

ANALISIS PERBANDINGAN METODE JARINGAN SARAF TIRUAN TANPA DAN DENGAN *FUZZY CLUSTERING* PADA PROYEKSI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK DI INDONESIA SAMPAI TAHUN 2019

Muhammad Addin Bratawijaya ^{*)}, Hermawan, and Susatyo Handoko

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: addin.brata@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat dari waktu ke waktu. Dalam memenuhi permintaan terhadap kebutuhan energi listrik diperlukan pembangunan pembangkit listrik. Pada pembangunan pembangkit listrik ini dibutuhkan suatu peramalan. Hasil peramalan bisa digunakan pemerintah untuk menyiapkan langkah-langkah mengantisipasi peningkatan konsumsi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk memproyeksikan besarnya konsumsi energi listrik pada tahun 2014 hingga 2019 di Indonesia dan menganalisis kebutuhan daya pada tahun 2019. Metode yang digunakan adalah jaringan saraf tiruan *backpropagation* dan metode hybrid antara JST *backpropagation-fuzzy clustering* dengan menggunakan software Matlab R2013b. Proyeksi dilakukan di Indonesia untuk masa peramalan tahun 2014 hingga 2019. Data Input dan Target yang digunakan pada peramalan adalah data historis produk domestik bruto dan data kelistrikan (jumlah pelanggan dan konsumsi energi listrik) dari tahun 2002 sampai dengan 2013. Hasil proyeksi konsumsi energi listrik di Indonesia dengan metode jaringan saraf tiruan *backpropagation* sebesar 272.630 GWh pada tahun 2019, mengalami kenaikan sebesar 85.089 GWh dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 6,22%. Untuk hasil dengan metode jaringan saraf tiruan *backpropagation-fuzzy clustering* sebesar 284.663 GWh pada tahun 2019, mengalami kenaikan sebesar 97.122 GWh dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 6,96%. Hasil proyeksi dari kedua metode memiliki rata-rata selisih sebesar 18.730 GWh dan 12.802 GWh terhadap RUPTL.

Kata kunci : *Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik, JST, FCM*

Abstract

Electricity needs in Indonesia continues to increase over time. In compliance demand electrical energy needs required the construction power plants. On the construction this power plant needed forecasting. Forecasting results can be used government to prepare measures anticipation increased consumption of electrical energy. This research aims to project amount of electrical energy consumption in 2014 to 2019 in Indonesia and analyzing power requirement in 2019. Methods used is backpropagation ANN and hybrid method between Backpropagation ANN-Fuzzy Clustering by using Matlab R2013b. Projections performed in Indonesia for the forecasting period 2014 to 2019. Input and target data used in forecasting is gross domestic product historical data and electricity data (number of customers and electricity consumption) from 2002 to 2013. The projection of electrical energy consumption in Indonesia with back propagation neural network method amounted to 272 630 GWh in 2019, an increase of 85 089 GWh with average increase of 6.22% each year. For results of the method propagation neural network-fuzzy clustering amounted to 284 663 GWh in 2019, an increase of 97 122 GWh with average increase of 6.96% each year. The projection of two methods has an average difference of 18 730 GWh and 13 427 GWh against RUPTL.

Key words : *Projection of Electrical Energy Requirements, ANN, FCM*

1. Pendahuluan

Keberhasilan pembangunan nasional maupun daerah tidak bisa terlepas dari ketersediaan energi listrik [1]. Ketersediaan energi listrik yang memadai dan tepat sasaran akan memicu perkembangan pembangunan

daerah seperti sektor industri, komersial, pelayanan publik dan bahkan kualitas hidup masyarakat dengan semakin banyaknya warga yang menikmati energi listrik [2]. Kemudian secara langsung maupun tidak langsung hal itu akan mempengaruhi pertumbuhan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyarakat.

Dalam memenuhi permintaan terhadap kebutuhan daya tersebut dibutuhkan perancangan dan perhitungan yang cermat, terutama dalam hal peramalan seberapa besar tenaga listrik yang dibutuhkan masyarakat dan yang akan dihasilkan pembangkit [3].

