

Analisis Peluang Hemat Energi pada Gedung B Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember

Herry Setyawan, Sofia Ariyani, Nurul Priambudi

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No. 49 Jember 68121 Jawa Timur Indonesia
E-mail: nurulpriambudi27@gmail.com

ABSTRAK

Abstrak - Energi berperan penting dalam kehidupan manusia dalam penggunaan energi listrik. Sedangkan energi ini sangat terbatas di muka bumi. Oleh karena itu, efisiensi penggunaan energi diperlukan. Gedung B di Universitas Muhammadiyah Jember merupakan salah satu Gedung dengan 3 fakultas yang sampai saat ini aktif dalam proses belajar mengajar serta mengambil peran aktif dalam menyukseskan program penghematan energi, yaitu dengan melakukan audit energi. Salah satu parameter audit energi adalah intensitas konsumsi energi (IKE) yang menentukan konsumsi energi. Berdasarkan penggunaan peralatan elektronik di tiap ruangan di lantai 1 sampai lantai 3 nilai IKE sangat efisien, yaitu kurang dari 8,5. Ada peralatan elektronik yang bisa dilakukan penghematan, antara lain lampu TL dan lampu CFL yang bisa diganti dengan lampu LED, juga kapasitas AC yang bisa diturunkan dengan penyesuaian kebutuhan ruangan. Setelah diberi rekomendasi peluang hemat energi (PHE) tiap ruangan bisa terjadi penurunan IKE berkisar 11%-63%. Dengan data pembebanan di Gedung B selama 12 bulan tahun 2018 dilakukan *forecasting* IKE menggunakan perbandingan *time series* dan *neural network*. Lebih akurat *forecasting neural network*, dengan MSE (*Mean Squared Error*) *forecasting time series* sebesar 0,52 sedang pada *neural network* sebesar 0,18. Hasil *forecasting* IKE di beberapa bulan tahun 2019, menunjukan IKE yang sangat efisien.

Kata kunci: Intensitas Konsumsi Energi, Peluang Hemat Energi, *Time series*, *Neural network*

ABSTRACT

Abstract - Energy plays an important role in human life in the use of electrical energy. While this energy is very limited on earth. Therefore, efficient use of energy is required. Building B at the Muhammadiyah University of Jember is one of the buildings with 3 faculties that are currently active in the teaching and learning process and take an active role in the success of the energy saving program, namely by conducting energy audits. One of the energy audit parameters is the intensity of energy consumption (IKE) which determines energy consumption. Based on the use of electronic equipment in each room on the 1st floor to the 3rd floor the IKE value is very efficient, which is less than 8.5. There are electronic equipment that can be saved, including TL lamps and CFL lamps that can be replaced with LED lamps, as well as AC capacity that can be reduced by adjusting the room needs. After being given a recommendation for energy saving opportunities (PHE) for each room, there can be a decrease in IKE ranging from 11% -63%. With loading data in Building B for 12 months in 2018, IKE forecasting was carried out using a comparison of time series and neural networks. Forecasting neural network is more accurate, with MSE (*Mean Squared Error*) forecasting time series of 0.52 while on neural network of 0.18. The results of IKE forecasting in several months of 2019, show a very efficient IKE.

Keywords: Energy Consumption Intensity, Energy Saving Opportunity, Time series, Neural Network

Copyright © 2019 Universitas Muhammadiyah Jember.

1. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan pokok manusia. Hampir semua sector membutuhkan energi untuk mencukupi kebutuhannya. Seiring berjalannya waktu sumber energi konvensional seperti minyak bumi dan batu bara semakin menipis. Oleh karena itu, penting untuk menjadikan hemat energi sebagai budaya di masyarakat. [1] Salah satu metode yang untuk mengefisiensi pemakaian energi listrik adalah konservasi energi, di dalamnya terdapat metode audit energi yang hasilnya akan dibandingkan dengan standar untuk mendapat solusi penghematan konsumsi energi. [2]

Universitas Muhammadiyah Jember mengambil peran aktif dalam menyususkan program penghematan energi. Tugas akhir ini mengangkat tentang analisis peluang hemat energi di Universitas Muhammadiyah

Jember khususnya di Gedung B disertai *forecasting* intensitas konsumsi energinya menggunakan metode *time series* dan *neural network*.

2. KAJIAN PUSTAKA

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya, diantaranya tentang audit energi menunjukkan bahwa parameter audit energi menggunakan IKE (Intensitas Konsumsi Energi) di Gedung AB masuk dalam kategori efisien. [1] Adapun penelitian mengenai *forecasting* menggunakan metode *time series* menyatakan bahwa metode tersebut dapat digunakan sebagai metode *forecasting* yang mengacu pada variabel waktu data historis. [3] Adapula penelitian mengenai *forecasting* menggunakan metode *neural network* dapat digunakan untuk *forecasting* menggunakan beberapa variabel dengan tingkat akurasi yang tinggi. [4]

2.1. Lokasi Penelitian (Gedung B Universitas Muhammadiyah Jember)

Gedung B Universitas Muhammadiyah Jember 3 lantai dengan sumber energi listrik berasal dari PLN dan *emergency genset diesel*. PLN dengan kontrak daya sebesar 105kVA golongan tarif S2. Gedung ini memiliki trafo distribusi 200/5kVA, dengan *emergency genset diesel* merk siemens kapasitas 1 x 160kVA, 50Hz, Cos Phi 0,8. [5]

2.2. Audit Energi Listrik

Audit atau monitoring energi listrik secara teratur merupakan keharusan untuk mengetahui energi yang digunakan pada selang waktu tertentu. [6] Secara umum ada beberapa data yang bisa digunakan untuk pelaksanaan/eksekusi audit energi antara lain dokumentasi bangunan berupa denah juga potongan bangunan gedung seluruh lantai, pembayaran rekening listrik bulanan bangunan gedung selama satu tahun terakhir, serta tingkat hunian bangunan (*occupancy rate*). [7]

2.3. IKE (Intensitas Konsumsi Energi)

Intensitas Konsumsi Energi yakni pembagian antara konsumsi energi dengan satuan luas bangunan gedung. Sehingga dapat diketahui tingkat pemakaian energi pada suatu bangunan. [7] Dengan membandingkan nilai IKE bangunan dengan standar nasional, bisa diketahui apakah sebuah ruangan atau keseluruhan bangunan gedung tersebut sudah efisien atau tidak. [8] Dalam menentukan prestasi penghematan energi, untuk gedung kantor dan bangunan komersial dapat mengacu pada standar nilai IKE yaitu SNI 03-6169-2000 [9] dengan rumus berikut :

$$IKE = \frac{kwh \text{ total } (kwh.tahun)}{\text{total luas bangunan } m^2} \quad (1)$$

Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung (m^2)

Konsumsi energi bangunan gedung per tahun ($kWh/tahun$)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun ($\frac{kWh}{m^2} . tahun$)

Biaya energi bangunan gedung (Rp/kWh)

2.4. PHE (Peluang Hemat Energi)

Analisa peluang hemat energi adalah memperhatikan peluang-peluang yang berpotensi melakukan penghematan dan menekan pemborosan energi. Analisa yang dapat dilakukan antara lain dengan merubah perilaku pengguna energi, menggunakan cahaya sesuai standar yang ditetapkan dapat mengacu pada SNI 03-6575,2001 [10] dan menggunakan jenis lampu hemat daya yang disesuaikan dengan luas bangunannya [11] begitu pula dengan pendingin ruangan sesuai standar yang ditetapkan, dapat dihitung melalui rumus berikut:

$$\text{Nilai BTU} = \text{Luas Ruang} \times \text{Faktor} \quad (2)$$

Nilai factor disesuaikan dengan beberapa kondisi di ruangan seperti 500BTU, 600BTU, 700BTU, atau 800BTU yang kemudian nilai BTU dikonversikan dalam PK. [12]

