah menentukan rules beralih ke menu view dan pilih menu rules yang akan memunculkan tampilan hasil rules seperti pada gambar 10 berikut.

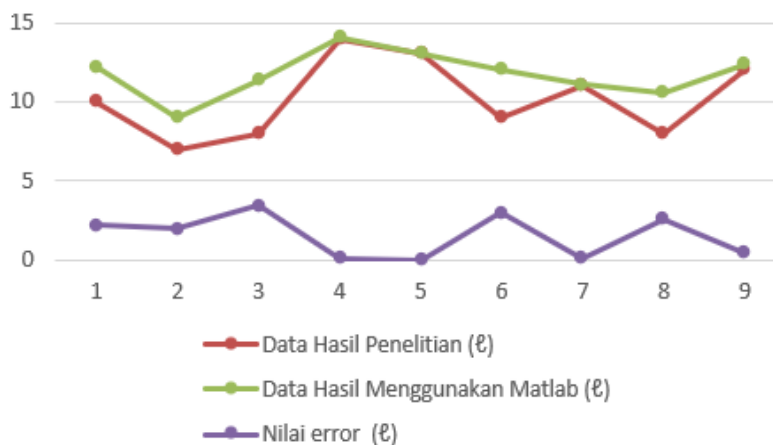


Gambar 12. Tampilan Hasil Rules

Pada tampilan rules yang telah dibuat, terdapat menu input untuk nilai data yang telah diteliti yang memunculkan nilai output. Pada tabel 1, data jumlah produksi asap cair menunjukkan 14 liter dengan nilai debit asap $121.5 \text{ m}^3/\text{h}$, suhu lingkungan 27.75°C , suhu masuk 44°C , dan suhu keluar 28.63°C . Nilai ini diinput ke tampilan hasil rules pada aplikasi MATLAB dan menghasilkan output sebesar 14.1 liter dengan error 0.1 liter. Analisis temperatur suhu keluaran terhadap jumlah produksi asap cair menggunakan fuzzy Mamdani dapat diterapkan untuk menentukan jumlah produksi asap cair dan mengelola data produksi dengan mudah dan akurat dalam pengambilan keputusan.

C. HASIL ANALISA

Hasil analisis suhu keluaran terhadap produksi asap cair menggunakan logika fuzzy Mamdani terlihat pada grafik berikut.



Gambar 13. Grafik Hasil Analisa Suhu Keluaran Terhadap Produksi Asap Cair Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani

Hasil analisis prediksi jumlah produksi asap cair menggunakan logika fuzzy Mamdani menunjukkan bahwa jumlah produksi mengalami naik turun akibat beberapa faktor selama penelitian. Kenaikan produksi disebabkan oleh naiknya debit asap dan suhu keluaran, serta penurunan efisiensi alat destilasi. Kondensor bambu yang digunakan memiliki masa pakai terbatas dan dapat retak atau pecah, sehingga mengurangi kondensasi asap. Penurunan produksi juga dipengaruhi oleh masalah pada alat pirolisis, seperti tersumbatnya lubang asap oleh tar yang

mengeras atau tanah yang masuk, pembakaran yang tidak sempurna, dan cuaca hujan yang mendinginkan suhu keluaran, mengurangi kondensasi asap cair.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah produksi asap cair sangat dipengaruhi oleh suhu keluaran dan debit asap. Melalui analisis dengan logika fuzzy metode Mamdani, ditemukan bahwa suhu masuk ke kondensor dan debit asap merupakan faktor paling signifikan dalam mempengaruhi jumlah produksi asap cair. Semakin tinggi kedua faktor tersebut, semakin banyak produksi asap cair yang dihasilkan. Dalam simulasi yang dilakukan, prediksi jumlah produksi asap cair menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi, dengan error prediksi terkecil sebesar 0,1 liter dan error terbesar sebesar 3,4 liter dari jumlah produksi sebenarnya. Penggunaan software Matlab untuk implementasi logika fuzzy metode Mamdani terbukti efektif dalam mengolah data kompleks dan menghasilkan prediksi yang cepat dan tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Budi Junaidi, A. U. (2019). Potensi Asap Cair Pada Produksi Arang Kayu Model Desa Ranggung Tanah Laut. *Konversi, Volume 8 No. 1*, 39-43.
- Axel Natanael Salim, A. R. (2022). Implementasi Fuzzy-Mamdani untuk Pengendalian Suhu dan Kekeruhan Air Aquascape Berbasis IoT. *Jurnal Algoritme Vol. 2, No. 2, April 2022, 2 No 2*, 159-169.
- Christyn Parsaulyan P.Maibang, A. M. (2019). Christyn Parsaulyan P.Maibang1, Amir Mahmud Husein2 . *Volume 2 Nomor 2, Oktober 2019 e-ISSN : 2541-2019* , 400-407.
- Diaz Aztisyah, T. Y. (2021). Implementasi Logika Fuzzy Pada pH air dalam sistem otomatisasi suhu dan Ph airAquascape ikan Guppy. *J.of inista Vol.4 NO.1*, 59-70.
- Jayanudin1, E. (2012). Pengaruh suhu pirolisis dan Ukuran Tempurung Kelapa terhadap Rendemen Dan Karakteristik Asap Cair Sebagai Pengawet Alami. *Teknik Kimia*, 46-55.
- Kusumadewi, S. &. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan* (Pertama ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mhd. Rizwandi, Alfansuri . (2019). Analisa Efisiensi Alat Destilasi Asap Cair Terhadap Kuantitas Asap Cair Di Dapur Arang (Suku Asli) Desa Jangkang. *Jurnal Mesin Sains Terapan VOL. 3 NO. 2 Agustus 2019*, 88-95.
- Mohammad Badrul, A. A. (2020). Optimalisasi Pengadaan Jumlah Produksi Barang Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani . *Jurnal Sains Komputer & Informatika*, 128-141.
- Mohammad WIJAYA1, E. N. (2008). *Perubahan Suhu Pirolisis terhadap Struktur Kimia*, 73-77.
- Mustafiah1, A. M. (2016). Pengaruh Suhu Terhadap Produksi Asap Cair dari Blending Limbah Biomassa Cangkang Sawit dengan Batubara secara Pirolisis. *Journal Of Chemical Process Engineering Vol. 01, No.01, 2016*, 1-8.
- prihamayu, m. A. (2015). Aplikasi Logika FUZZY Metode Mamdani Dalam Pengambilan Keputusan Penentuan Jumlah Produksi. *ISSN 1829-5266 (print) ISSN 2301-8550 (online)*, 92-99.
- Seri Maulina, F. N. (2018). Ekstraksi Asap Cair Dari Pelepah Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 7, No. 2 (September 2018)*, 7, 28-32.
- Triawan, M. (2019). Fuzzy Logic Mamdani Untuk Menentukan Jumlah Produksi Teh Pada PTPN VII (Persero). *Cogito Smart Journal / VOL. 5 / NO.1 / JUNI 2019*, 66-78.