Adapun tujuan dari penulisan penelitian sebagai berikut:

1. Memproyeksikan konsumsi energi listrik di Indonesia tahun 2014 hingga 2019 dengan menggunakan perangkat lunak Matlab R2013b dengan metode *neuro-fuzzy* (JST *backpropagation-fuzzy clustering*)
2. Membandingkan hasil proyeksi menggunakan Jaringan saraf tiruan *backpropagation-fuzzy clustering* dengan hasil proyeksi jaringan saraf tiruan *backpropagation*.
3. Membandingkan hasil proyeksi kebutuhan daya pembangkit dengan dokumen resmi dari pemerintah yaitu RUPTL 2015-2024

2. Metode

2.1. JST Backpropagation

JST adalah paradigma pengolahan informasi yang terinspirasi oleh sistem saraf secara biologis, seperti proses

informasi pada otak manusia. Elemen kunci dari paradigma ini adalah struktur dari sistem pengolahan informasi yang terdiri dari sejumlah besar elemen pemrosesan yang saling berhubungan (neuron), bekerja

serentak untuk menyelesaikan masalah tertentu. Cara kerja JST sama seperti cara kerja manusia, yaitu belajar melalui contoh.

Jaringan saraf tiruan perambatan balik (*Backpropagation Neural Network*) merupakan salah satu model dari jaringan saraf tiruan umpan mundur dengan menggunakan pelatihan terbimbing yang disusun berdasar pada algoritme kesalahan perambatan balik. Pola masukan dan target diberikan sebagai sepasang data. Bobot-bobot awal dilatih dengan melalui tahap maju untuk mendapatkan galat keluaran yang selanjutnya galat ini digunakan dengan tahap mundur untuk memperoleh nilai bobot yang sesuai agar dapat memperkecil nilai galat sehingga target keluaran yang dikehendaki tercapai.

Pada penelitian ini memerlukan data masa lalu untuk meramalkan konsumsi energi listrik. Tabel 1, tabel 2 dan tabel 3 adalah data masa lalu tahun 2002 hingga 2013 yang dijadikan input pelatihan.

2.2. Flowchart

Secara garis besar, penyusunan penelitian dengan metode jst *backpropagation* dapat digambarkan melalui diagram alir (*flowchart*) pada gambar 1.