2.5. Metode Forecasting IKE (Intensitas Konsumsi Energi)

Dalam *forecasting* ini menggunakan perbandingan dua metode, yaitu metode *time series* dan *neural network*. Metode *time series* adalah metode peramalan dengan menggunakan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu. Berupa kecenderungan arah data dalam jangka panjang, dapat berupa kenaikan maupun penurunan. [3] Dirumuskan sebagai berikut:

$$Tt = a + bt \quad (3)$$

a dan b merupakan koefisien regresi, koefisien tersebut dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$a = \frac{(\sum z)(\sum t^2) - (\sum t)(\sum tz)}{(n)(\sum t^2) - (\sum t)^2} \tag{4}$$

$$b = \frac{n(\sum tz) - (\sum t)(\sum z)}{(n)(\sum t^2) - (\sum t)^2} \tag{5}$$

- Tt = Komponen Trend
- a,b = Koefisien Regresi
- n = Jumlah Data
- t = Waktu

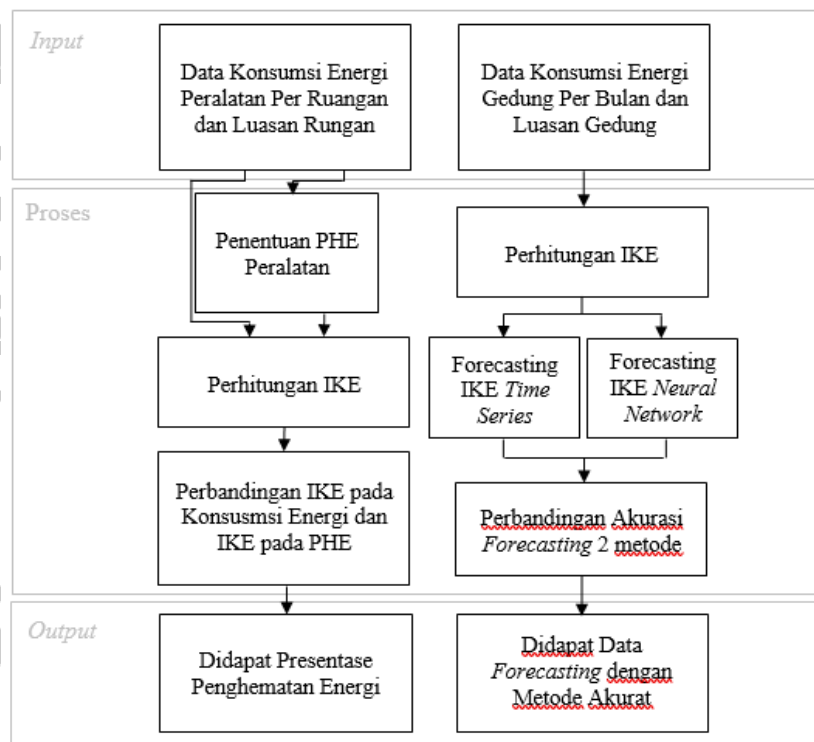
Untuk metode *neural network* atau jaringan saraf tiruan adalah jaringan dari sekelompok unit pemroses yang dimodelkan berdasarkan jaringan saraf manusia. *Neuron-neuron* dalam *neural network* disusun dalam grup, yang disebut dengan *layer* (lapis). Terdapat 3 *layer*, yaitu *input layer*, *process* dan *output layer*. Terdapat 2 jenis metode *neural network* yang sering digunakan, yaitu *single-layer neural network* yang *input layer* terhubung langsung ke *output layer*, kelemahannya hanya bisa digunakan untuk kasus sederhana. Adapun metode *multilayer neural network* terdapat *hidden layer* yang terletak di antara *input layer* dan *output layer*. [13]

3. METODE PENELITIAN

3.1. Studi Literatur

Dilakukan dengan mempelajari literatur yang menunjang penyusunan skripsi, antara lain mempelajari tentang penentuan nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi), penentuan PHE (Peluang Hemat Energi) dan teknik prediksi menggunakan analisis metode *time series* dan *neural network*.

3.2. Blok Diagram Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Blok diagram menjelaskan secara singkat alur analisa hemat energi. Data konsumsi energi peralatan elektronik per ruangan dan luasan ruangan sebagai *input* untuk menghitung IKE serta rekomendasi peluang hemat energinya. Kemudian diproses melalui perhitungan IKE, membuat rekomendasi hemat energi, menghitung IKE pada rekomendasi hemat energi dan membandingkannya dengan IKE konsumsi, sehingga didapat *output* presentase penghematan energinya. Sedangkan data konsumsi energi gedung per bulan dan luasan gedung sebagai *input forecasting* IKE. Yang diproses melalui perhitungan IKE per bulan, lalu dilakukan *forecasting* menggunakan metode *time series* dan *neural*

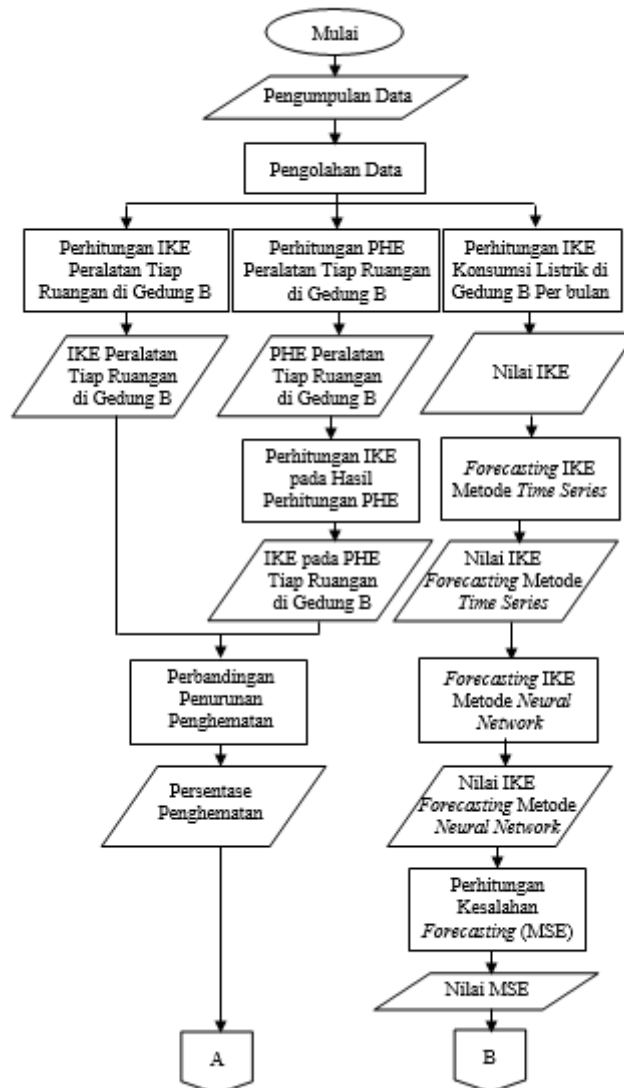
network, yang kemudian hasilnya dibandingkan untuk mendapat data yang akurat, sehingga *output* berupa nilai *forecasting* beberapa bulan berikutnya dengan metode yang akurat.

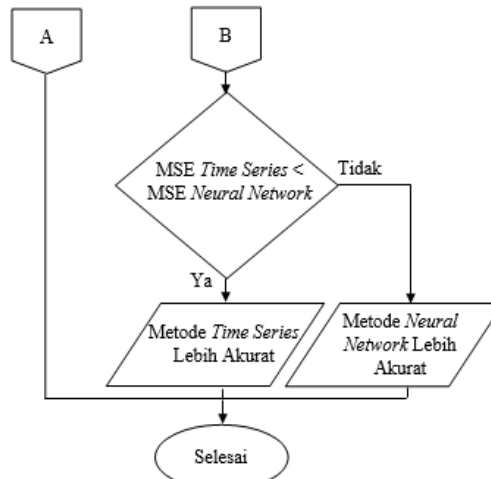
3.3. Pengumpulan Data

Penelitian menggunakan pengumpulan data konsumsi energi tiap peralatan per ruangan, jam kerja, luasan ruangan, konsumsi energi Gedung B tiap bulan tahun 2018 [14] dan luasan Gedung B. Data peralatan per ruangan, jam kerja dan luasan ruangan digunakan untuk menentukan PHE (Peluang Hemat Energi) yang kemudian dibandingkan IKE (Intensitas Konsumsi Energi) untuk mendapatkan tingkat penghematannya. Data konsumsi energi Gedung B dan luasan Gedung B digunakan untuk *forecasting* nilai IKE (Intensitas Konsumsi Energi).

