

PREDIKSI BEBAN ENERGI LISTRIK APJ KOTA SEMARANG MENGGUNAKAN METODE *RADIAL BASIS FUNCTION* (RBF)

Mukti Dwi Cahyo¹⁾, Sri Heranurweni²⁾, Harmini³⁾

^{1 2 3)}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Semarang

Jalan Soekarno Hatta – Tlogosari, Semarang, Indonesia, 50196

email: muktidwicahyo10@yahoo.com¹⁾, heranur@usm.ac.id²⁾, harmini@usm.ac.id³⁾

ABSTRACT

Electric power is one of the main needs of society today, ranging from household consumers to industry. The demand for electricity increases every year. So as to achieve adjustments between power generation and power demand, the electricity provider (PLN) must know the load needs or electricity demand for some time to come. There are many studies on the prediction of electricity loads in electricity, but they are not specific to each consumer sector.

One of the predictions of this electrical load can be done using the Radial Basis Function Artificial Neural Network (ANN) method. This method uses training data learning from 2010 - 2017 as a reference data. Calculations with this method are based on empirical experience of electricity provider planning which is relatively difficult to do, especially in terms of corrections that need to be made to changes in load. This study specifically predicts the electricity load in the Semarang Rayon network service area in 2019-2024.

The results of this Artificial Neural Network produce projected electricity demand needs in 2019-2024 with an average annual increase of 1.01% and peak load in 2019-2024. The highest peak load in 2024 and the dominating average is the household sector with an increase of 1% per year. The accuracy results of the Radial Basis Function model reached 95%.

Keywords: Artificial neural networks, electrical loads, predictions, radial basis function models

ABSTRAK

Tenaga listrik merupakan salah satu kebutuhan utama masyarakat saat ini, mulai dari konsumen rumah tangga hingga industri. Permintaan akan tenaga listrik meningkat setiap tahun. Sehingga untuk mencapai penyesuaian antara pembangkit dan permintaan tenaga, penyedia listrik (PLN) harus mengetahui kebutuhan beban atau permintaan listrik untuk beberapa waktu mendatang. Ada banyak penelitian tentang prediksi (perkiraan) beban listrik dalam listrik, tetapi tidak spesifik untuk setiap sektor konsumen.

Prediksi beban listrik ini dapat dilakukan salah satunya dengan menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Radial Basis Function. Metode ini menggunakan pembelajaran data pelatihan dari 2010 - 2017 sebagai data referensi. Perhitungan dengan metode ini didasarkan pada pengalaman empiris perencanaan penyedia listrik yang relatif sulit dilakukan, terutama dalam hal koreksi yang perlu dilakukan terhadap perubahan beban. Penelitian ini secara khusus memprediksi beban listrik di wilayah layanan jaringan Rayon Semarang pada 2019-2024.

Hasil dari Jaringan Syaraf Tiruan ini menghasilkan proyeksi kebutuhan beban listrik pada 2019-2024 dengan peningkatan tahunan rata-rata 1,01% dan beban puncak pada 2019-2024. Beban puncak tertinggi pada tahun 2024 dan rata-rata yang mendominasi adalah sektor rumah tangga dengan kenaikan 1% per tahun. Hasil akurasi fungsi model Radial Basis Function mencapai 95%.

Kata kunci: Jaringan syaraf tiruan, beban listrik, prediksi, radial basis function

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama masyarakat saat ini, mulai dari konsumen rumah tangga hingga industri. Permintaan akan tenaga listrik meningkat setiap tahun, sehingga untuk mencapai penyesuaian antara pembangkit dan permintaan tenaga listrik, maka sebagai penyedia energi listrik yaitu PLN harus mengetahui kebutuhan beban atau permintaan energi listrik untuk beberapa tahun berikutnya. Ada banyak penelitian tentang prediksi (perkiraan) beban listrik dalam listrik, tetapi tidak spesifik untuk setiap sektor konsumen.