Tabel 1. Data PDB Tahun 2002 Hingga 2013

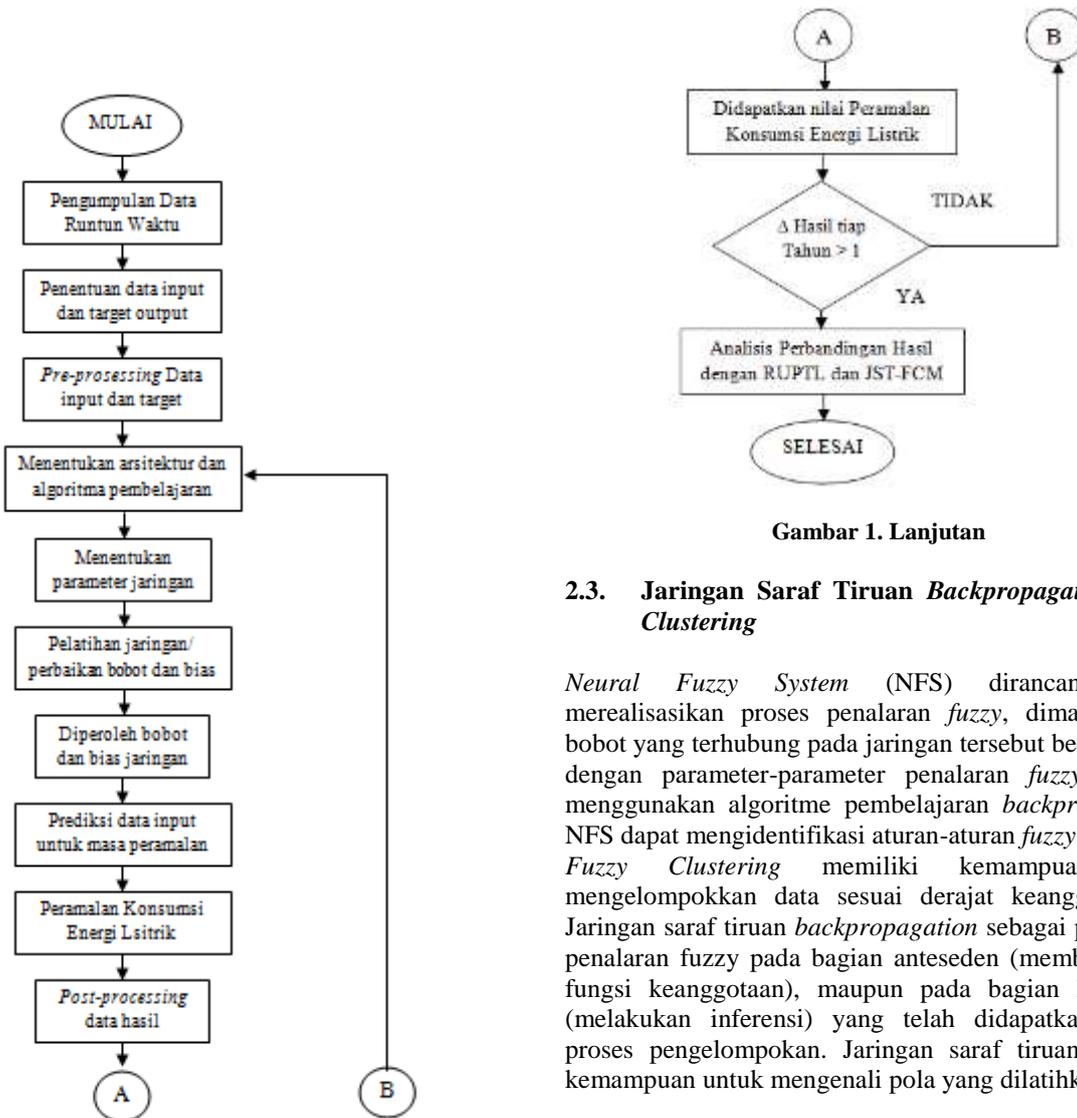
No.	PDB	PDB (Miliar Rupiah)											
		Tahun											
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	Pertanian, Perikanan dan Pertambangan	231.613,5	240.387,3	247.163,6	253.881,7	262.402,8	271.509,3	284.619,1	295.883,8	304.777,1	315.036,8	328.279,7	339.560,8
2	Industri Pengolahan dan Pertambangan	169.932	167.603,8	160.100,5	165.222,6	168.031,7	171.278,4	172.496,3	180.200,5	187.152,5	190.143,2	193.139,2	195.853,2
3	Industri Pengolahan Listrik, Gas dan Air Bersih	419.387,8	441.754,9	469.952,4	491.561,4	514.100,3	538.084,6	557.764,4	570.102,5	597.134,9	633.781,9	670.190,6	707.481,7
4	Bangunan	9.868,2	10.349,2	10.897,6	11.584,1	12.521	13.517	14.994,4	17.136,8	18.050,2	18.899,7	20.094	21.254,8
5	Perdagangan, hotel dan Restoran	84.469,8	89.621,8	96.334,4	103.598,4	112.233,6	121.808,9	131.009,6	140.267,8	150.022,4	159.122,9	170.884,8	182.117,9
6	Pengangkutan dan komunikasi	243.266,6	256.516,6	271.142,2	293.654	312.518,7	340.437,1	363.818,2	368.463	400.474,9	437.472,9	473.152,6	501.040,6
7	Keuangan, persewaan & jasa perusahaan	76.173,1	85.458,4	96.896,7	109.261,5	124.808,9	142.326,7	165.905,5	192.198,8	217.980,4	241.303	265.383,7	291.404
8	Jasa-jasa	131.523	140.374,4	151.123,3	161.252,2	170.074,3	183.659,3	198.799,6	209.163	221.024,2	236.146,6	253.000,4	272.141,6
9		138.982,4	145.104,9	152.906,1	160.799,3	170.705,4	181.706	193.049	205.434,2	217.842,2	232.659,1	244.807	258.198,4

Tabel 2. Data Jumlah Pelanggan Listrik Tahun 2002-2013

No	Jumlah Pelanggan	Tahun											
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	Rumah tangga	28.903.325	29.997.554	31.095.970	32.174.922	33.118.262	34.684.540	36.025.071	37.099.830	39.324.520	42.577.542	46.219.780	50.116.127
2	industri	46.824	46.818	46.520	46.475	46.366	46.818	47.536	47.900	48.675	50.365	52.661	55.546
3	Bisnis	1.245.709	1.310.686	1.382.416	1.455.797	1.655.325	1.610.574	1.716.046	1.879.429	1.912.150	2.049.361	2.218.342	2.418.431
4	sosial Gd, Kantor	633.114	659.034	686.851	716.194	748.558	790.781	838.129	861.067	909.312	963.766	1.032.830	1.110.450
5	Pemerintahan	80.954	83.810	87.187	89.533	92.395	97.886	103.821	114.971	113.676	120.246	128.252	137.762
6	PJU	43.993	53.514	67.502	76.432	90.318	103.130	113.483	114.488	127.054	133.865	143.384	157.892