3.4. Prosedur Analisa Data

Proses dimulai dengan mengumpulkan data dan pengolahan data, dengan *input* data konsumsi peralatan per ruangan maka selanjutnya dihitung nilai IKE konsumsi peralatan elektronik per ruangan, dirancang rekomendasi PHE serta dihitung nilai IKEnya, lalu dibandingkan sehingga didapat presentase penurunan nilai IKEnya. Untuk *input* data konsumsi energi listrik di Gedung B selama 12 bulan tahun 2018, dihitung nilai IKE tersebut. Lalu dilakukan *forecasting* menggunakan metode *time series* dan *neural network*. Kemudian hasilnya dibandingkan untuk mendapat metode yang akurat. Setelah itu dilakukan *forecasting* IKE pada beberapa bulan berikutnya.

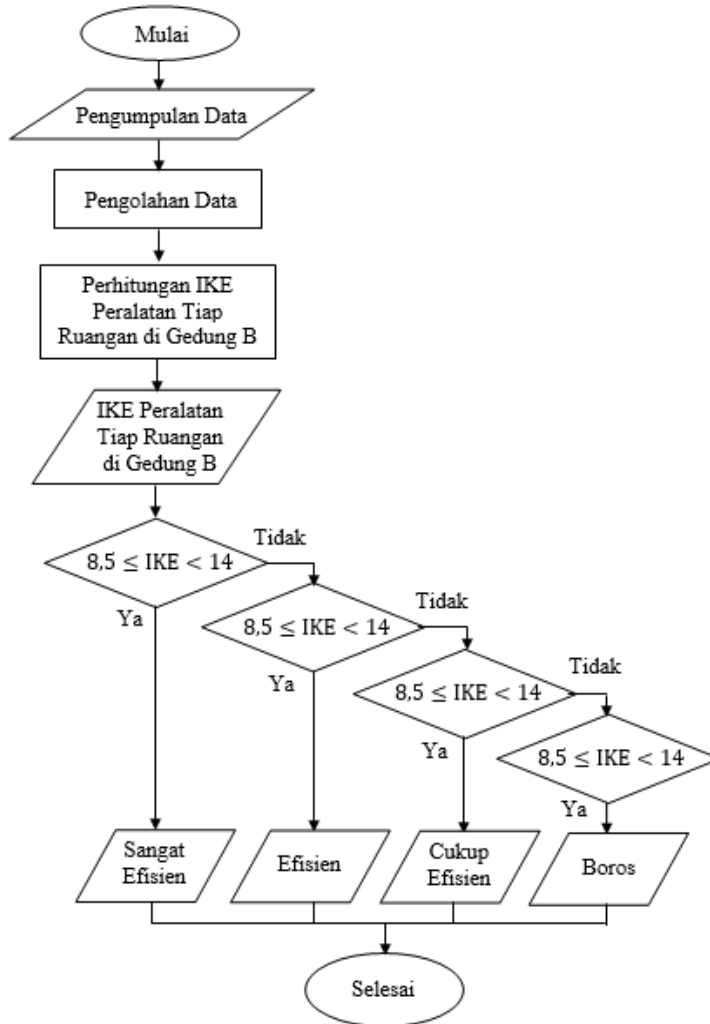




Gambar 2. Flowchart analisa data

Perhitungan IKE Konsumsi Tiap Ruang

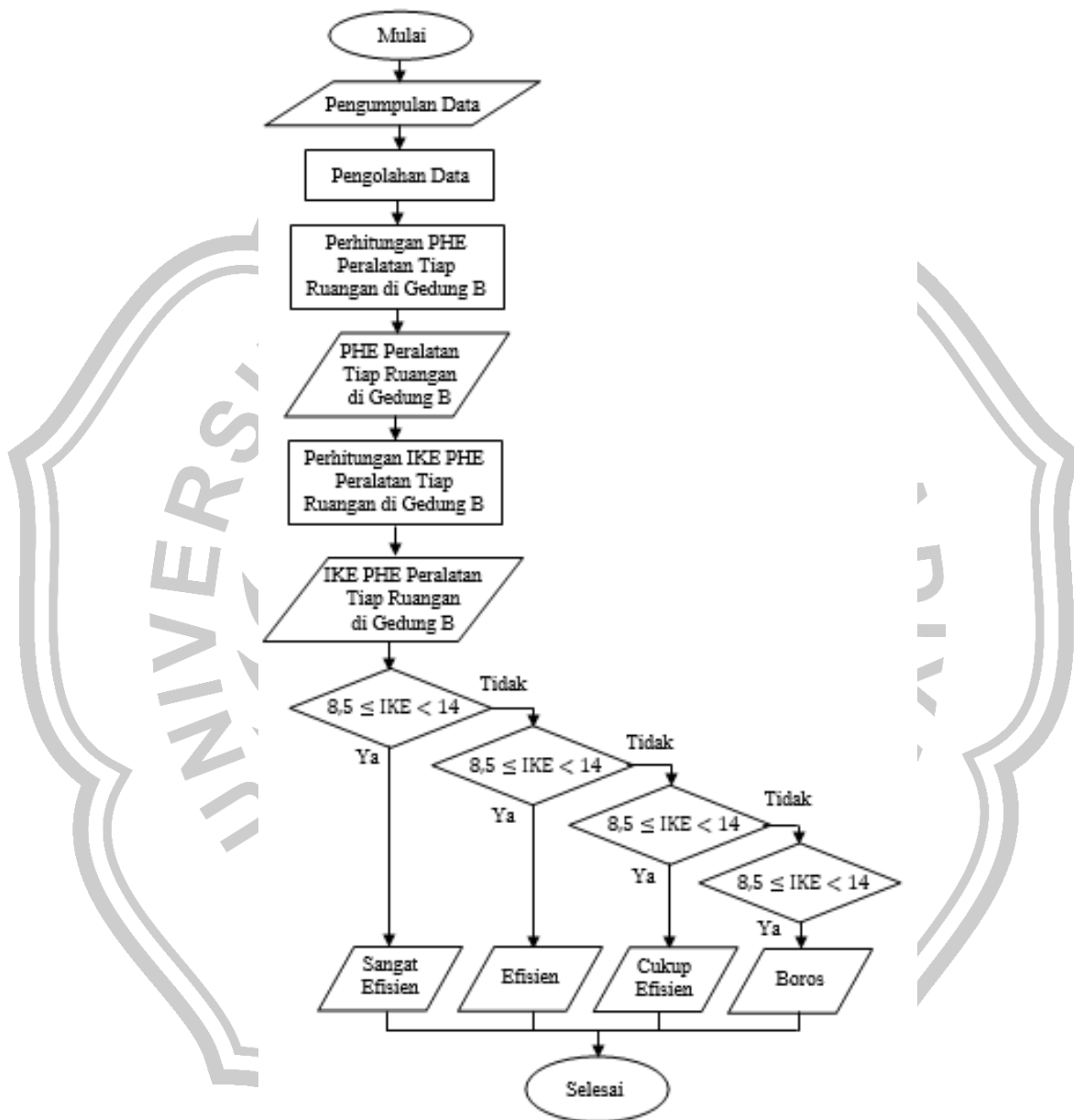
Proses dimulai dengan mengumpulkan data konsumsi peralatan tiap ruangan dan pengolahan data, selanjutnya dihitung nilai IKE dari tiap ruangan yang ada di 3 lantai Gedung B. Setelah didapat nilai IKE, maka diklasifikasikan kriterianya berdasarkan SNI 03-6169-2000.



