

Audit Energi Listrik dengan Metode Fuzzy Logic pada RSIGM Sultan Agung Semarang

Clara Nila Putri Suparjo *¹
Ida Widiastuti ²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung, Indonesia
*e-mail: clara.nila14.cn@gmail.com¹, ida_fti@uissula.ac.id²

Abstrak

Pentingnya penggunaan energi listrik untuk kegiatan layanan di RSIGM (Rumah Sakit Gigi dan Mulut) Sultan Agung menyimpan potensi pemborosan yang tak terelakkan. Faktor – faktor seperti usia bangunan, kurangnya edukasi pengguna, dan sistem pengelolaan energi yang belum optimal berkontribusi terhadap pemborosan energi di rumah sakit. Hal ini tentu saja dapat membebani keuangan rumah sakit dan menghambat kelancaran operasionalnya. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penggunaan energi yang efektif untuk mengurangi pemborosan dan menekan biaya operasional dengan melakukan audit energi Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Audit IKE adalah suatu proses untuk menganalisis dan mengevaluasi penggunaan energi di rumah sakit, dengan tujuan untuk mengidentifikasi peluang penghematan energi. Adapun tahapan audit yang dilakukan dengan mengumpulkan data energi listrik yang digunakan, lalu melakukan pengambilan data lebih rinci, dan dicari peluang penghematan energi. Informasi data ini digunakan untuk merumuskan strategi dan tindakan yang tepat yang akan diterapkan melalui metode Fuzzy Logic. Pada penerapan Fuzzy Logic didapatkan hasil perhitungan manual metode Mamdani nilai IKE sebesar 4,25 kWh yang berada dalam range IKE 0 – 8,5 termasuk dalam range Efisien. Lalu dari hasil Fuzzy Logic program aplikasi Matlab dengan memasukkan input daya 19.694,1 kWh (19,7 kWh) dan input nilai BOR sebesar 7,2% menghasilkan nilai IKE sebesar 3,34 termasuk dalam range Efisien.

Kata kunci: audit, daya, energi, fuzzy logic, IKE

Abstract

The importance of using electrical energy for service activities at RSIGM (Dental and Oral Hospital) Sultan Agung holds the potential for inevitable waste. Factors such as the age of the building, lack of user education, and a suboptimal energy management system contribute to energy waste in hospitals. This of course can burden the hospital's finances and hinder its smooth operations. To overcome this, effective energy use is needed to reduce waste and reduce operational costs by conducting an Energy Consumption Intensity (IKE) energy audit. An IKE audit is a process for analyzing and evaluating energy use in hospitals, with the aim of identifying opportunities for energy savings. The audit stages are carried out by collecting data on the electrical energy used, then taking more detailed data, and looking for opportunities for energy savings. This data information is used to formulate appropriate strategies and actions that will be implemented through the Fuzzy Logic method. In the application of Fuzzy Logic, the results of the manual calculation of the Mamdani method obtained an IKE value of 4.25 kWh which is in the IKE range of 0 - 8.5, including the Efficient range. Then, from the results of the Fuzzy Logic Matlab application program by entering a power input of 19,694.1 kWh (19.7 kWh) and a BOR value input of 7.2%, the IKE value is 3.34, which is included in the Efficient range.

Keywords: audit, power, energy, fuzzy logic, IKE

PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan institusi yang penting bagi masyarakat, dimana keberadaannya tak lepas dari penggunaan energi listrik secara terus – menerus. Energi listrik menjadi suatu kebutuhan penting dalam menunjang berbagai layanan medis dan operasional rumah sakit, mulai dari pencahayaan, peralatan medis, sistem pendingin ruangan, hingga sistem pemanas air. Namun, penggunaan energi listrik yang tiada henti ini menyimpan potensi pemborosan yang tak terelakkan. Faktor – faktor seperti usia bangunan, kurangnya edukasi pengguna, dan sistem pengelolaan energi yang belum optimal berkontribusi terhadap pemborosan energi di rumah sakit. Hal ini tentu saja dapat membebani keuangan rumah sakit dan menghambat kelancaran operasionalnya. Dampak negatif dari pemborosan energi tak hanya terbatas pada biaya operasional yang melonjak tinggi. Pembayaran rekening listrik dalam jumlah besar dapat

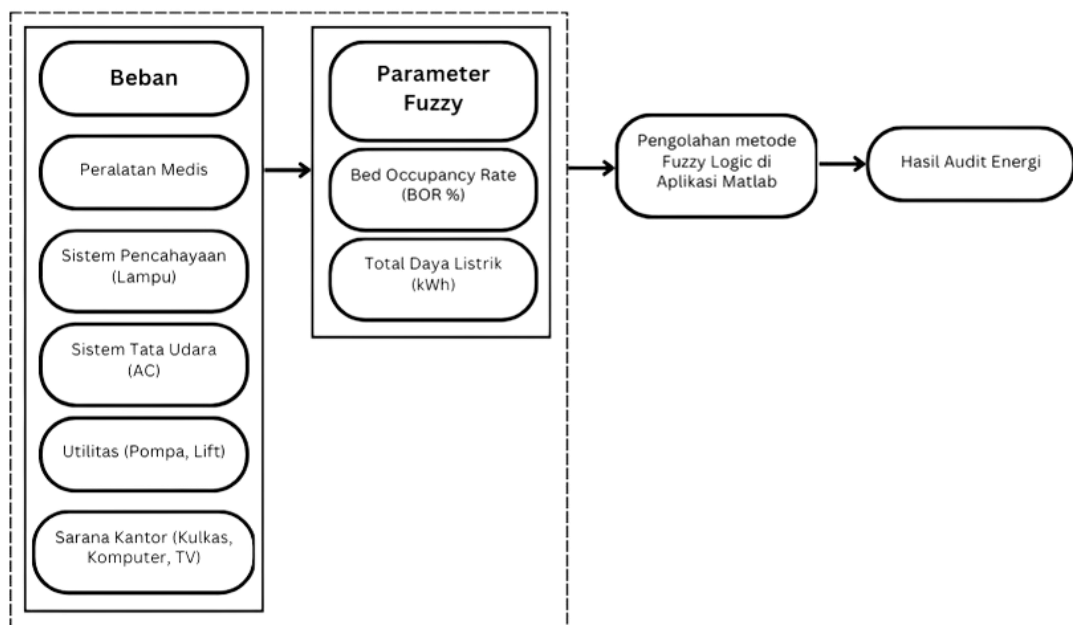
membebani keuangan rumah sakit dan menghambat kelancaran operasionalnya. Lebih dari itu, pemborosan energi juga membawa konsekuensi lingkungan yang signifikan, seperti emisi gas rumah kaca dan perubahan iklim.

Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penggunaan energi yang efektif untuk mengurangi pemborosan dan menekan biaya operasional. Salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan audit energi Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Audit IKE adalah suatu proses untuk menganalisis dan mengevaluasi penggunaan energi di rumah sakit, dengan tujuan untuk mengidentifikasi peluang penghematan energi. Melalui audit IKE, dapat diperoleh informasi tentang pola penggunaan energi di rumah sakit, termasuk area yang paling banyak menggunakan energi, sumber energi yang digunakan, dan potensi penghematan energi yang dapat dilakukan. Informasi ini kemudian dapat digunakan untuk merumuskan strategi dan tindakan yang tepat yang akan diterapkan melalui metode Fuzzy Logic. Konsep fuzzy atau kabur dalam logika matematika mengacu pada suatu kondisi di mana suatu nilai tidak secara tegas hanya benar atau salah, tetapi dapat memiliki derajat kebenaran antara 0 dan 1. Dengan menggabungkan audit energi dengan metode Fuzzy Logic akan menghasilkan analisis yang lebih optimal terkait dengan penggunaan energi listrik.

Oleh karena itu, audit IKE merupakan langkah yang penting untuk dilakukan oleh rumah sakit dalam rangka meningkatkan efisiensi penggunaan energi, mengurangi biaya operasional, dan berkontribusi terhadap kelestarian lingkungan.

METODE PENELITIAN

Proses penelitian dimulai dengan merumuskan tujuan penelitian yang spesifik dan terukur. Kemudian, dilakukan kajian pustaka yang komprehensif untuk mengidentifikasi kerangka teori yang relevan. Pengumpulan data dilakukan melalui berbagai teknik yang sesuai dengan desain penelitian. Data konsumsi energi listrik yang diperoleh akan dianalisis secara kuantitatif dengan menggunakan metode audit energi. Hasil analisis akan digunakan untuk menarik kesimpulan ilmiah. Metode penelitian seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Model Penelitian

Berdasarkan SNI 03-6169-2000 tentang prosedur audit energi pada bangunan gedung, perhitungan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) dapat diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$IKE = \frac{\text{Pemakaian energi listrik (kWh)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}} \quad \dots (2.1)$$

Keterangan:

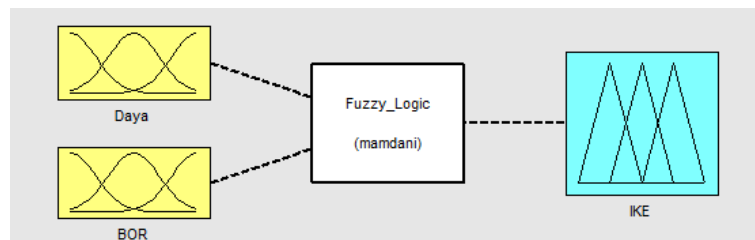
- IKE = Intensitas Konsumsi Energi (kWh/m²)
- Luas Bangunan = (m²)
- Total Konsumsi = (kWh)

Fuzzy Inference System (FIS)

Merupakan suatu sistem yang menggunakan himpunan logika fuzzy untuk melakukan penalaran dan pengambilan keputusan. Adapun beberapa tahapan dari FIS, yaitu Fuzzyfikasi, Fungsi Keanggotaan, dan Komposisi Aturan Fuzzy.

a) Fuzzyfikasi

Tahap ini merupakan tahapan untuk melakukan pembentukan fungsi keanggotaan. Tahap fuzzyfikasi menggunakan 2 buah parameter input (Daya dan BOR) dan 1 buah variabel output (IKE).



Gambar 2. Diagram Fuzzyfikasi Matlab Fis

b) Fungsi Keanggotaan

Untuk mengevaluasi efisiensi energi listrik di rumah sakit berdasarkan hasil audit energi, akan digunakan fungsi keanggotaan yang telah didefinisikan pada himpunan fuzzy. Variabel – variabel input seperti konsumsi energi, BOR, dan IKE akan diubah menjadi nilai keanggotaan untuk kemudian diproses melalui aturan – aturan fuzzy.

Tabel 1. Fungsi Keanggotaan

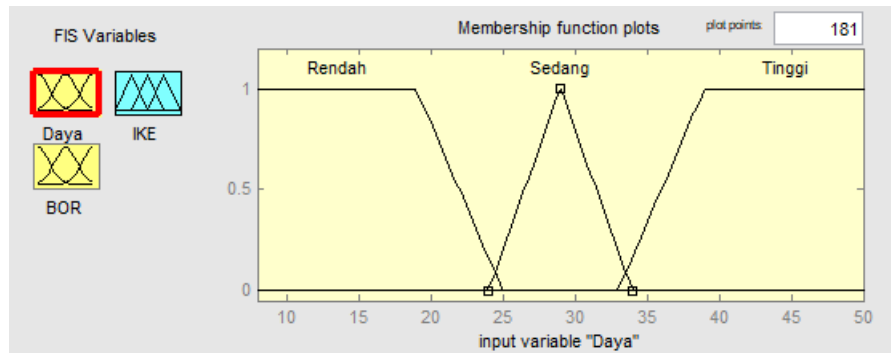
No	Variabel Input	Himpunan Fuzzy	Fungsi Keanggotaan	Domain
1	Konsumsi Energi (kWh)	Rendah	19.000-25.000	[19000 22000 25000]
		Sedang	24.000-34.000	[24000 29000 34000]
		Tinggi	33.000-39.000	[33000 36000 39000]
2	BOR (%)	Di Bawah Standart	0-24%	[0 12 24]
		Sesuai Standart	25-39%	[25 32 39]
		Di Atas Standart	40-50%	[40 45 50]
3	IKE (kWh/m2/bln)	Efisien	0-8,5	[0 4,25 8,5]
		Cukup Efisien	8-18,5	[8 13,25 18,5]
		Tidak Efisien	18-24,5	[18 21,25 24,5]