Tabel 3. Data Konsumsi Energi Listrik Tahun 2002-2013

No	Data Listrik	Tahun											
		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1	Konsumsi Energi Listrik (GWh)	87.088,74	90.440,95	100.097,47	107.032,23	112.609,83	121.246,81	129.018,81	134.581,98	147.297,47	157.992,66	173.990,75	187.541,02



Gambar 1. Lanjutan

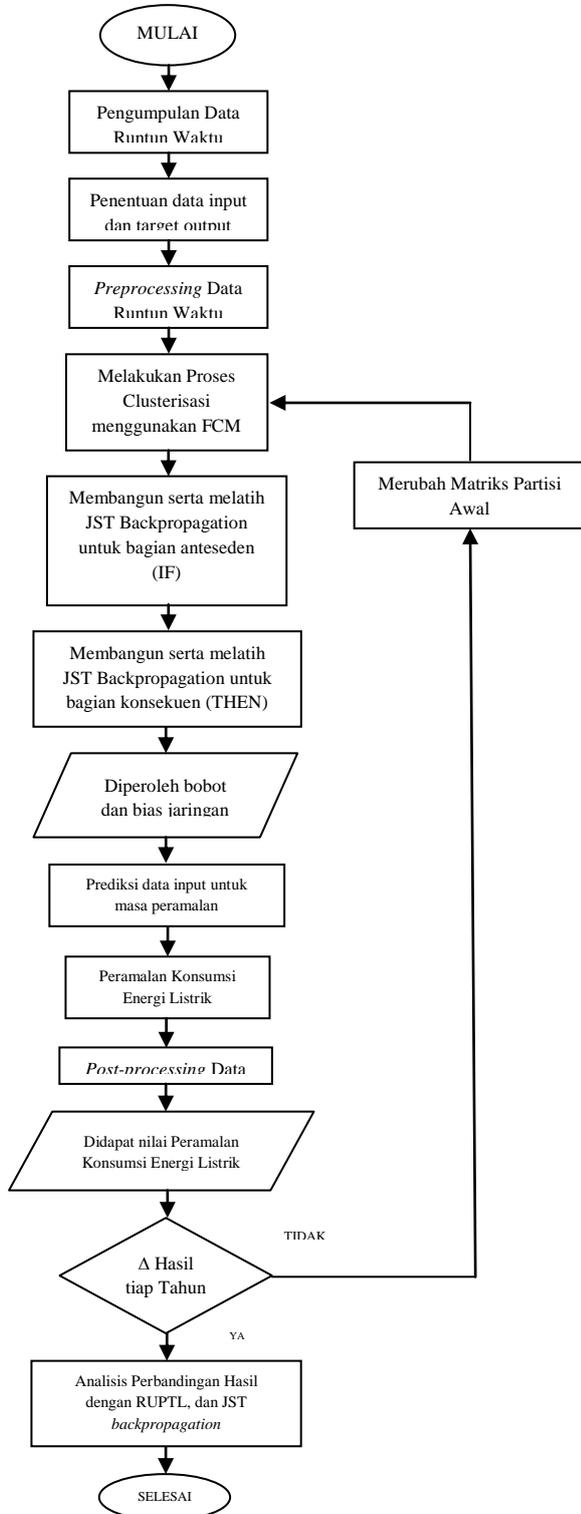
2.3. Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation-Fuzzy Clustering

Neural Fuzzy System (NFS) dirancang untuk merealisasikan proses penalaran fuzzy, dimana bobot-bobot yang terhubung pada jaringan tersebut berhubungan dengan parameter-parameter penalaran fuzzy. Dengan menggunakan algoritme pembelajaran backpropagation, NFS dapat mengidentifikasi aturan-aturan fuzzy tersebut. Fuzzy Clustering memiliki kemampuan untuk mengelompokkan data sesuai derajat keanggotaannya. Jaringan saraf tiruan backpropagation sebagai pengendali penalaran fuzzy pada bagian anteseden (membangkitkan fungsi keanggotaan), maupun pada bagian konsekuen (melakukan inferensi) yang telah didapatkan melalui proses pengelompokan. Jaringan saraf tiruan memiliki kemampuan untuk mengenali pola yang dilatihkan.