Gambar 3. Flowchart perhitungan IKE konsumsi tiap ruangan

Perhitungan PHE dan Perhitungan IKE pada Hasil PHE

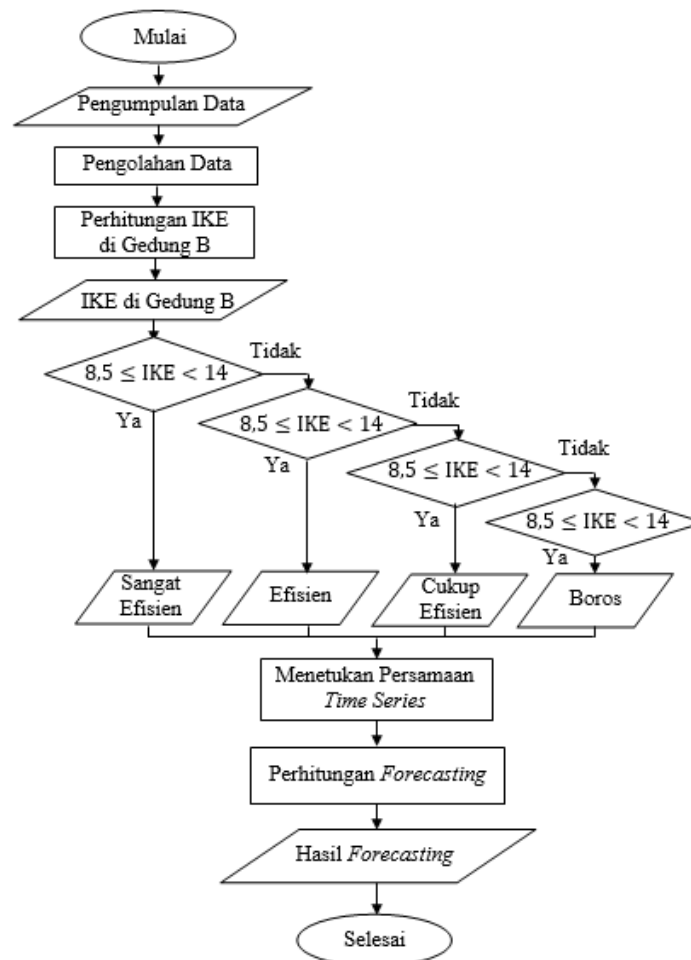
Proses dimulai dengan mengumpulkan data konsumsi peralatan tiap ruangan dan pengolahan data, selanjutnya dihitung perancangan peluang hemat energi tiap peralatan elektronik seperti lampu dan pendingin ruangan di setiap ruangan yang ada di 3 lantai Gedung B. Lalu dihitung nilai IKE setelah dilakukan penghematan. Selanjutnya nilai IKE tersebut diklasifikasikan kriterianya berdasarkan SNI 03-6169-2000.



Gambar 4. Flowchart perhitungan PHE dan IKE pada hasil PHE

Forecasting IKE Gedung B Menggunakan Time Series

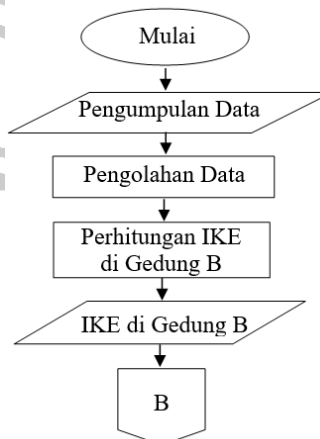
Proses dimulai dengan mengumpulkan data konsumsi energi di Gedung B tiap bulan dan pengolahan data, selanjutnya dihitung nilai IKE yang kemudian diklasifikasikan kriterianya berdasarkan SNI 03-6169-2000. Setelah itu, dilakukan forecasting menggunakan metode time series melalui beberapa tahap, yaitu dengan menentukan persamaan time series dari variabel IKE terhadap waktu. Lalu disubstitusikan variabel waktu atau bulan ke persamaan tersebut. Sehingga akan didapat nilai IKE hasil forecasting.

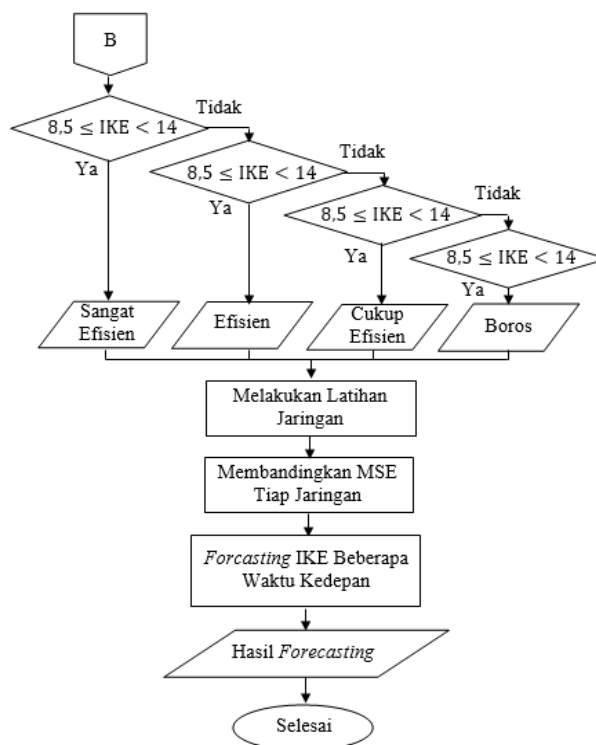


Gambar 5. Flowchart forecasting IKE Gedung B metode time series

Forecasting IKE Gedung B Menggunakan *Neural Network*

Proses dimulai dengan mengumpulkan data konsumsi energi di Gedung B tiap bulan dan pengolahan data, selanjutnya dihitung nilai IKE yang kemudian diklasifikasikan kriterianya berdasarkan SNI 03-6169-2000. Setelah itu, dilakukan *forecasting* menggunakan metode *neural network* melalui beberapa tahap, yaitu dengan menentukan persamaan *time series* dari variabel IKE terhadap waktu. Lalu disubstitusikan variabel waktu atau bulan ke persamaan tersebut. Sehingga akan didapat nilai IKE hasil *forecasting*.





Gambar 6. Flowchart forecasting IKE Gedung B metode neural network

Setelah didapat hasil forecasting metode time series dan neural network dibandingkan dengan menghitung MSE (Mean Squared Error). Jika MSE time series lebih kecil maka lebih akurat, jika MSE neural network lebih kecil maka lebih akurat.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. IKE (Intensitas Konsumsi Energi) Peralatan Elektronik

IKE (Intensitas Konsumsi Energi) Peralatan Elektronik di hitung pada setiap ruangan yang ada di lantai 1 Gedung B. Dengan data konsumsi di tabel 1 dan data luasan ruangnya di table 2 sebagai berikut :

Tabel 1. Data konsumsi peralatan elektronik lantai 1

Ruangan	Lampu		AC	Kipas	Komputer	Jumlah
	TL	CFL				
R. Pengajaran	72		1471		250	1793
R. Pimpinan	72		1471			1543
R. 1.2	72			40		112
R. Dosen Toilet	108	18	1471	40		1619
R. Pengajaran/Wadek		54	4413		750	5217
R. Dosen sekret BEM	216		4413			4629
R. 1.3	72			80		72
R. 1.4	144					224
R. 1.5	72			80		72
R. 1.6	144					224
R. 1.10	72					72
R. 1.11	144		2942			3086
R. 1.12	72		1471			1543
R. Perpustakaan	72			40		112
	144		1471		250	1865

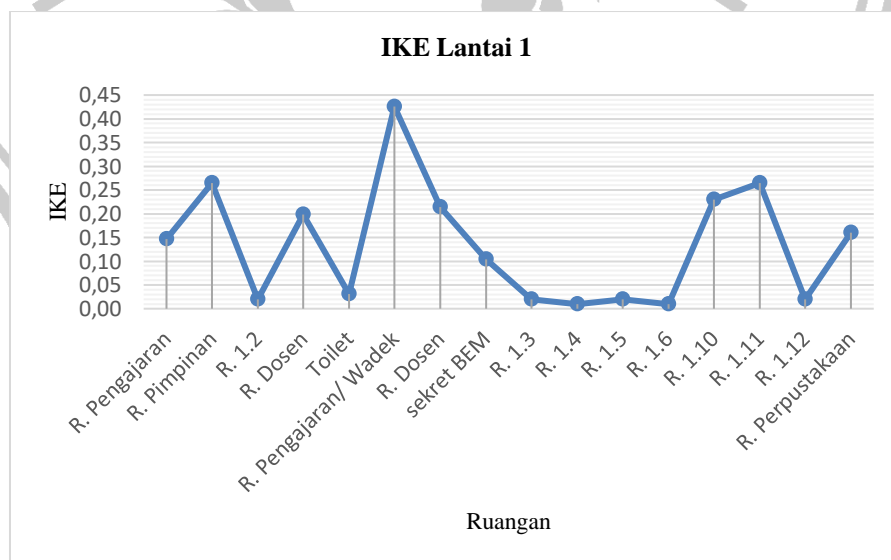
Tabel 2. Data luasan ruangan lantai 1

RUANGAN	Luas (PxL)		Luas (m ²)
	P (m)	L (m)	
R. Pengajaran	10.5	10.5	110.25
R. Pimpinan	10.5	5	52.5
R. 1.2	10.5	5	52.5
R. Dosen	10.5	7	73.5
Toilet	10.5	2.5	26.25
R. Pengajaran/ Wadek	10.5	10.5	110.25
R. Dosen	10.5	18.5	194.25
sekret BEM	2.5	2.5	6.25
R. 1.3	10.5	10	105
R. 1.4	10.5	6.5	68.25
R. 1.5	10.5	10	105
R. 1.6	10.5	6.5	68.25
R. 1.10	10.5	11.5	120.75
R. 1.11	10.5	5	52.5
R. 1.12	10.5	5	52.5
R. Perpustakaan	10.5	10	105