Berdasarkan fungsi keanggotaan di atas dapat ditentukan fungsi derajat dari keanggotaan masing – masing dengan input variabel total daya listrik (kWh) dan tingkat hunian kamar/bed occupancy rate (%) dan output variabel berupa IKE (kWh/m2/bulan).

c) Fungsi Keanggotaan Daya

Pada fungsi ini diberikan input variabel berupa total daya listrik (kWh) yang dibagi menjadi 3, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Pada range rendah bernilai kurang dari 25000, pada

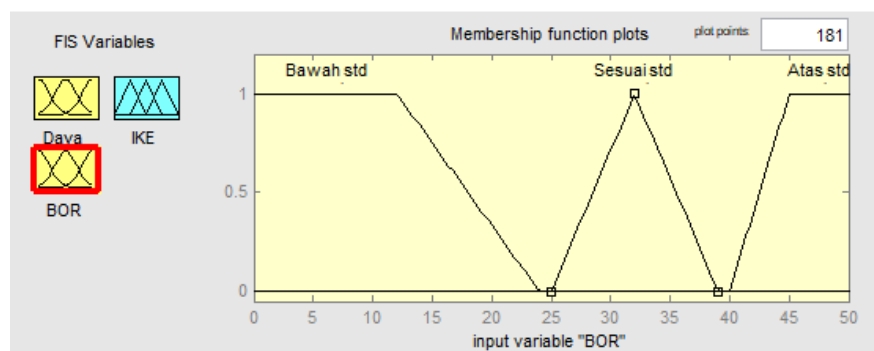
range sedang bernilai 29000 dan pada range tinggi bernilai lebih dari 33000. Oleh karena itu untuk keanggotaan range rendah dan tinggi digunakan kurva berbentuk trapesium dan untuk keanggotaan sedang diberikan kurva berbentuk segitiga yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Himpunan Keanggotaan Variabel Daya

d) Fungsi Keanggotaan BOR

Fungsi ini diberikan variabel input tingkat hunian kamar atau BOR (%) yang dibagi 3 bagian, yaitu di bawah standar, sesuai standar, dan di atas standar. Pada range di bawah standar bernilai kurang dari 24%, pada range sesuai standar bernilai 25%-39%, dan pada range di atas standar bernilai lebih dari 40%. Adapun kurva keanggotaan BOR dapat dilihat pada Gambar 4.



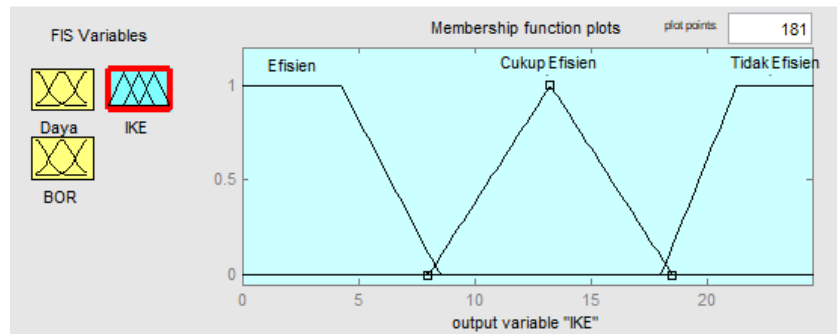
Gambar 4. Himpunan Keanggotaan Variabel BOR

e) Fungsi Keanggotaan IKE

Berdasarkan hasil dari penelitian oleh Perauran Menteri Energi & SDM Republik Indonesia No. 13 Tahun 2012 bahwa terdapat 4 kategori untuk menentukan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) seperti di bawah :

- Sangat Efisien : < 8,5 kWh/m²/bulan
- Efisien : 8,5 – <14 kWh/m²/bulan
- Cukup Efisien : 14 – <18,5 kWh/m²/bulan
- Boros : >= 18,5 kWh/m²/bulan

Dalam penelitian ini akan dikelompokkan menjadi 3 bagian, yaitu efisien, cukup efisien, dan tidak efisien. Pada range efisien diberikan nilai kurang dari 8,5 kemudian pada range cukup efisien diberikan nilai 8 – 18,5, dan pada range tidak efisien diberikan nilai lebih dari 18,5. Oleh karena itu, digunakan kurva berbentuk trapesium dan segitiga seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Himpunan Keanggotaan Variabel IKE

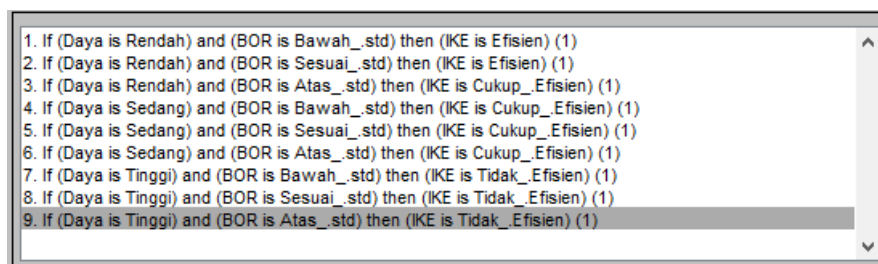
f) Komposisi Aturan Fuzzy (Rule Baze Fuzzy)