Gambar 1. Diagram Alir Penyusunan Penelitian Metode JST Backpropagation

Pada penelitian ini memerlukan data masa lalu untuk meramalkan konsumsi energi listrik sama dengan data yang dibutuhkan untuk metode jst *backpropagation*.

2.4. Flowchart



Gambar 2. Diagram Alir Penyusunan Penelitian Metode JST-Fuzzy Clustering

3. Hasil dan Analisis

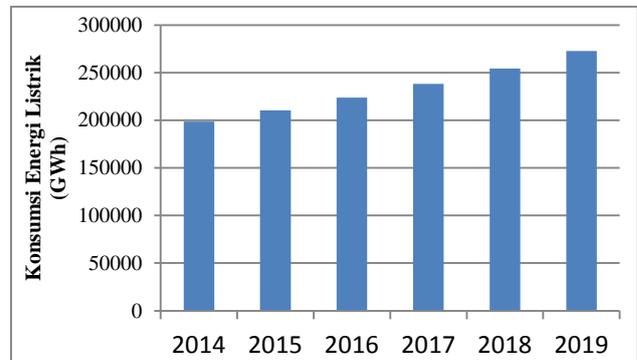
3.1. Proyeksi Konsumsi Energi Listrik JST Backpropagation

Proyeksi konsumsi energi listrik jst *backpropagation* didapatkan konsumsi energi listrik tahun 2014-2019:

Tabel 4. Hasil Peramalan Konsumsi Energi Listrik

No	Tahun	Konsumsi Energi (GWh)
1	2014	198.520
2	2015	210.360
3	2016	223.850
4	2017	238.240
5	2018	254.420
6	2019	272.630

Dengan tabel diatas kita dapat membuat grafik hasil peramalan konsumsi energi listrik pada tahun 2014-2019.



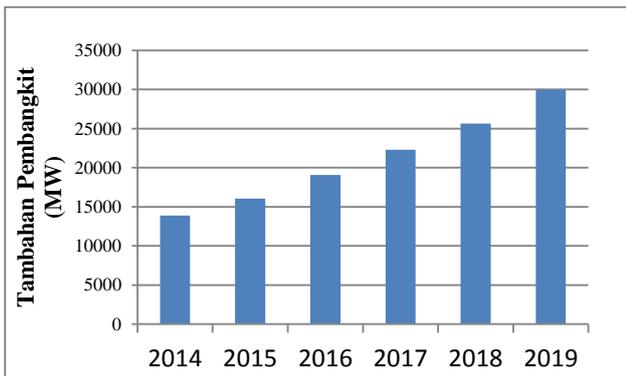
Gambar 3. Grafik Hasil Peramalan JST

Dari gambar 3 bisa kita lihat hasil peramalan menggunakan Jaringan saraf tiruan dengan metode JST *Backpropagation* pada tahun 2019 didapatkan Konsumsi Energi Listrik Indonesia sebesar 272.630 GWh. Konsumsi energi listrik mengalami kenaikan sebesar 85.089 GWh dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 6,22%. Dari konsumsi energi yang didapatkan didapatkan energi produksi, beban puncak, *reserve margin*, kebutuhan daya pembangkit, dan tambahan pembangkit sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan Tambahan Pembangkit

Tahun	Energi Produksi (GWh)	Beban Puncak (GW)	Reserve Margin (GW)	Kebutuhan Daya Pembangkit (GW)	Tambahan Pembangkit (GW)
2014	230.837	33,65	11,77	45,43	13,88
2015	241.793	35,25	12,33	47,58	16,04
2016	257.299	37,51	13,12	50,64	19,09
2017	273.525	39,87	13,95	53,83	22,28
2018	290.505	42,35	14,82	57,17	25,63
2019	312.649	45,58	15,95	61,53	29,98

Dengan tabel diatas kita dapat membuat grafik tambahan pembangkit pada tahun 2014-2019.



Gambar 4. Grafik Tambahhan Pembangkit pada Tahun 2014-2019

Dari gambar 4 diatas dapat terlihat bahwa daya yang dibutuhkan pada akhir tahun 2019 sebesar 29,98 GW atau bisa disebut 29.980 MW. Pada Rencana Usahan Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2015-2024 sub bab Rencana Pengembangan Pembangkit disana dituliskan program pembangunan ketenagalistrikan 2015-2019. Tambahhan pembangkit baru yang diperlukan untuk 5 tahun kedepan sebesar 35 GW. Selisih antara hasil perhitungan dengan RUPTL sebesar 5,02 GW.