Selanjutnya data di tabel 1 dan 2 di substitusikan pada persamaan 1, sehingga didapat nilai IKE pada table 3. Dengan kriteria sangat efisien karena $IKE < 8,5$

Tabel 3. Hasil perhitungan IKE di lantai 1

Ruangan	KWh	IKE	Keterangan
R. Pengajaran	16.14	0.15	Sangat Efisien
R. Pimpinan	13.89	0.26	Sangat Efisien
R. 1.2	1.01	0.02	Sangat Efisien
R. Dosen	14.57	0.20	Sangat Efisien
Toilet	0.81	0.03	Sangat Efisien
R. Pengajaran/ Wadek	46.95	0.43	Sangat Efisien
R. Dosen	41.66	0.21	Sangat Efisien
sekret BEM	0.65	0.10	Sangat Efisien
R. 1.3	2.02	0.02	Sangat Efisien
R. 1.4	0.65	0.01	Sangat Efisien
R. 1.5	2.02	0.02	Sangat Efisien
R. 1.6	0.65	0.01	Sangat Efisien
R. 1.10	27.77	0.23	Sangat Efisien
R. 1.11	13.89	0.26	Sangat Efisien
R. 1.12	1.01	0.02	Sangat Efisien
R. Perpustakaan	16.79	0.16	Sangat Efisien



Gambar 7. Grafik IKE lantai 1

4.2. Rekomendasi PHE (Peluang Hemat Energi) Peralatan Elektronik

Merancang nilai rekomendasi PHE dilakukan berdasarkan kondisi di lapangan, seperti mengganti lampu TL dan CFL dengan lampu LED dan disesuaikan dengan luas ruangan, mengubah kapasitas pendingin ruangan disesuaikan dengan luas ruangan serta kondisi ruangan seperti jumlah ventilasi dan seberapa banyak sinar matahari yang masuk di ruangan tersebut. Berikut rekomendasinya di tabel 4.

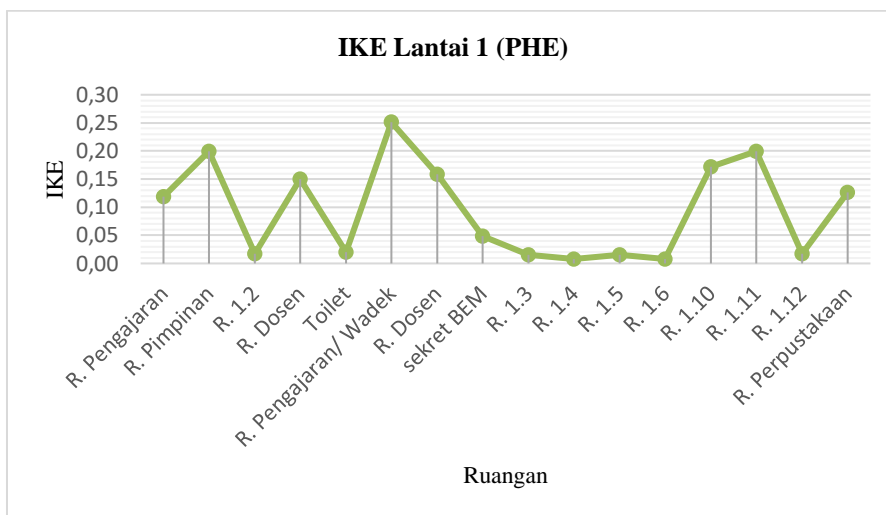
Tabel 4. Rekomendasi PHE peralatan elektronik lantai 1

Ruangan	Lampu LED	AC	Kipas	Komputer	Jumlah
R. Pengajaran	100	1103.25		250	1453.25
R. Pimpinan	60	1103.25			1163.25
R. 1.2	60		40		100
R. Dosen Toilet	80	1103.25	40		1223.25
R. Pengajaran/ Wadek	60				60
R. Dosen sekret BEM	120	2206.5		750	3076.5
R. 1.3	120	3309.75			3429.75
R. 1.4	34				34
R. 1.5	100		80		180
R. 1.6	60				60
R. 1.10	100	80			180
R. 1.11	60				60
R. 1.12	100	2206.5			2306.5
R. Perpustakaan	60	1103.25	40		1163.25
	60		40		100
	120	1103.25		250	1473.25

Dari hasil rekomendasi PHE table 4, selanjutnya dihitung nilai IKE pada hasil PHE dengan persamaan 1, berikut hasilnya di tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan IKE pada PHE lantai 1

Ruangan	KWh	IKE	Keterangan
R. Pengajaran	13.08	0.12	Sangat Efisien
R. Pimpinan	10.47	0.20	Sangat Efisien
R. 1.2	0.90	0.02	Sangat Efisien
R. Dosen Toilet	11.01	0.15	Sangat Efisien
R. Pengajaran/ Wadek	0.54	0.02	Sangat Efisien
R. Dosen sekret BEM	27.69	0.25	Sangat Efisien
R. 1.3	30.87	0.16	Sangat Efisien
R. 1.4	0.31	0.05	Sangat Efisien
R. 1.5	1.62	0.02	Sangat Efisien
R. 1.6	0.54	0.01	Sangat Efisien
R. 1.10	1.62	0.02	Sangat Efisien
R. 1.11	0.54	0.01	Sangat Efisien
R. 1.12	20.76	0.17	Sangat Efisien
R. Perpustakaan	10.47	0.20	Sangat Efisien
	0.90	0.02	Sangat Efisien
	13.26	0.13	Sangat Efisien

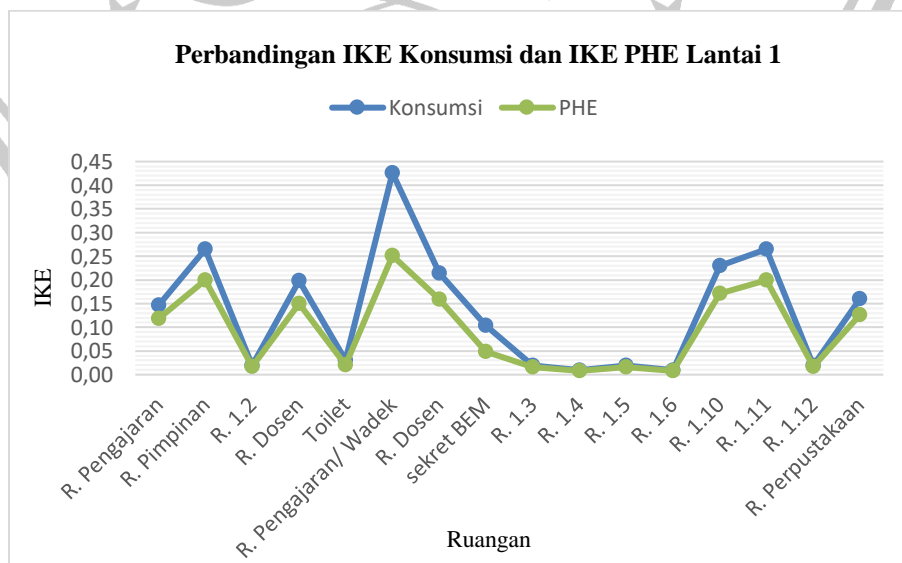


Gambar 8. Grafik IKE pada PHE lantai 1

IKE konsumsi peralatan sebelum dan setelah dilakukan penghematan energi dibandingkan, dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana presentase penghematannya pada tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Nilai IKE Konsumsi dan IKE PHE Lanati 1

Ruangan	IKE		Presentase Penurunan IKE
	Konsumsi	Peluang	
R. Pengajaran	0,15	0,12	19%
R. Pimpinan	0,26	0,20	25%
R. 1.2	0,02	0,02	11%
R. Dosen	0,20	0,15	24%
Toilet	0,03	0,02	33%
R. Pengajaran/ Wadek	0,43	0,25	41%
R. Dosen sekret BEM	0,21	0,16	26%
R. 1.3	0,10	0,05	53%
R. 1.4	0,02	0,02	20%
R. 1.4	0,01	0,01	17%
R. 1.5	0,02	0,02	20%
R. 1.6	0,01	0,01	17%
R. 1.10	0,23	0,17	25%
R. 1.11	0,26	0,20	25%
R. 1.12	0,02	0,02	11%
R. Perpustakaan	0,16	0,13	21%



Gambar 9. Grafik perbandingan IKE konsumsi dan IKE PHE lantai 1

4.3. Forecasting IKE (Intensitas Konsumsi Energi) Gedung B Menggunakan Metode *Time Series* dan *Neural Network*

Berdasarkan data PLN Jember, konsumsi energi listrik dalam kWh di Gedung B tahun 2018 pada tabel 7 dan data komposisi luas Gedung B pada tabel 8.