Tahapan ini menghasilkan output dari tahapan sebelumnya (Fuzzyfikasi) baik daya listrik (kWh), BOR (%), dan IKE (kWh/m²/bulan). Kemudian selanjutnya digabungkan menggunakan rule evaluation yang menghasilkan 9 jenis aturan diikuti 3 buah output seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

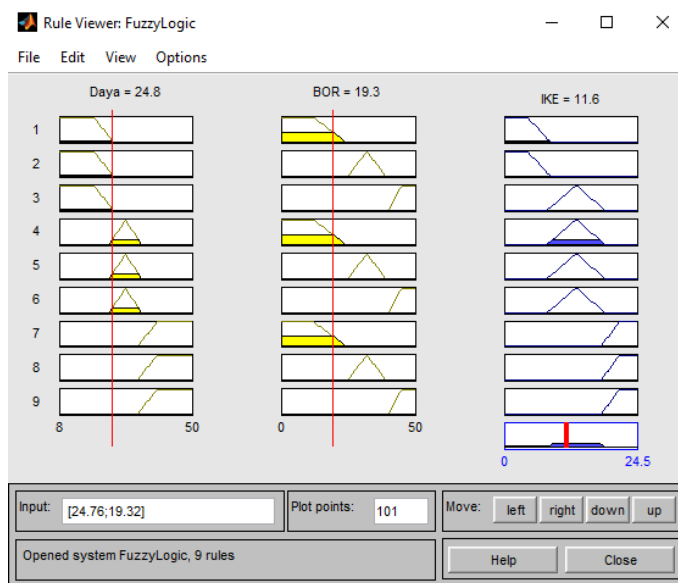
Tabel 2. Rule Baze

Rules	Daya (kWh)	BOR (%)	Output IKE
1	Rendah	Bawah Standart	Efisien
2	Rendah	Sesuai Standart	Efisien
3	Rendah	Atas Standart	Cukup Efisien
4	Sedang	Bawah Standart	Cukup Efisien
5	Sedang	Sesuai Standart	Cukup Efisien
6	Sedang	Atas Standart	Cukup Efisien
7	Tinggi	Bawah Standart	Tidak Efisien
8	Tinggi	Sesuai Standart	Tidak Efisien
9	Tinggi	Atas Standart	Tidak Efisien

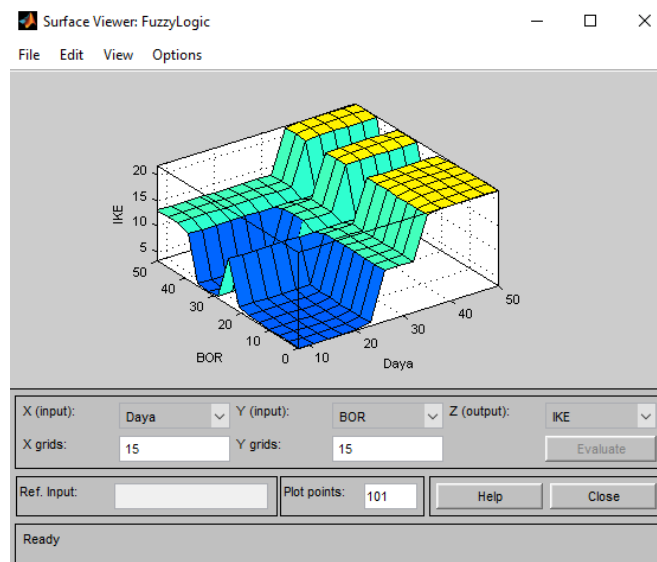
Pada aplikasi Matlab dalam komposisi aturan yang dibuat rule editor dan menghasilkan 9 input diikuti 3 output, yaitu 2 buah variabel total daya IKE dan BOR. Kemudian menghasilkan output berupa nilai IKE dengan 3 kriteria, yaitu IKE efisien, IKE cukup, dan IKE tidak efisien. Output tersebut dapat dimunculkan pada bagian kotak dialog di rule viewer yang dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6. Rules Editor (Matlab)

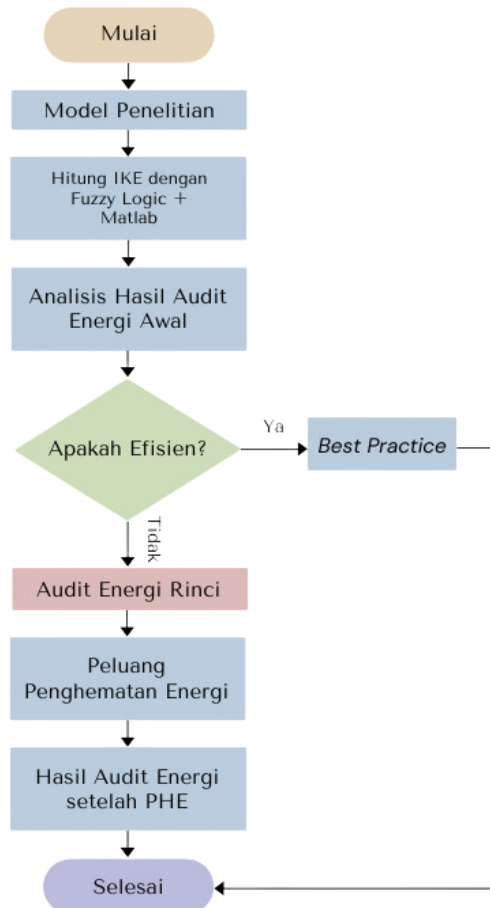


Gambar 7. Rule Viewer (Matlab)



Gambar 8. Surface Rule (Matlab)

Flowchart pada Gambar 8 menggambarkan secara sistematis tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Diagram tersebut menyajikan secara visual urutan langkah – langkah yang ditempuh dalam menganalisis konsumsi energi listrik melalui pendekatan audit energi yang dipadukan dengan metode logika fuzzy.