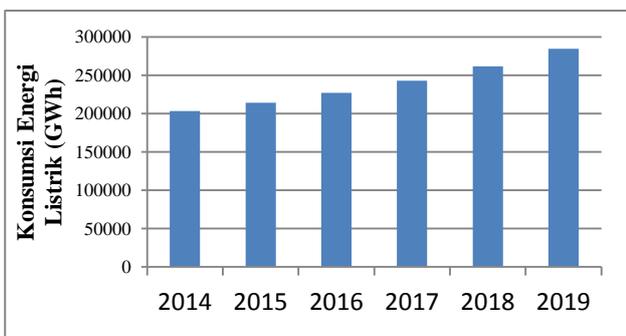
3.2. Proyeksi Konsumsi Energi Listrik JST Backpropagation-Fuzzy Clustering

Proyeksi konsumsi energi listrik JST-fuzzy clustering didapatkan konsumsi energi listrik tahun 2014-2019:

Tabel 6. Hasil Peramalan Konsumsi Energi Listrik

No	Tahun	Konsumsi Energi (GWh)
1	2014	203.375,33
2	2015	214.225,57
3	2016	227.141,37
4	2017	242.667,86
5	2018	261.517,23
6	2019	284.663,49

Dengan tabel diatas kita dapat membuat grafik hasil peramalan konsumsi energi listrik pada tahun 2014-2019.



Gambar 5. Grafik Hasil Peramalan JST-Fuzzy Clustering

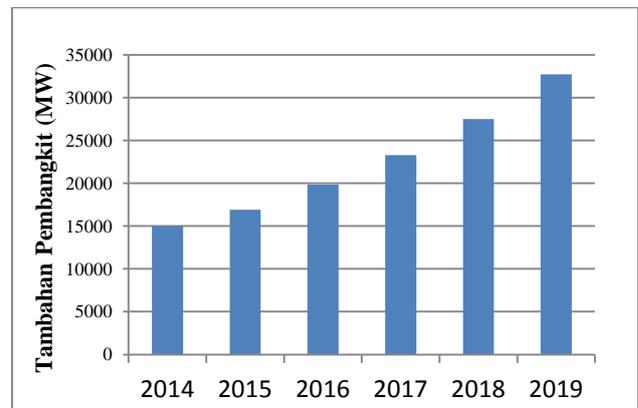
Dari gambar 5 bisa kita lihat hasil peramalan menggunakan JST-Fuzzy Clustering dengan metode JST Backpropagation dan Fuzzy C-Means pada tahun 2019 didapatkan Konsumsi Energi Listrik Indonesia sebesar 284.666,49 GWh. Konsumsi energi listrik mengalami kenaikan sebesar 97.122 GWh dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 6,96%.

Dari konsumsi energi yang didapatkan didapatkan energi produksi, beban puncak, reserve margin, kebutuhan daya pembangkit, dan tambahhan pembangkit sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil Perhitungan Tambahhan Pembangkit

Tahun	Energi Produksi (GWh)	Beban Puncak (GW)	Reserve Margin (GW)	Kebutuhan Daya Pembangkit (GW)	Tambahhan Pembangkit (GW)
2014	236.483	34,47	12,06	46,54	14,99
2015	246.236	35,89	12,56	48,46	16,91
2016	261.082	38,06	13,32	51,38	19,84
2017	278.608	40,61	14,21	54,83	23,28
2018	299.905	43,72	15,30	59,02	27,48
2019	326.449	47,59	16,65	64,25	32,70

Dengan tabel diatas kita dapat membuat grafik tambahhan pembangkit pada tahun 2014-2019.



Gambar 6. Grafik Tambahhan Pembangkit pada Tahun 2014-2019

Dari gambar 6 diatas dapat terlihat bahwa daya yang dibutuhkan pada akhir tahun 2019 sebesar 32,70 GW atau bisa disebut 32.700 MW. Pada Rencana Usahan Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT PLN (Persero) 2015-2024 sub bab Rencana Pengembangan Pembangkit disana dituliskan program pembangunan ketenagalistrikan 2015-2019. Tambahhan pembangkit baru yang diperlukan untuk 5 tahun kedepan sebesar 35 GW. Selisih antara hasil perhitungan dengan RUPTL sebesar 2,3 GW.