Tabel 7. Konsumsi energi listrik Gedung B dalam kWh

No.	Bulan Rekening	kWh
1	Jan-18	13700
2	Feb-18	14462
3	Mar-18	8604
4	Apr-18	15940
5	May-18	14117
6	Jun-18	10954
7	Jul-18	7268
8	Aug-18	9618
9	Sep-18	7008
10	Oct-18	9817
11	Nov-18	18895
12	Dec-18	14179
	Jumlah	144562

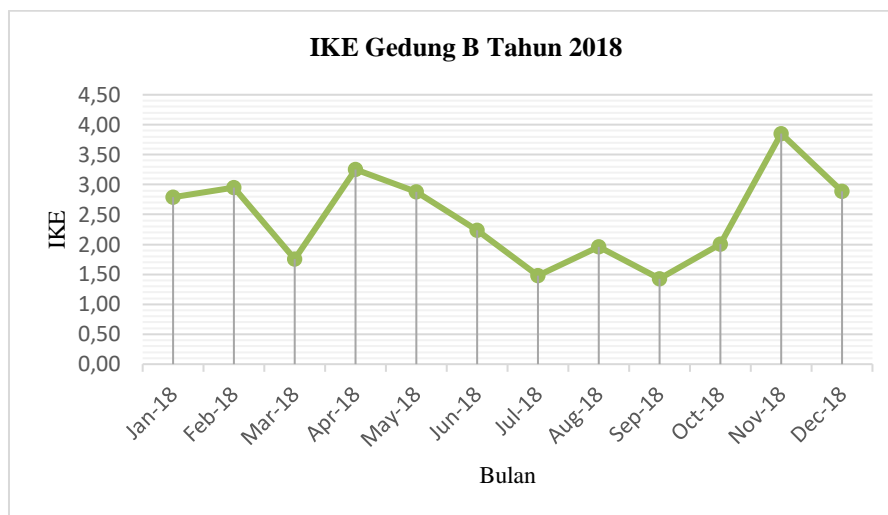
Tabel 8. Komposisi luas bangunan Gedung b

No.	Jenis Area	Luas Area (m ²)
1	Lantai 1	1635,16
2	Lantai 2	1635,16
3	Lantai 3	1635,16
	Jumlah	4905,48

Dari data tabel 7 dan 8 disubstitusikan pada persamaan untuk menghitung nilai IKE Gedung B, hasilnya pada tabel 9.

Tabel 9. Hasil perhitungan IKE Gedung B

NO.	Bulan Rekening	IKE	Keterangan
1	Jan-18	2,79	Sangat Efisien
2	Feb-18	2,95	Sangat Efisien
3	Mar-18	1,75	Sangat Efisien
4	Apr-18	3,25	Sangat Efisien
5	May-18	2,88	Sangat Efisien
6	Jun-18	2,23	Sangat Efisien
7	Jul-18	1,48	Sangat Efisien
8	Aug-18	1,96	Sangat Efisien
9	Sep-18	1,43	Sangat Efisien
10	Oct-18	2,00	Sangat Efisien
11	Nov-18	3,85	Sangat Efisien
12	Dec-18	2,89	Sangat Efisien



Gambar 10. Grafik IKE Gedung B tahun 2018

Setelah didapat nilai IKE Gedung B, selanjutnya akan dilakukan *forecasting* dengan metode *time series* dan *neural network*. Sebagai berikut:

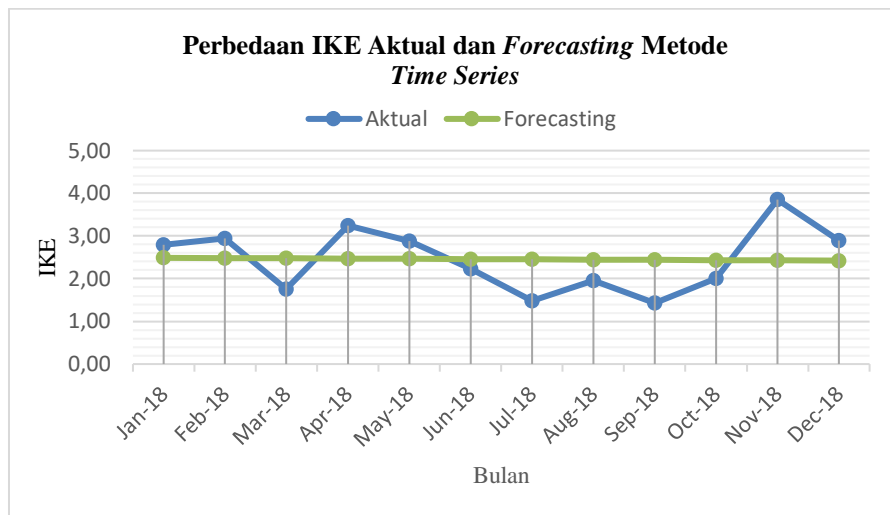
Tabel 10. Perhitungan *forecasting* IKE *time series*

Bulan Rekening	Bulan Ke- (t)	IKE Aktual (Z)	t ²	tZ
Jan-18	0	2,79	0	0
Feb-18	1	2,95	1	2,95
Mar-18	2	1,75	4	3,51
Apr-18	3	3,25	9	9,75
May-18	4	2,88	16	11,51
Jun-18	5	2,23	25	11,17
Jul-18	6	1,48	36	8,89
Aug-18	7	1,96	49	13,72
Sep-18	8	1,43	64	11,43
Oct-18	9	2,00	81	18,01
Nov-18	10	3,85	100	38,52
Dec-18	11	2,89	121	31,79
Σ	66	29,47	506	161

Dari tabel 10, data disubstitusikan pada persamaan 4 dan 5 untuk mendapatkan persamaan 3. Lalu data urutan bulan disubstitusikan pada persamaan 3 dengan hasil *forecasting time series* dihitung nilai MSE untuk mendapatkan tingkat keakuratannya pada 11 berikut, kemudian dihitung *forecasting* nilai IKE untuk bulan Januari-Desember 2019 pada tabel 12.

Tabel 11. Uji MSE hasil *forecasting* IKE metode *time series*

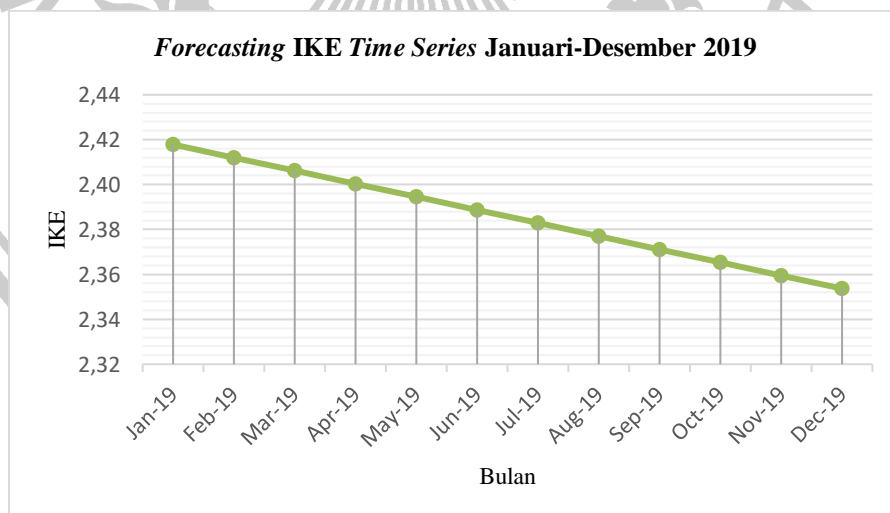
Bulan Rekening	Bulan Ke-(t)	IKE Forecasting (Tt)
Jan-18	0	2,49
Feb-18	1	2,48
Mar-18	2	2,48
Apr-18	3	2,47
May-18	4	2,46
Jun-18	5	2,46
Jul-18	6	2,45
Aug-18	7	2,45
Sep-18	8	2,44
Oct-18	9	2,44
Nov-18	10	2,43
Dec-18	11	2,42
MSE		0,52