Prakiraan permintaan beban listrik berdasarkan jangka waktu dapat dikelompokkan dalam :

1. Prakiraan beban jangka panjang (*long term*) adalah prakiraan permintaan beban dengan jangka waktu diatas 1 (satu) tahun.
 2. Prakiraan beban jangka menengah (*medium term*) adalah prakiraan permintaan beban dengan jangka waktu satu bulan sampai dengan satu tahun.
 3. Prakiraan beban jangka pendek (*short term*) adalah prakiraan permintaan beban dengan jangka waktu beberapa jam dalam satu hari sampai dengan satu minggu [4].
- Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan aplikasi jaringan syaraf tiruan (JST) dengan pembelajaran model *Radial Basis Function*. Keuntungan yang didapatkan dari hasil pembuatan sistem ini adalah mempunyai penyedia listrik untuk memprediksi kebutuhan

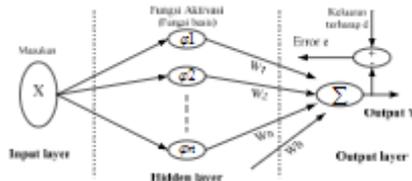
energi listrik sesuai dengan kebutuhan konsumen listrik. data yang digunakan pada penelitian ini dari APJ (Area Pelayanan Jaringan) Rayon Semarang.

II. DASAR TEORI

2.1. Jaringan Syaraf Tiruan RBF (Radial Basis Function)

RBF adalah jaringan syaraf tiruan yang menggabungkan metode pelatihan terbimbing dan metode pelatihan tanpa pengawasan. Jaringan syaraf ini dibentuk menggunakan fungsi Basis Radial sehingga disebut *RBF Neural Network*.

Topologi jaringan dalam RBF terdiri dari 3 lapisan, yaitu lapisan input, lapisan atau unit tersembunyi dan lapisan keluaran. Setiap unit tersembunyi adalah fungsi aktivasi dalam bentuk fungsi basis radial. Fungsi dasar radial ini terkait dengan posisi dasar dan lebar fungsi dasar. Struktur dasar jaringan RBF dapat dilihat pada Gambar 1[1].



Gambar 1. Struktur Dasar Jaringan Syaraf RBF (Hariyanto,2005)

Setiap input dari jaringan syaraf tiruan RBF ini akan mengaktifkan semua fungsi dasar di lapisan tersembunyi. Setiap unit dari lapisan tersembunyi adalah fungsi aktivasi khusus yang disebut fungsi dasar. Di dalam lapisan tersembunyi ada sejumlah fungsi dasar yang serupa. Setiap fungsi dasar akan menghasilkan output dengan bobot tertentu. Keluaran jaringan ini adalah jumlah dari semua fungsi basis keluaran dikalikan dengan bobot masing-masing.

2.2. Struktur Jaringan RBF

Jaringan Radial Basis Function (RBF) terdiri dari:

a. Lapisan Input

Lapisan input adalah bagian dari rangkaian jaringan syaraf tiruan RBF sebagai input untuk melakukan proses pertama. Lapisan ini membaca data dari faktor eksternal, yaitu output (unit sensor) dan nilai yang diinginkan (referensi). Lapisan input ini tidak memiliki algoritma khusus, tetapi hanya sebagai pelengkap untuk lapisan berikutnya. Tahap awal ini ditentukan sebagai identifikasi awal

b. Lapisan Tersembunyi

Pada bagian ini kegiatan formulasi terjadi dalam pembentukan sistem algoritma yang digunakan dalam jaringan RBF. Lapisan kedua adalah lapisan tersembunyi dari dimensi yang lebih tinggi, yang melayani tujuan fungsi dasarnya dan menimbang nilai yang berbeda. Bagian lapisan tersembunyi adalah proses mengaktifkan fungsi dasar dan korelasi silang dari masing-masing fungsi dasar. Dalam lapisan tersembunyi ini, selain

memuat bobot, juga memuat fungsi basis. Dalam jaringan RBF fungsi basis ini identik dengan fungsi gaussian seperti pada persamaan (1) di bawah ini:

$$\varphi_j = e^{-\frac{\|c-x_j\|^2}{2d^2}} \quad \dots\dots(1)$$

dimana :

c = Center fungsi gaussian

d = Lebar fungsi gaussian

xj = Masukan ke j

φj = Keluaran fungsi basis oleh adanya masukan xj

c. Lapisan Keluaran

Hasil penjumlahan dari perkalian bobot dan fungsi dasar menghasilkan keluaran yaitu lapisan keluaran, yang merespons jaringan sesuai dengan pola. Transformasi dari lapisan input ke pemrosesan sinyal lapisan tersembunyi adalah non-linier tetapi transformasi dari lapisan tersembunyi ke lapisan output adalah linier [9].

2.3. Algoritma Pelatihan RBF

Algoritma pelatihan RBF yang berulang adalah sebagai berikut:

Langkah 1: Menentukan jumlah fungsi dasar yang akan digunakan.