3.3. Validasi Program

Validasi program dilakukan dengan membandingkan peramalan konsumsi energi listrik antara metode JST

Backpropagation, metode JST Backpropagation-Fuzzy C-Means dan RUPTL.

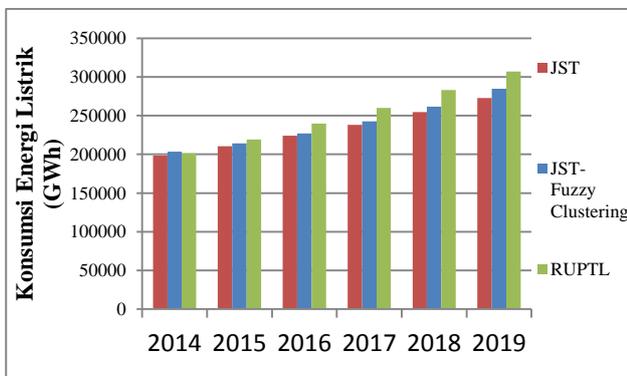
Pada tabel 8 berikut menunjukkan perbandingan hasil peramalan konsumsi energi listrik Metode JST, Metode JST-FCM dan RUPTL.

Tabel 8. Perbandingan Peramalan JST, JST-FCM Dan RUPTL

Tahun	Peramalan Konsumsi Energi (GWh)		RUPTL (GWh)	Selisih (GWh)	
	JST	JST-FCM		JST	JST-FCM
2014	198.520	203.375	201.500	2.980	1.875
2015	210.360	214.226	219.100	8.740	4.875
2016	223.850	227.141	239.900	16.050	12.759
2017	238.240	242.668	260.000	21.760	17.333
2018	254.420	261.517	282.900	28.480	21.383
2019	272.630	284.663	307.000	34.370	22.337
	Rata-rata			18.730	13.427

Hasil peramalan dari kedua metode memiliki rata-rata selisih sebesar 18.730 GWh untuk JST dan 13.427 GWh untuk JST-FCM terhadap RUPTL. Selisih tersebut disebabkan oleh perbedaan penggunaan metode dan asumsi-asumsi yang dilakukan oleh PT PLN yang menyusun RUPTL.

Asumsi pertumbuhan ekonomi Indonesia RUPTL menggunakan data historis selama 10 tahun yang berisi jumlah PDB pertahun. Untuk asumsi pertumbuhan penduduk PLN menggunakan laju pertumbuhan penduduk dari Buku Proyeksi Penduduk Bappenas-BPS-UNFPA bulan Desember 2013. Sedangkan pada penelitian ini asumsi yang digunakan adalah pertumbuhan ekonomi, jumlah pelanggan listrik dan konsumsi energi listrik. Asumsi pertumbuhan ekonomi, pertumbuhan pelanggan pada metode penelitian ini menggunakan data historis selama 12 tahun dan diambil disetiap sektor.



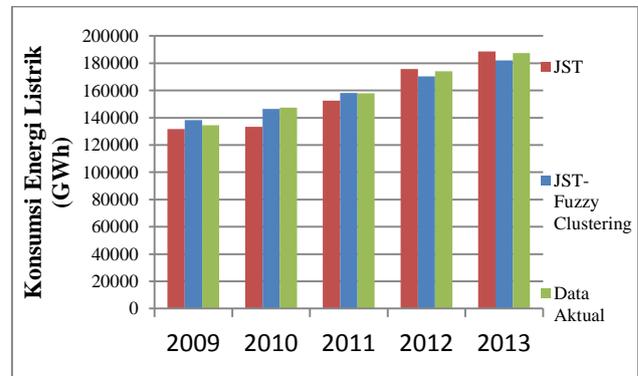
Gambar 7. Grafik Perbandingan Peramalan JST, JST-Fuzzy Clustering dan RUPTL

Untuk validasi program pada penelitian ini dilakukan dengan cara membagi data yang diketahui menjadi dua bagian. Bagian pertama yaitu data runtun waktu PDB dan Jumlah pelanggan dari tahun 2002-2008 digunakan sebagai input program peramalan penelitian untuk meramal tahun 2009-2013. Berikut adalah hasilnya:

Tabel 9. Perbandingan Error Hasil Peramalan JST Dan JST-Clustering Terhadap Data Aktual

Tahun	Peramalan Konsumsi Energi (GWh)		Konsumsi Energi (GWh)	Error (%)	
	JST	JST-Clustering		JST	JST-Clustering
2009	131.760	138.160	134.580	2,10	2,66
2010	133.270	146.470	147.300	9,52	0,56
2011	152.610	158.100	157.990	3,40	0,07
2012	175.720	170.250	173.990	0,99	2,15
2013	188.550	182.130	187.540	0,54	2,89
	MAPE			3,31	1,66

Dari tabel 9 dapat dilihat nilai error peramalan JST dengan data aktual memiliki nilai rata-rata error sebesar 3.31% sedangkan untuk nilai error peramalan JST-Fuzzy Clustering dengan data aktual memiliki nilai rata-rata error sebesar 1,66%.