Gambar 9. Flowchart langkah penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Audit Energi Awal

Tahap awal dari pelaksanaan audit energi listrik pada RSIGM Sultan Agung Semarang adalah perhitungan IKE (Indeks Konsumsi Energi) daya listrik. Pelaksanaan audit ini dilakukan dengan melakukan pengumpulan data daya listrik (kWh) kemudian melakukan perhitungan intensitas konsumsi energi listrik per bulan. Setelah dilakukan penelitian didapatkan konsumsi energi listrik pada gedung RSIGM Sultan Agung Semarang 6 lantai sebesar 656,47 kWh/hari. Dari total beban yang dikonsumsi tersebut dapat dihitung besar IKE, sesuai dengan persamaan 2 dengan data luas bangunan sebesar 9744 m² seperti berikut:

$$IKE = \frac{\text{Pemakaian energi listrik (kWh)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}}$$

$$IKE = \frac{656,47 \times 30}{9744}$$

$$IKE = 2,02 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$$

Dari analisis yang didapatkan bahwa besar nilai IKE untuk keseluruhan sebesar 2,02 kWh/m²/bulan. Berdasarkan standard kriteria IKE (Tabel 2.2) gedung tersebut termasuk dalam kategori efisien. Selain dipengaruhi oleh besar nilai dari IKE, terdapat pengaruh perhitungan dari nilai BOR. Apabila nilai BOR semakin besar maka menghasilkan grafik nilai yang besar pula. Berdasarkan rata - rata jumlah BOR pada tahun 2024 dengan rata - rata IKE per bulan sebesar 7,2 (Tabel 3.5) yang merujuk pada persamaan 2.3 maka didapatkan seperti berikut :

$$IKE = \frac{\text{Pemakaian energi listrik (kWh)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}} \times BOR$$

$$IKE = \frac{656,47 \times 30}{9744} \times 7,2$$

$$IKE = 2,02 \times 7,2$$

$$IKE = 14,5$$

Audit energi selanjutnya berupa audit energi rinci dan adanya analisis upaya dalam peluang penghematan energi. Hal tersebut perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai IKE yang terbaik dan menekan adanya pemborosan pada gedung.

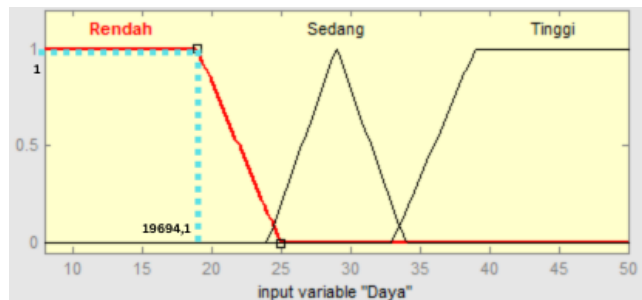
Perhitungan Fuzzy Logic Metode Mamdani

Berdasarkan data yang sudah didapatkan akan dilakukan perhitungan secara manual pada sistem inferensi fuzzy dengan metode Mamdani seperti berikut:

a) Bentuk Himpunan Fuzzy

Pada variabel input daya terdapat 3 himpunan, yaitu rendah, sedang, serta tinggi. Dari data sebelumnya didapatkan penggunaan daya listrik per hari sebesar 656,47 kWh/hari maka dapat diperkirakan penggunaan listrik selama sebulan sebesar 19.694,1 kWh/bulan. Apabila dihitung secara manual termasuk dalam range daya rendah dengan derajat keanggotaan seperti pada Gambar 10.

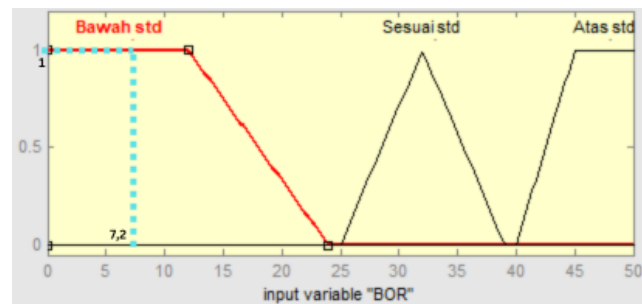
$$\mu_{\text{Daya rendah}}[x] = 1 \text{ (karena } 19694,1 \leq 22000)$$



Gambar 10. Keanggotaan Himpunan Input Daya (kWh)

Sedangkan untuk variabel input BOR memiliki 3 himpunan, yaitu bawah std, sesuai std, dan atas std. Dari data sebelumnya didapatkan rata - rata presentase BOR tahun 2024 sebesar 7,2% sehingga termasuk dalam range himpunan keanggotaan di bawah standard seperti Gambar 11.

$$\mu_{\text{BOR bawah std}}[x] = 1 \text{ (karena } 7,2 \leq 12)$$



Gambar 11. Keanggotaan Himpunan Input BOR

b) Penalaran Komposisi Aturan dan Fungsi Implikasi

Penyusunan basis aturan didapatkan dari kombinasi hasil pembentukan suatu himpunan dan aturan fuzzy yang digunakan. Pada metode Mamdani digunakan fungsi implikasi nilai minimum dari dua implikasi yang tersedia. Biasanya hasil dari kedua implikasi dinamakan α -predikat. Berdasarkan dasar aturan pada Gambar 3.6 dan perhitungan manual bentuk himpunan sebelumnya, akan ditampilkan 1 aturan, yaitu rule 1. Berikut merupakan penyusunan dari basis aturan penggunaan energi sebesar 19.694,1 kWh dan presentase BOR sebesar 7,2%.