Langkah 2: Menentukan pusat dari masing-masing fungsi basis.

Langkah 3: Memberikan bobot (fungsi dasar) dari n + 1, di mana n adalah jumlah input RBF.

Langkah 4: Menginisialisasi bobot dengan $w = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$, masukkan tingkat konvergensi yang digunakan ($0 < \alpha < 1$).

Langkah 5: Untuk setiap seri sinyal, kerjakan pada langkah 6 hingga selesai.

Langkah 6: Menghitung output dari setiap fungsi dasar.

Langkah 7: Menghitung output jaringan RBF.

Langkah 8: Menghitung kesalahan antara sinyal yang diharapkan (d) dan output RBF $y_error = d - y$.

Langkah 9: Memperbarui bobot untuk setiap fungsi dasar dan bobot dasar menggunakan metode LMS [7].

2.4. Sistem Ketenagalistrikan Provinsi Jawa Tengah

Sistem ketenagalistrikan Provinsi Jawa Tengah merupakan bagian dari satu kesatuan sistem di Pulau Jawa, Pulau Madura dan Pulau Bali (JAMALI) yang terhubung secara interkoneksi dengan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV dan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV, kecuali wilayah di Pulau Karimun Jawa.

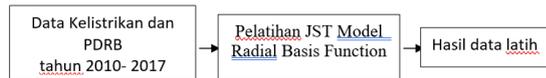
Wilayah Kepulauan Karimun Jawa merupakan wilayah di Provinsi Jawa Tengah yang tidak terhubung dengan sistem JAMALI, karenamerupakan pulau terluar di Provinsi Jawa Tengah. Pasokan energi di Karimun Jawa disuplai oleh PLTD Legon Bajakdengan kapasitas sebesar 2x2,2 MW sehingga mulai tahun 2016 penduduk di Karimun Jawa sudah dapat menikmati listrik 24 jam.

Pembangkit di Jawa Tengah terhubung dengan system interkoneksi JAMALI, terdiri dari pembangkit termis dan beberapa pembangkit hidro. Total kapasitas pembangkit terpasang di Jawa Tengah sebesar 7.299,97 MW, terdiri dari pembangkit yang tersambung dalam jaringan transmisi sebesar 7.251,56 MW, dan pembangkit yang tersambung dalam jaringan distribusi sebesar 48,41 MW [3].

III. METODOLOGI PENELITIAN

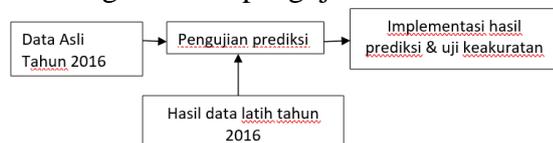
Diagram Blok

a. Diagram blok data latih :



Gambar 2. Sistem Data Latih

b. Diagram blok pengujian :



Gambar 3. Diagram Blok

Pada diagram blok diatas, data latih kWh pada tahun 2012-2018. Proses pelatihan dan pengujian menggunakan Model *Radial Basis Function (RBF)*. Saat pengujian, data hasil pelatihan kemudian dibandingkan melalui pengujian prediksi, kemudian diperoleh implementasi hasil prediksi dan uji keakuratan.

3.1. Data Kelistrikan

Data Kelistrikan diperoleh dari BPS (Badan Pusat Statistik) Provinsi Jawa Tengah berupa data jumlah pelanggan listrik, jumlah konsumsi energi listrik, dan daya tersambung pada tiap-tiap sektor di Kota Semarang.

a. Jumlah Pelanggan Listrik

Pelanggan listrik dibagi menjadi 4 kelompok sektor pemakai yaitu Rumah Tangga, Bisnis, Publik, dan Industri. Berikut jumlah pelanggan listrik Provinsi Jawa Tengah per Area tahun 2010 hingga tahun 2017.

Tabel 1. Jumlah Pelanggan Listrik Semarang

TAHUN	RUMAH TANGGA	Industri	Bisnis	PUBLIK
2010	785012	448306	292352	79139
2011	844338	498105	330055	89458
2012	907331	539516	355718	101426
2013	978060	603579	390105	113652
2014	1020017	633869	414991	121764
2015	1067047	657133	452922	131693
2016	1084672	687545	473927	149872
2017	1109873	706846	498553	167893

b. Konsumsi Energi Listrik

Sebagian besar kebutuhan energi listrik Kota Semarang disuplai oleh pembangkit-pembangkit listrik yang terkoneksi dengan sistem transmisi JAMALI (Jawa-Madura-Bali) 150 kV dan 500 kV. Berikut jumlah konsumsi energi listrik Provinsi Jawa Tengah per Area tahun 2010 hingga tahun 2017.