Gambar 11. Grafik perbedaan IKE aktual dan forecasting metode time series

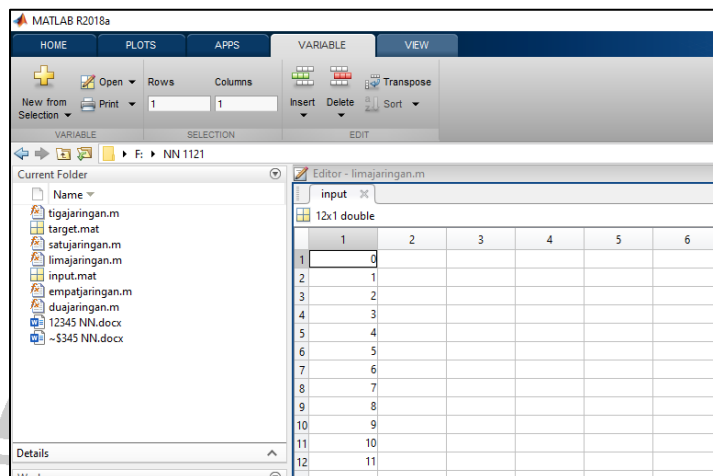
Tabel 12. Hasil forecasting IKE time series

Bulan Rekening	Bulan Ke-(t)	IKE Forecasting (Tt)	Keterangan
Jan-19	12	2,42	Sangat Efisien
Feb-19	13	2,41	Sangat Efisien
Mar-19	14	2,41	Sangat Efisien
Apr-19	15	2,40	Sangat Efisien
May-19	16	2,39	Sangat Efisien
Jun-19	17	2,39	Sangat Efisien
Jul-19	18	2,38	Sangat Efisien
Aug-19	19	2,38	Sangat Efisien
Sep-19	20	2,37	Sangat Efisien
Oct-19	21	2,37	Sangat Efisien
Nov-19	22	2,36	Sangat Efisien
Dec-19	23	2,35	Sangat Efisien

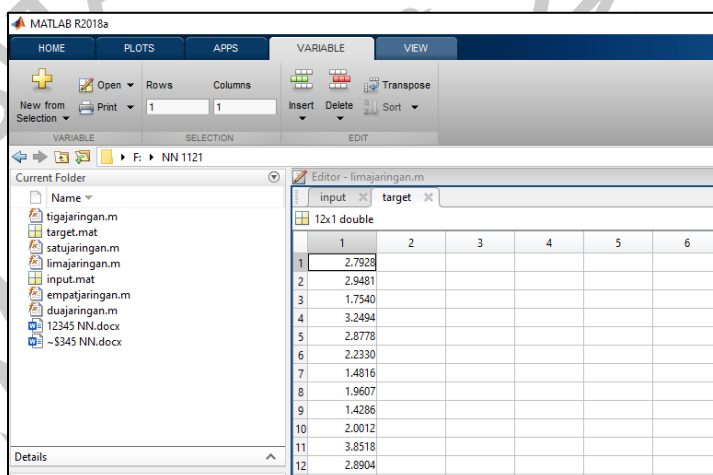


Gambar 12. Grafik hasil forecasting IKE time series Januari-Desember 2019

Perhitungan *forecasting* IKE menggunakan *neural network*, diawali dengan memasukkan data IKE Gedung B pada tabel 9 pada matlab. Dengan data urutan bulan sebagai nilai *input* dan data IKE sebagai nilai target.



Gambar 13. Input forecasting neural network

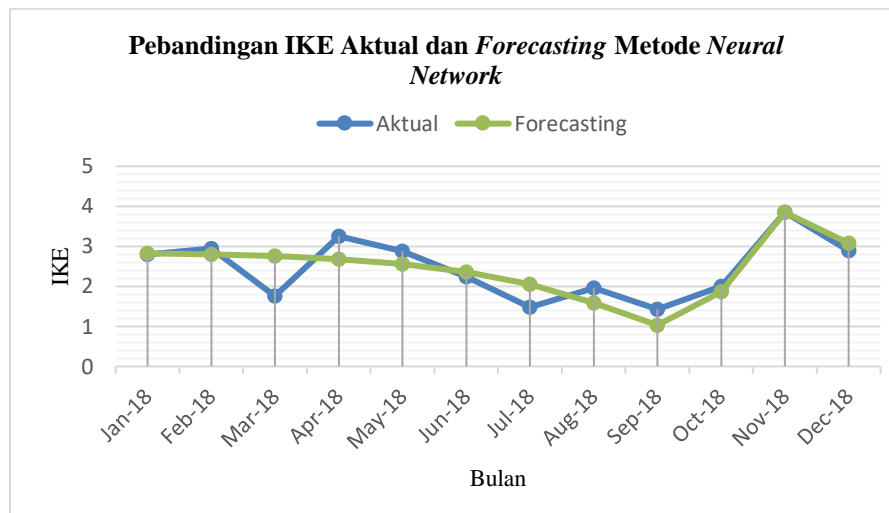


Gambar 14. Target forecasting neural network

Dengan *function* *nntstart* di matlab, terdapat menu untuk memilih jumlah jaringan, pada *forecasting* ini menggunakan 2 jaringan, 3 jaringan dan 4 jaringan. Berikut hasilnya serta perbandingan nilai MSE pada tabel 13.

Tabel 13. Uji MSE hasil forecasting neural network

Bulan Rekening	Bulan Ke-	IKE Aktual	Hasil Pelatihan Jaringan (IKE Forecast)		
			2 Jaringan	3 Jaringan	4 Jaringan
Jan-18	0	2,79	2,44	2,83	2,77
Feb-18	1	2,95	2,51	2,80	2,50
Mar-18	2	1,75	2,52	2,76	2,43
Apr-18	3	3,25	2,50	2,68	2,29
May-18	4	2,88	2,46	2,56	2,04
Jun-18	5	2,23	2,41	2,36	1,93
Jul-18	6	1,48	2,36	2,05	1,89
Aug-18	7	1,96	2,31	1,59	1,76
Sep-18	8	1,43	2,26	1,03	1,50
Oct-18	9	2,00	2,22	1,87	2,23
Nov-18	10	3,85	2,18	3,85	3,84
Dec-18	11	2,89	2,15	3,08	4,24
	MSE		0,55	0,18	0,37

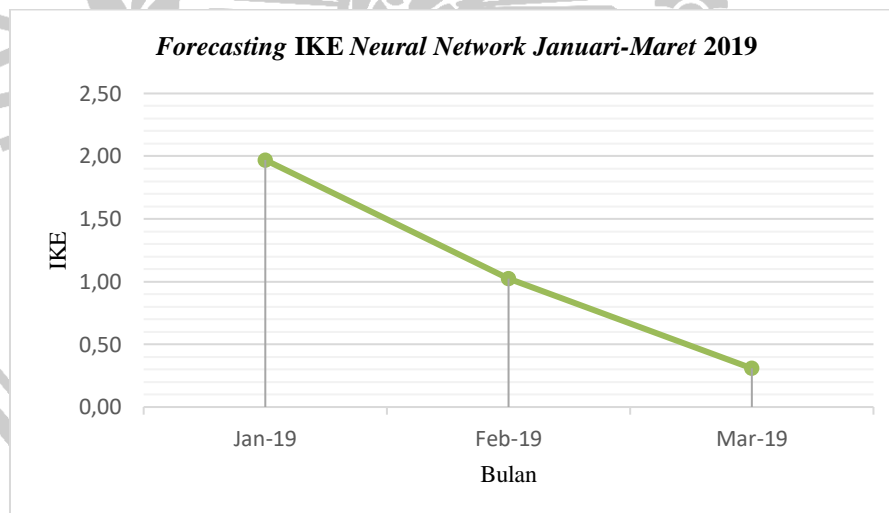


Gambar 15. Grafik perbandingan IKE aktual dan forecasting metode neural network

Dari latihan jaringan pada tabel 13, didapat hasil bahwa MSE paling kecil pada 3 jaringan, sehingga untuk forecasting IKE dibebearapa bulan berikutnya menggunakan 3 jaringan. Berikut hasilnya pada Tabel 14. Namun, karena data histori hanya ada 12 yaitu bulan Januari-Desember 2018, maka forecasting metode neural network hanya bisa didapat 3 data pada bulan Januari-Maret 2019.