Gambar 8. Grafik Perbandingan antara JST, JST-Fuzzy Clustering dan Data Aktual

4. Kesimpulan

Hasil proyeksi konsumsi energi listrik metode JST Backpropagation, diperoleh kenaikan dari 187.541 GWh pada tahun 2013 menjadi sebesar 272.630 GWh pada tahun 2019 dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 6,22%. Sedangkan untuk metode JST-Fuzzy Clustering, diperoleh kenaikan dari 187.541 GWh pada tahun 2013 menjadi sebesar 284.663 GWh pada tahun 2019 dengan kenaikan rata-rata tiap tahunnya sebesar 6,96%. Untuk error terhadap data aktual yang dihasilkan oleh proyeksi JST Backpropagation sebesar 3,31% sedangkan untuk JST-Fuzzy Clustering sebesar 1,66%. Hasil proyeksi tambahan pembangkit menggunakan JST

Backpropagation memiliki selisih sebesar 5,02 GW terhadap RUPTL sedangkan *JST-Fuzzy Clustering* memiliki selisih sebesar 2,3 GW.

Referensi

- [1]. Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2015-2025.PT PLN (Persero).2015
- [2]. Kartika, Meigy Restanaswari. Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik APJ Pekaloangan Tahun 2014-2018 Dengan Menggunakan Software Leap. Semarang : Universitas Diponegoro. 2015.
- [3]. Laksnono, Heru Dibyo dan Fajira, Nicko.2014.Peramalan Beban Listrik Daerah Sumatera Barat Jangka Panjang Dengan Menggunakan Integrasi Jaringan Syaraf Tiruan Dan Sistem Fuzzy. Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan Vol. 7 No. 1. Universitas Andalas Padang
- [4]. Arief, Abraham. 2012. Aplikasi Fuzzy Clustering C-Means Pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang Di Provinsi Sumatera Barat Sampai Tahun 2021. Padang: Universitas Andalas
- [5]. Ujianto, Tri. 2015. Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik APJ Pekalongan Tahun 2014-2018 Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Metode *Backpropagation* Dengan Software Matlab R2014A. Semarang: Universitas Diponegoro
- [6]. Suswanto, Daman. Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Padang: Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.2009
- [7]. Nugroho, Agung. Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2006-2015 Menggunakan Metode Gabungan Dengan Pemrograman Visual Basic. Semarang: Universitas Diponegoro. 2008.
- [8]. Siregar, Syahrizal Agus. Studi Prakiraan Kebutuhan Energi Listrik Tahun 2013-2017 Wilayah Kota Padang Sidimpuan Dengan Metode Gabungan. Medan: Universitas Sumatera Utara.2013
- [9]. Suhono. Kajian Perencanaan Permintaan dan Penyediaan Energi Listrik di Wilayah Kabupaten Sleman Menggunakan Perangkat Lunak LEAP. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada. 2010.
- [10]. Kassa, Deryanus. Ketersediaan Energi Listrik Sulawesi Utara Sampai Tahun 2020.Sulawesi Utara: Universitas Sam Ratulangi.2015
- [11]. Jong, J. S. Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab. Andi Offset. Yogyakarta, 2005.
- [12]. Nurkholiq, Nahar. Analisa Perbandingan Metode Logika Fuzzy Dengan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Pada Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Jangka Panjang di Indonesia Sampai Tahun 2022. Semarang : Universitas Diponegoro.2014.
- [13]. Kusumadewi, S., & Hartati, S. 2006. Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf edisi 2. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [14]. Hicham, Attarius, Mohamed, Bouhorma & Abdellah, El Fallahi. Animproved approach based on fuzzy clustering and backpropagation Neural Networks with adaptive learning rate for sales forecasting. Case study of PCB industry. IJCSI Vol. 9, No. 1. 2012