Tabel 2. Konsumsi Energi Listrik Semarang

TAHUN	RUMAH TANGGA	Industri	Bisnis	PUBLIK
2010	1306131	1290351	551150	126643
2011	1390960	1416852	588517	138681
2012	1517811	1528677	631305	155815
2013	1630797	1649611	669719	174694
2014	1753642	1779028	703581	194284
2015	1847006	1788810	733670	213476
2016	1896371	1808518	763954	233510
2017	1956070	1986423	795087	242924

c. Daya Tersambung

Daya tersambung yang terhubung atau terkoneksi dengan masing-masing Area Kota Semarang ditunjukkan pada tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Daya Tersambung Listrik Semarang

TAHUN	RUMAH TANGGA	Industri	Bisnis	PUBLIK
2010	785012	448306	292352	79139
2011	844338	498105	330055	89458
2012	907331	539516	355718	101426
2013	978060	603579	390105	113652
2014	1020017	633869	414991	121764
2015	1067047	657133	452922	131693
2016	1084672	687545	473927	149872
2017	1109873	706846	498553	167893

d. PDRB

Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) merupakan salah satu indikator pertumbuhan ekonomi suatu daerah. PDRB Provinsi Jawa Tengah tahun 2012-2016 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. PDRB Kota Semarang

Sektor PDRB Lapangan Usaha Tahun Dasar 2010	[Seri 2010] PDRB seri 2010 Menurut Lapangan Usaha (juta Rupiah)						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
A. Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan	849077	903821	919391	958830	984821	1041929	1079006
B. Pertambangan dan Penggalian	160719	165917	173033	179403	181449	183860	183040
C. Industri Pengolahan	20032777	21656019	23700510	25647849	27431689	28700566	29774287
D. Pengadaan Listrik dan Gas	97242	104331	114145	123476	131772	134709	145186
E. Pengadaan Air, Pengelolaan Sampah, Limbah dan Daur Ulang	99631	101218	99153	99275	102774	104151	106996
F. Konstruksi	22459127	23022726	24467350	25695365	26845871	28462910	30196835
G. Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor	13083365	14300915	14404600	14967107	15684775	16370904	17264313
H. Transportasi dan Pergudangan	2739452	2877537	3099053	3411481	3757981	3945353	4198856
I. Penyediaan Akomodasi dan Makanan Minum	2469885	2651723	2866794	3047910	3281192	3485869	3702328
J. Informasi dan komunikasi	6581507	7117180	7826304	8413218	9422903	10341283	11206438
K. Jasa Keuangan dan Asuransi	3606962	3699669	3809625	3978326	4147366	4462461	4868489
L. Real Estate	2358521	2505217	2640245	2843509	3050990	3285249	3513591
M. N. Jasa Perusahaan	425226	466452	497324	553708	598091	648834	714991
O. Administrasi Pemerintahan, Pertahanan dan Jaminan Sosial Wajib	3008667	3091251	3117265	3202257	3248379	3422191	3505465
P. Jasa Pendidikan	1396295	1644235	1846151	2126234	2339220	2510834	2697305
Q. Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial	488970	537735	597809	641178	712976	758573	820055
R, S, T, U. Jasa Lainnya	966669	997013	1002968	1096268	1189918	1229003	1320977

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1. Hasil Pelatihan

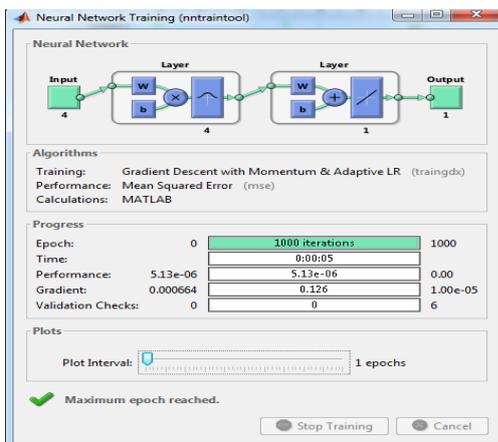
Data yang bersumber dari Badan Pusat Statistik ini dirubah kedalam bilangan desimal dikarenakan jaringan saraf tiruan radial basis function dapat mengolah bilangan prediksi dengan baik dengan hasil bilangan desimal. Sebelum dirubah kedalam bentuk bilangan desimal atau data norm, maka data di kecilkan nilainya agar sistem jaringan syaraf tiruan dapat mengenali dengan baik pola bilangan yang akan dilatih.