Aturan ke - 1 [Rule 1]

[Rule 1] If (Daya is Rendah) and (BOR is Bawah std) then (IKE is Efisien).

$$\alpha\text{-predikat} = \min(\mu_{\text{Daya Rendah}}[19.694,1], \mu_{\text{BOR Bawah std}}[7,2]) = \min(1;1) = 1$$

- Defuzzifikasi

Untuk melakukan perhitungan defuzzifikasi menggunakan persamaan output IKE efisien dan rule 1 seperti berikut.

[Rule 1] $\mu_{\text{IKE Efisien}}(x) = 1$, maka nilai x :

$$\mu_{\text{IKE efisien}}[x] = \frac{8,5-x}{4,25} = 1$$

Sehingga didapatkan,

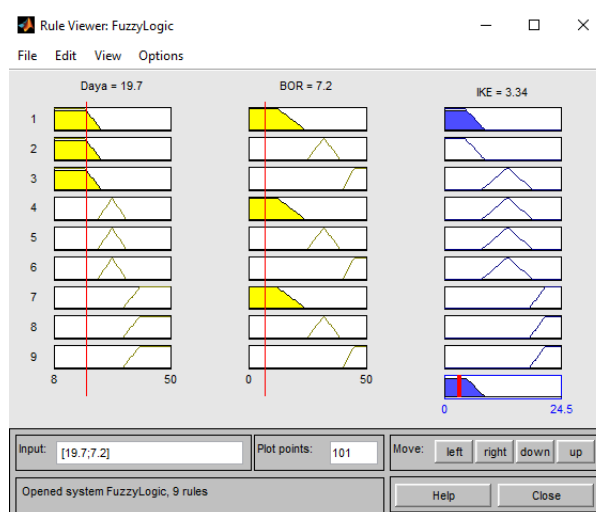
$$x = 4,25 - 8,5$$

$$x = 4,25$$

Dengan memasukkan nilai x pada metode centroid didapatkan,

$$Z_1 = \frac{1 \times 4,25}{1} = 4,25$$

Hasil dari perhitungan tersebut didapatkan nilai IKE sebesar 4,25 kWh yang berada dalam range IKE 0 – 8,5 termasuk dalam range Efisien berdasarkan perhitungan manual metode fuzzy Mamdani. Sedangkan apabila dibuktikan pada program aplikasi Matlab pada Gambar 12 dengan memasukkan input daya 19.694,1 kWh (19,7 kWh) dan input nilai BOR sebesar 7,2% menghasilkan nilai IKE sebesar 3,34 termasuk dalam range Efisien juga.



Gambar 12. Nilai IKE dengan Aplikasi Matlab

Audit Energi Rinci

Pada audit energi rinci dilakukan ketika terdapat indikasi pemborosan setelah audit awal. Setelah itu membandingkan hasil dari pengukuran tersebut dengan acuan standard IKE. Kemudian melakukan identifikasi adanya kemungkinan peluang penghematan energi. Adapun guna mempermudah melakukan audit, beban listrik gedung RSIGM Sultan Agung dibagi menjadi 5, yaitu: Sistem Pencahayaan, Sistem Penataan Udara, Sarana Perkantoran, dan Peralatan Medis.

a) Sistem Pencahayaan

Besar konsumsi energi untuk sistem pencahayaan dapat dilihat dari perhitungan perkalian antara daya masing – masing lampu dengan perkiraan lama penggunaannya. Rata – rata penggunaan lampu per hari berdasarkan kelompok ruangan ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Rata – Rata Penggunaan Lampu

No	Kelompok Ruangan	Rata- rata jam/hari
1	Kantor	8
2	Ruang Inap Intensive	24
3	Ruang Penunjang Medis	24
4	Ruang Poliklinik	8

Konsumsi energi harian sistem pencahayaan di seluruh ruangan dapat dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Konsumsi Energi Sistem Pencahayaan

No	Kelompok Ruangan	Lantai	Lantai	Lantai	Lantai	Lantai	Lantai	Total kWh/hari
		1	2	3	4	5	Dasar	
1	Kantor	23,04	3,36	3,36	8,64	43,2	17,28	98,88
2	Ruang Inap Intensive	8,06	0	0	0	0	0	8,06
3	Ruang Penunjang Medis	36,86	19,2	19,2	0	0	0	75,26
4	Ruang Poliklinik	0	0	0	8,64	0	0	8,64
<i>Jumlah</i>								190,84

Jenis lampu yang digunakan seluruh gedung RSIGM merupakan LED 12 watt dengan tingkat konsumsi energi sebesar 190,84 kWh/hari dan jumlah keseluruhan lampu yang terpasang adalah 1116 buah seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Penggunaan Lampu RSIGM SA

No	Ruangan	Jumlah Lampu	Durasi (jam)	Daya (Watt)	Jumlah Daya	Jumlah kWh
1	Kantor Lt 1	80	24	12	23040	23,04
2	IGD	35	24	12	10080	10,08
3	R. Radologi	53	24	12	15264	15,264
4	R. OK	120	8	12	11520	11,52
5	R. Rawat Inap	28	24	12	8064	8,064
6	Kantor Lt 2	35	8	12	3360	3,36
7	R. Bangsal DU Lt 2	200	8	12	19200	19,2
8	Kantor Lt 3	35	8	12	3360	3,36
9	R. Bangsal DU Lt 3	200	8	12	19200	19,2
10	Kantor Lt 4	90	8	12	8640	8,64
11	R. Poliklinik	30	24	12	8640	8,64
12	Kantor Lt 5	150	24	12	43200	43,2

13	Basement	60	24	12	17280	17,28
	<i>Total</i>	1116			190848	190.84

b) Sistem Penataan Udara

Pada sistem penataan udara didapatkan hasil perhitungan dari daya masing – masing AC dengan rata – rata lama waktu penggunaannya, seperti yang dijelaskan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata – Rata Penggunaan AC

No	Kelompok Ruangan	Rata- rata jam/hari
1	Kantor	8
2	Ruang Inap Intensive	24
3	Ruang Penunjang Medis	24
4	Ruang Poliklinik	8

Konsumsi energi harian sistem penataan udara di seluruh ruangan dapat dijelaskan pada Tabel 7.