Tabel 14. Hasil forecasting IKE neural network

Bulan Rekening	Bulan Ke	IKE Forecasting	Keterangan
Jan-19	12	1,97	Sangat Efisien
Feb-19	13	1,02	Sangat Efisien
Mar-19	14	0,31	Sangat Efisien



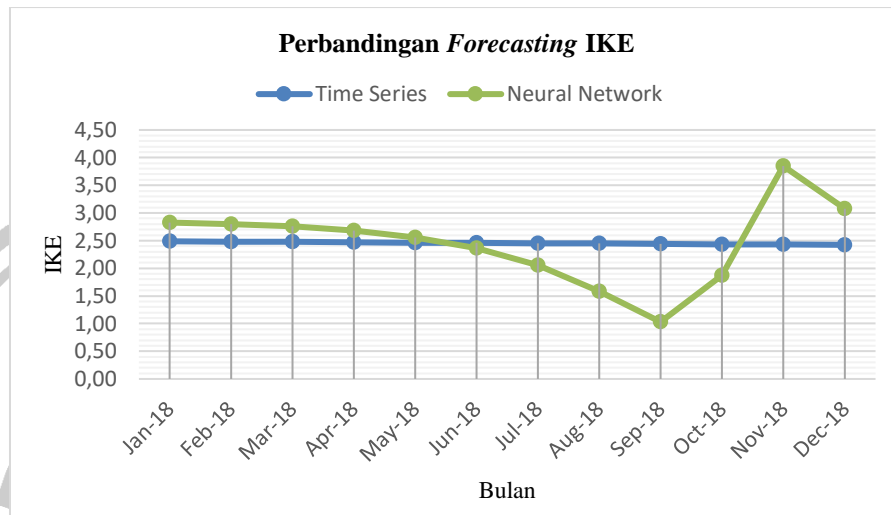
Gambar 16. Grafik forecasting IKE neural network Januari-Maret 2019

Dari hasil forecasting IKE Gedung B dengan metode time series dan neural network, akan dibandingkan tingkat akurasi dengan menghitung nilai MSE. Berikut hasilnya pada tabel 15.

Tabel 15. Perbandingan MSE forecasting time series dan neural network

Bulan Rekening	Bulan Ke	IKE Aktual	IKE Forecasting	
			Time Series	Neural Network
Jan-18	0	2,79	2,49	2,83
Feb-18	1	2,95	2,48	2,80
Mar-18	2	1,75	2,48	2,76
Apr-18	3	3,25	2,47	2,68

May-18	4	2,88	2,46	2,56
Jun-18	5	2,23	2,46	2,36
Jul-18	6	1,48	2,45	2,05
Aug-18	7	1,96	2,45	1,59
Sep-18	8	1,43	2,44	1,03
Oct-18	9	2,00	2,44	1,87
Nov-18	10	3,85	2,43	3,85
Dec-18	11	2,89	2,42	3,08
MSE			0,52	0,18



Gambar 17. Grafik perbandingan forecasting IKE

Dari tabel 15, dapat diketahui bahwa antara metode *time series* dan *neural network* lebih akurat metode *neural network*. Dengan MSE *time series* sebesar 0,52 sedang MSE *neural network* sebesar 0,18.

5. KESIMPULAN

1. IKE (Intensitas Konsums Energi) Gedung B tiap ruangan memenuhi nilai target dan hasil perhitungannya dinyatakan sangat efisien. Sehingga nilai tersebut dapat digunakan sebagai nilai referensi IKE yang baru pengembangan kantor.
2. Indikator efisiensi energi sangat dipengaruhi oleh potensi penghematan energi dan implementasi dari hasil rekomendasi audit bangunan gedung.
3. Pada *forecasting time series* didapat hasil dengan MSE sebesar 0,52. Sedangkan pada *forecasting neural network* didapat hasil dengan MSE yang beragam, untuk 2 jaringan sebesar 0,55; untuk 3 jaringan sebesar 0,18; dan untuk 4 jaringan sebesar 0,37. Sehingga, pada penelitian *forecasting IKE* Gedung B ini lebih akurat menggunakan metode *neural network* dengan 3 jaringan. Namun, karena keterbatasan data histori yang berjumlah 12 data (Januari-Desember 2018), maka hanya bisa dilakukan *forecasting* selama 3 bulan dimasa mendatang, yaitu bulan Januari-Maret 2019.

REFERENSI

[1] Biantoro, Agung Wahyudi. 2017. *Analisis Audit Energi Untuk Pencapaian Efisiensi Energi di Gedung AB, Kabupaten Tangerang, Banten*. (Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana, Jakarta)

[2] Rianto, Agus. 2007. *Audit Energi dan Peluang Penghematan Konsumsi Energi pada Sistem Pengkondisian Udara di Hotel Santika Premiere Semarang*. (Program Studi Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang).

[3] Bahtiar, Syarif Muhammad. 2014. *Peramalan Beban dengan Menggunakan Metode Time Series Untuk Kebutuhan Tenaga Listrik di Gardu Induk Sungai Raya*. (Program Studi S1, Universitas Tanjung Pura)

[4] Arifah. Niswatul, Agus Murnomo, Agus Suryanto. 2017. *Implementasi Neural Network pada Matlab Prakiraan Konsumsi Beban Listrik Kabupaten Ponorogo Jawa Timur*. (Program Studi Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang)

- [5] Jember, Unmuh. 1982. *Sejarah Universitas*. <http://www.unmuhjember.ac.id/id/tentang-unmuhjember/selayang-pandang/sejarah-universitas.html>. (Diakses pada tanggal 07 Juli 2021)
- [6] Abdurarachim Halim. Pasek, Darmawan Ari, Sulaiman. 2002 *Audit Energi, Modul 2, Energi Conservation Efficiency and Cost Saving Course*. Bandung: PT. Fiqry Jaya Mandiri.
- [7] Aris Raharjo, Muhamad, Riadi Selamat. 2016. *Audit Konsumsi Energi Untuk Mengetahui Peluang Penghematan pada Gedung PT. Indonesia Caps and Closures*. (Program Studi Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta)
- [8] Hidayanto, Nur. 2012. *Analisis Statistik Terhadap Potensi Penghematan Energi pada Bangunan Gedung dengan Metode Benchmarking*. (Program Studi Teknik Elektro, Universitas Indonesia)
- [9] SNI. 2011. *Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- [10] SNI. 2001. *Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Buatan pada Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.
- [11] Education, Lighting. 1946. *Lighting Education Brightness (Lumens)*. <https://www.westinghouselighting.com/lighting-education/brightness-lumens.aspx>. (Diakses pada tanggal 07 Juli 2021)
- [12] Elektronik, National. 2020. *Cara Menghitung PK Kebutuhan PK AC Sesuai Ruang*. <https://www.nationalelektronik.com/2021/03/cara-menghitung-kebutuhan-pemakaian-pk-ac-sesuai-ruangan/>. (Diakses pada tanggal 07 Juli 2021)
- [13] Noviando. Edo Satriyo, Edy Ervianto, Indra Yasri. 2016 *Studi Penerapan ANN (Artificial Neural Network) Untuk Menghilangkan Harmonisa pada Gedung Pusat Komputer*. (Program Studi Teknik Elektro, Universitas Riau)
- [14] Statistik PLN. 2018. *Informasi Tagihan Listrik Ged. Univ. Muhammadiyah Jember*. PT. PLN (PERSERO) UID Jawa Timur

BIOGRAFI PENULIS



Herry Setyawan adalah Dosen Tetap Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember. Bidang penelitiannya berkaitan dengan arus kuat, dapat dihubungi melalui email:



Sofia Ariyani adalah Dosen Tetap Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember. Bidang penelitiannya berkaitan dengan sistem elektronika dan sistem telekomunikasi, dapat dihubungi melalui email:



Nurul Priambudi adalah mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jember Angkatan 2016.