Tabel 5. Parameter JST Radial Basis Function

Target Performa (MSE)	1,00E-05
Spread konstan	6
Jumlah Maksimal Neuron	80
Jumlah Neuron dibelakang layar	100
Fungsi parameter pelatihan	traingdx
Epoch	1000
Iterasi	1000
Learning Rate	0,00000513
Gradient	0.126

Tabel 6. Hasil Keakuratan Pelatihan

TAHUN	RUMAH TANGGA	Industri	Bisnis	PUBLIK	RATA RATA
2015	99,5%	94,4%	90,3%	99,3%	95,8%
2016	96,8%	95,9%	96,5%	94,5%	95,9%
2017	90,8%	90,8%	98,4%	96,6%	94,1%



Gambar 4. Hasil Pelatihan JST

A. Analisa

Proyeksi Kebutuhan Energi Kota Semarang

Kebutuhan energi di Kota Semarang seperti pada tabel 2 menunjukkan bahwa pada tahun 2016 sampai tahun 2017 terjadi kenaikan atau pertumbuhan kebutuhan energi yaitu sebesar 1,09 % untuk energi produksi (MWh) dan kenaikan kebutuhan beban puncak (MW) sebesar 1,09 %. Proyeksi kebutuhan untuk tahun 2018-2024 berdasarkan 4 faktor yaitu faktor pelanggan listrik, daya tersambung, konsumsi energi dan faktor PDRB di Kota Semarang. Perhitungan didasarkan ke empat faktor tersebut dalam hal ini melihat pertumbuhan pada masing masing faktor per tahun, berikut perhitungan kebutuhan energi di kota semarang mencakup energi yang harus di produksi dan saat beban puncak. Diketahui data energi tahun 2016-2017 yaitu :

Tabel 7. Data Energi Produksi dan Beban Puncak

TAHUN	ENERGI PRODUKSI (MWh)	BEBAN PUNCAK (MW)
2016	819118	111
2017	898695	122

Berdasarkan tabel 7 diketahui bahwa energi yang diproduksi pada tahun 2017 meningkat sebesar 1,09 % dan untuk beban puncak meningkat sebesar 1,09 %. Dari data tersebut maka didapat kalkulasi untuk kebutuhan energi tahun 2018 yaitu :

$$\text{Energi Produksi (2018)} = \left(\frac{p+e+d+pdrb}{4} \right) \times \text{Ep 2017}$$

Dengan :