Tabel 7. Konsumsi Energi Sistem Penataan Udara

No	Kelompok Ruangan	Lantai	Lantai	Lantai	Lantai	Lantai	Lantai	Total kWh/hari
		1	2	3	4	5	Dasar	
1	Kantor	15,84	1,05	1,05	8,44	63,36	0	89,74
2	Ruang Inap Intensive	7,92	0	0	0	0	0	7,92
3	Ruang Penunjang Medis	23,76	10,56	10,56	0	0	0	44,88
4	Ruang Poliklinik	0	0	0	25,34	0	0	25,34
	<i>Jumlah</i>							167,88

Jenis AC yang digunakan seluruh gedung RSIGM merupakan AC 1 PK dengan total tingkat konsumsi energi sebesar 167,88 kWh/hari dan jumlah keseluruhan lampu yang terpasang adalah 148 buah.

c) Prasarana atau Utilitas

Konsumsi energi untuk prasarana atau utilitas merupakan hasil dari perhitungan antara daya masing – masing pada peralatan dan lama waktu penggunaannya. Adapun alat dan rata – rata penggunaannya dijelaskan seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata – Rata Penggunaan Utilitas

No	Alat	Rata- rata jam/hari	Jumlah	Daya (kWh/hari)
1	Pompa Air	2	2	8,8
2	Pompa Booster	2	3	13,2
3	Lift	8	2	200

Sedangkan untuk konsumsi energi listrik per hari dijelaskan seperti pada Tabel 9. di bawah.

Tabel 9. Konsumsi Energi Prasarana atau Utilitas

No	Kelompok Ruangan	Lantai	Lantai	Lantai	Lantai	Lantai	Lantai	Total kWh/hari
		1	2	3	4	5	Dasar	
1	Kantor	0	0	0	0	200	22	222
2	Ruang Inap Intensive	0	0	0	0	0	0	0

3	Ruang Penunjang Medis	0	0	0	0	0	0	0
4	Ruang Poliklinik	0	0	0	0	0	0	0
<i>Jumlah</i>								222

Dari data yang didapatkan menunjukkan bahwa penggunaan utilitas/prasarana pada RSIGM SA mengonsumsi energi sebesar 222 kWh/hari.

d) Sarana Perkantoran

Konsumsi energi sarana kantor menyesuaikan jam kerja yang berlangsung kecuali kukas wajib menyala setiap saat. Macam – macam alat dan rata – rata lama penggunaannya dilihat seperti pada Tabel 10.

Tabel 10. Rata – Rata Penggunaan Sarana Kantor

No	Alat	Rata- rata jam/hari	Daya (kWh/hari)
1	Kantor, printer, kulkas, dispenser, speaker, sound system (TOA), scanner, dll	8 hingga 24	31,22

Berikut merupakan konsumsi energi per hari sarana kantor yang dijelaskan dalam pengelompokan ruangan pada Tabel 11.

Tabel 11. Konsumsi Energi Sarana Perkantoran

No	Kelompok Ruangan	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai Dasar	Total kWh/hari
1	Kantor	7,26	0	0	0,79	5,11	0	13,16
2	Ruang Inap Intensive	0,09	0	0	0	0	0	0,09
3	Ruang Penunjang Medis	9,6	3,09	0	0	0	0	12,69
4	Ruang Poliklinik	0	0	0	5,28	0	0	5,28
<i>Jumlah</i>								31,22

Dari data yang didapatkan menunjukkan bahwa penggunaan sarana perkantoran pada RSIGM SA mengonsumsi energi sebesar 31,22 kWh/hari.

e) Peralatan Medis

Konsumsi energi listrik pada peralatan medis menyesuaikan keperluan masing – masing peralatan medis di RSIGM Sultan Agung dan perkiraan lama penggunaannya seperti Tabel 12.

Tabel 12. Rata – Rata Penggunaan Peralatan Medis

No	Alat	Rata- rata jam/hari	Daya (kWh/hari)
1	CT scan, mesin radiographic, ventilator, incubator, mesin x ray, monitor, seperangkat alat operasi, dental unit, dll	2 hingga 24	47,53

Berikut merupakan konsumsi energi per hari peralatan medis yang dijelaskan dalam pengelompokan ruangan pada Tabel 13.

Tabel 13. Konsumsi Energi Perlatan Medis

No	Kelompok Ruang	Lantai 1	Lantai 2	Lantai 3	Lantai 4	Lantai 5	Lantai Dasar	Total kWh/hari
1	Kantor	0	0	0	0	0	0	0
2	Ruang Inap Intensive	0	0	0	0	0	0	0
3	Ruang Penunjang Medis	35,26	9,5	0	0	0	0	44,76
4	Ruang Poliklinik	0	0	0	2,77	0	0	2,77
<i>Jumlah</i>								47,53

Dari data yang didapatkan menunjukkan bahwa penggunaan peralatan medis pada RSIGM SA mengonsumsi energi sebesar 47,53 kWh/hari.

Peluang Hemat Energi

Setelah dilakukan audit energi, utilitas di RSIGM sudah beroperasi cukup baik, sehingga peluang penghematan energi di sana hampir tidak ada. Untuk itu diperlukan mencari sumber penghematan energi lain, dan sistem pencahayaan serta penggunaan AC diidentifikasi sebagai area yang memiliki potensi besar untuk penghematan. Berikut Upaya hemat energi :

- 1) Menggunakan energi listrik dengan lebih baik lagi, khususnya penggunaan lampu, apabila tidak digunakan bisa segera dimatikan.
- 2) Memanfaatkan adanya cahaya matahari (alami) saat siang hari, dengan membuka tirai pada jendela secukupnya agar tingkat cahaya memadai untuk bekerja.
- 3) Mengganti beberapa titik lampu dengan LED sensor gerak seperti berikut :

- a) Koridor dan Lorong

Pada area ini memiliki lampu yang sangat sering menyala sepanjang waktu. Dengan mengganti lampu LED sensor gerak akan menghemat pemakaian energi listrik.