p = rata rata pertumbuhan pelanggan 2018

e = rata rata pertumbuhan konsumsi energi 2018

d = rata rata pertumbuhan daya tersambung 2018

pdrb = rata rata pertumbuhan pdrb 2018

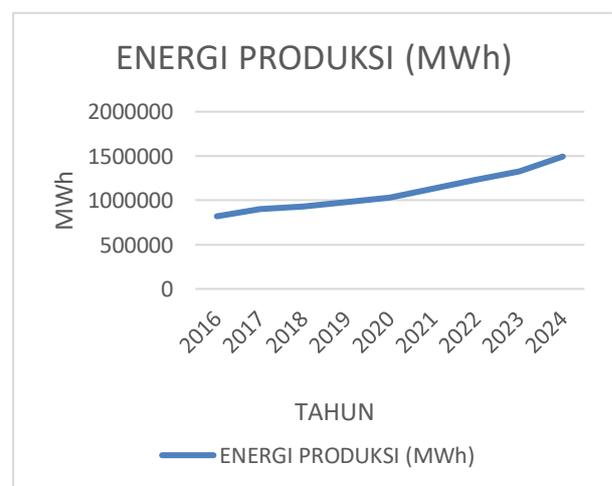
Ep 2017 = Energi Produksi tahun 2017

B. Hasil Proyeksi Kebutuhan Energi 2018-2024

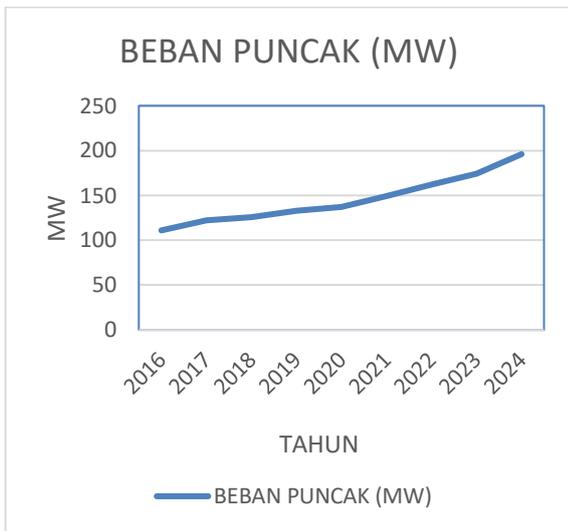
Berdasarkan perhitungan maka didapat hasil perhitungan proyeksi prediksi energi yang harus diproduksi dan beban puncak di kota semarang periode 2018-2024 seperti pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Proyeksi Tahun 2018-2024

TAHUN	ENERGI PRODUKSI (MWh)	BEBAN PUNCAK (MW)
2016	819118	111
2017	898695	122
2018	927902	126
2019	976616	133
2020	1032771	137
2021	1128302	149
2022	1232669	162
2023	1325119	174
2024	1494071	196



Gambar 5. Grafik Energi Produksi



Gambar 6. Grafik Beban Puncak

V. PENUTUP

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Pertumbuhan kebutuhan energi dan beban puncak sehubungan dengan pertumbuhan sektor pelanggan listrik, daya tersambung listrik, konsumsi energi listrik dan pertumbuhan PDRB Kota Semarang.
2. Kenaikan kebutuhan energi pada tahun 2018 mencapai 1,03%, pada tahun 2019-2020 mengalami kenaikan mencapai 1,05%, pada tahun 2021-2022 mengalami kenaikan kembali menjadi 1,09%, pada tahun 2023 mengalami penurunan 1,07% dan pada tahun 2024 mengalami kenaikan yang cukup signifikan yaitu 1,12%.
3. Dari hasil rata-rata proyeksi pelanggan listrik Kota Semarang pada 4 sektor yaitu sektor rumah tangga, industri, bisnis dan publik pada tahun 2018-2024 yang paling tertinggi adalah sektor rumah tangga dengan kenaikan rata-rata mencapai 1% per tahun.
4. Dari hasil rata-rata daya tersambung Kota Semarang pada 4 sektor yaitu sektor rumah tangga, industri, bisnis dan publik pada tahun 2018-2023 yang tertinggi adalah sektor rumah tangga dengan rata-rata kenaikan di angka 0,9% dan pada tahun 2024 yang tertinggi sekteo industri di angka 1,3%.
5. Dari hasil rata-rata konsumsi energi Kota Semarang pada 4 sektor yaitu sektor rumah tangga, industri, bisnis, dan publik pada tahun 2018-2024 didominasi oleh sektor rumah tangga dan industri dengan masing-masing kenaikan di angka 0,88% dan di angka 0,98%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arief, Hariyanto. 2005. Jaringan Syaraf Tiruan dan Teori Aplikasi Pemogramanya. Surabaya
- [2] Badan Pusat Statistik Jawa Tengah Dalam Angka 2010 – 2017

- [3] Data Kelistrikan PLN Tahun 2014, 2016 dan 2017
- [4] Hasan Basri, Ir.,2003. Teknik Distribusi Jaringan Listrik Menengah Dan Tegangan Tinggi. Jakarta
- [5] Hasim Agus. 2015 .Prakiraan Beban Listrik Kota Pontianak Dengan Jaringan Syaraf Tiruan. Skripsi Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- [6] Hermawan, 2008. Sistem Distribusi Listrik. Jakarta
- [7] J. Siang, Jak. 2005. Dasar – Dasar Pengolahan Jaringan Syaraf Tiruan. Jakarta
- [8] Kuncoro Arief Heru dan Dalimi Rinaldy. 2005 .Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Peramalan Beban Tenaga Listrik Jangka Panjang Pada Sistem Kelistrikan Di Indonesia. Jurnal Program Pasca Sarjana, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- [9] Puspitaningrum. 2006. Struktur Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation dan Radial Basis Function. Jakarta
- [10] Syeto Galang Jiwo, Fariza Arna, S.Kom, M.Kom, Setiawardhana. S.T. 2010 .Peramalan Beban Listrik Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Metode Kohonen. Makalah Program DIV Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-Institusi Teknologi Sepuluh Nopember.
- [11] S. N. Sivanandam, S. N Deepa.2006. Introduction to Neural Networks Using Matlab 6.0.New Delhi.