- b) Tangga

Sama dengan koridor, area tangga setiap saat menyala. Sensor gerak pada lampu LED saat memastikan lampu menyala hanya ketika terdapat aktivitas.

- c) Toilet

Toilet merupakan area yang tidak digunakan terus – menerus. Sensor gerak hanya akan memastikan lampu aktif ketika ada orang di dalam saja.

- d) Ruang Arsip atau Gudang

Area ini juga biasanya sangat jarang dikunjungi, sehingga sensor gerak pasti cukup membantu untuk menghemat listrik.

- e) Area Parkir

Area parkir RSIGM SA berada di lantai dasar yang tidak terjangkau matahari sehingga perlu pencahayaan sepanjang waktu.

Tabel 14. Konsumsi Energi Sistem Pencahayaan Setelah Ganti Lampu

No	Lantai	Total kWh/hari
1	Lantai 1	62,68
2	Lantai 2	20,16

3	Lantai 3	20,16
4	Lantai 4	12
5	Lantai 5	36
6	Lantai Dasar	7,2
	<i>Jumlah</i>	<i>158,2</i>

Berdasarkan peluang hemat energi di atas, dapat diasumsikan bahwa waktu perkiraan penggunaan lampu untuk beberapa titik menjadi setengah dari semula. Sehingga didapatkan penggantian 360 titik lampu dengan total energi menjadi 158.2 kWh/hari

- 4) Menerapkan penggunaan AC sesuai dengan rekomendasi Menteri Energi No 13 Tahun 2012 pada suhu ruangan (24oC – 27oC).

Setelah didapatkan kemungkinan peluang hemat energi yang apabila diimplementasikan dapat mengurangi penggunaan energi listrik, didapatkan total energi yang dikeluarkan sebesar 629,23 kWh/hari sehingga didapatkan nilai IKE seperti berikut :

$$IKE = \frac{\text{Pemakaian energi listrik (kWh)}}{\text{Luas bangunan (m}^2\text{)}}$$

$$IKE = \frac{629,23 \times 30}{9744}$$

$$IKE = 1,93 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$$

Berdasarkan dari pedoman nilai IKE bahwa nilai IKE awal sebelumnya adalah sebesar 2,02 kWh/m²/bulan menjadi 1,93 kWh/m²/bulan. Hasil IKE akhir ini masih termasuk kategori efisien. Kategori ini menunjukkan energi pada gedung tersebut dalam kondisi terkelola sangat baik.

KESIMPULAN

Dari analisis yang sudah dilakukan mengenai Audit Energi Listrik dengan Metode Fuzzy Logic pada RSIGM Sultan Agung Semarang didapatkan nilai IKE Awal sebesar 2,02 kWh/m²/bulan. Nilai IKE ini menunjukkan kategori efisien dengan total konsumsi energi sebesar 19.694,1 kWh per bulan. Perhitungan IKE Akhir setelah dilakukan PHE yaitu sebesar 1,93 kWh/m²/bulan yang menunjukkan nilai IKE ini sangatlah efisien. Kemudian dengan menggunakan penerapan Fuzzy Logic didapatkan hasil perhitungan manual metode Mamdani nilai IKE sebesar 4,25 kWh yang berada dalam range IKE 0 – 8,5 termasuk dalam range Efisien. Lalu dari hasil Fuzzy Logic program aplikasi Matlab dengan memasukkan input daya 19.694,1 kWh (19,7 kWh) dan input nilai BOR sebesar 7,2% menghasilkan nilai IKE sebesar 3,34 termasuk dalam range Efisien juga. Adapun peluang untuk penghematan energi salah satunya dengan mengganti beberapa titik lampu LED menggunakan lampu LED sensor gerak yang menghasilkan penghematan sebesar 0,04%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas Aklani, Syaeful. 2017. "Metode Fuzzy Logic Untuk Evaluasi Kinerja Pelayanan Perawat (Studi Kasus : RSIA Siti Hawa Padang)." Edik Informatika 1(1): 35–43.
- Cetra Palupi Rengganis. 2009. "Audit Energi Pada Perkantoran Di Jakarta Selatan." Fakultas Teknik Universitas Indonesia 5(4): 1–95.
- Husni, Hari Setiabudi, Firman Arifin, and Yuliyanti Yuliyanti. 2013. "Logika Fuzzy Untuk Audit Sistem Informasi." ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications 4(1): 68.
- Lambey, Duldes S., Nurhani Amin, Yulius S. Pirade, and Rudi Santoso. 2021. "Analisis Konsumsi Energi Listrik Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Di Kantor Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kabupaten Tojo Una-Una." Foristek 11(2): 108–14.
- Oktavia Ginting, Sylvi, Ida Bagus Gede Manuaba, and A A Gede Maharta Pemayun. 2022. "Audit

Energi Untuk Pencapaian Penghematan Penggunaan Energi Listrik Di Pt. Graha Sarana Duta Ii Denpasar.” Jurnal SPEKTRUM 9(1): 27.

Pancarrani, Gloria Putri. 2023. “AUDIT ENERGI LISTRIK BERBASIS FUZZY LOGIC PADA RUMAH SAKIT BANYUMANIK 2.” Masters thesis, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. <http://repository.unissula.ac.id/id/eprint/29701>.

Rianto, Agus. 2007. “Audit Energi Dan Analisis Peluang Penghematan Konsumsi Energi Pada Sistem Pengkondisian Udara Di Hotel Santika Premiere Semarang.” Universitas Negeri Semarang: 11–14.

Syamsudin, Mariana, Wendhi Yuniarto, and Yunita. 2017. “Penentuan Prioritas Efisiensi Energi Listrik Menggunakan Metode Fuzzy Logic.” Prosiding SISFOTEK 3584: 124–28.