

PERKIRAAN KEBUTUHAN ENERGI LISRIK SISTEM DISTRIBUSI TAHUN 2012 – 2017 DI PT.PLN (PERSERO) RAYON BATANG MENGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN (JST)

Herda Dwi Cahyanova^{*)}, Susatyo Handoko, and Agung Nugroho

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

^{*)}E-mail: *cahyanovah@yahoo.com*

Abstrak

UPJ Batang merupakan Unit Pelayanan dan Jaringan wilayah Pekalongan dari PT PLN Persero yang melayani segala kebutuhan penyaluran energi listrik kepada masyarakat. Energi listrik sebagai salah satu infrastruktur yang menyangkut hajat hidup orang banyak maka memperoleh kebutuhan energi listrik harus dapat menjamin tersedianya dalam jumlah yang cukup, harga yang wajar dan mutu yang baik. Semakin meningkatnya ekonomi pada suatu daerah maka konsumsi energi listrik juga akan semakin meningkat. Kondisi ini tentunya harus diantisipasi sedini mungkin oleh PT PLN Persero agar penyaluran energi listrik dapat tersalurkan dalam jumlah yang cukup. Didalam tugas akhir ini penulis melakukan perbandingan model dalam hal proyeksi kebutuhan dan penyaluran energi listrik di UPJ Batang pada tahun 2012 sampai dengan tahun 2017 dengan menggunakan model Jaringan Saraf Tiruan. Dengan tujuan membandingkan penggambaran kondisi energi daerah saat ini, memproyeksikan kebutuhan energi atas dasar tuntutan perkembangan zaman dan kebutuhan energi listrik di masa yang akan datang dan memberikan saran-saran yang berkaitan dengan penyaluran energi di UPJ Batang. Hasil peramalan di UPJ Batang tiap tahunnya terjadi peningkatan beban karena bertambahnya jumlah penduduk. Pada tugas akhir ini dilakukan analisa rugi-rugi energi dan susut tegangan pada jaringan UPJ Batang yang disimulasikan dengan menggunakan ETAP 7.0.0, sehingga hasil analisa tersebut dapat digunakan untuk pengembangan beban listrik untuk tahun-tahun yang akan mendatang.

Kata kunci : UPJ Batang, peramalan kebutuhan, energi listrik, Jaringan Saraf Tiruan, ETAP 7.0.0, Rugi-Rugi Energi, Susut Tegangan.

Abstract

UPJ Batang is a Network and Service Unit of the area from PT PLN Persero Tegal that serve all the needs the distribution of electrical energy to the public. Electrical energy as one of infrastructure which involving the lives of many people obtain electrical energy requirements should ensure the availability of adequate amounts, reasonable price and good quality. Economy growth in the region making the consumption of electrical energy will also increase. This condition must be anticipated as early as possible by PT PLN Persero order to distribute electrical energy can be channeled in sufficient quantities. In this final project the authors do a comparison model in terms of projected needs and distribution of electrical energy in UPJ Batang in 2012 until 2017 by using Artificial Neural Network Model. With the aim of comparing the depiction of the condition of the current regional energy, projecting energy needs on the basis of the demands of the times and the electric energy needs in the future and provide advice relating to the distribution of energy in the UPJ Batang. UPJ Batang forecasting results in increase in expenses each year due to the increase of population. In this final project analyzed the energy losses and voltage drop on the network UPJ Batang simulated using ETAP 7.0.0, so that the analysis can be used for the development of the electrical load for next years to come.

Keyword : UPJ Batang, electrical energy needs forecast, Neural Networks, ETAP 7.0.0, energy losses, voltage drop.

1. Pendahuluan

UPJ Batang merupakan Unit Pelayanan Jaringan wilayah Batang dari PT PLN Persero yang melayani segala kebutuhan penyaluran energi listrik kepada masyarakat.

Unit Pelayanan jaringan merupakan salah satu wilayah kerja dari Area Pelayanan Jaringan Pekalongan.

Energi listrik sebagai salah satu infrastruktur yang menyangkut hajat hidup orang banyak maka penyaluran

energi listrik harus dapat menjamin dalam jumlah yang cukup, harga yang wajar dan mutu yang baik.

Disamping pertumbuhan ekonomi, perkembangan energi listrik juga dipengaruhi oleh faktor perkembangan penduduk dalam pengertian jumlah rumah tangga yang akan dilistriki. Sehingga dilakukan peramalan kebutuhan energi listrik dalam kurun waktu 5 tahun dan melakukan pengembangan fisik diantaranya yakni pengembangan trafo distribusi.

dilakukan pengembangan trafo distribusi di UPJ Batang pada tahun 2012 sampai dengan tahun 2017 dengan menggunakan model peramalan Jaringan Saraf Tiruan (JST) dan menganalisa data pengembangan trafo distribusi menggunakan ETAP 7.0.0 dalam Tugas Akhir ini.

2. Metode

2.1. Perancangan Metode Penelitian

Untuk metode penelitian tugas akhir ini menjelaskan proses eksisting, pengembangan dan pertumbuhan beban untuk trafo distribusi sehingga dapat dilihat secara garis besar penyusunan diagram alir pengembangan trafo distribusi dapat dilihat pada *flowchart* gambar 1

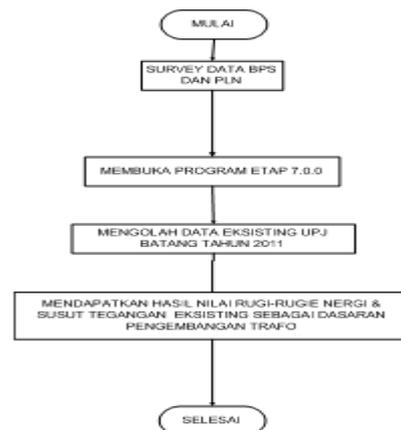


Gambar1 Diagram Alir Pengembangan trafo distribusi

Dapat dilihat pada gambar diagram alir diatas bahwa ada dua proses yang pertama proses dengan menggunakan matlab yaitu dengan jaringan saraf tiuran yaitu untuk mencari peramalan kebtuhunan energi pada UPJ Batang setelah didapatkan hasil peramalan pada matlab dengan metode jaringan saraf tiruan (JST) maka hasil dari proses tersebut akan diolah kembali untuk simulasi pengembangan trafo distribusi pada program ETAP 7.0.0 berikut adalah diagram alir dua proses tersebut



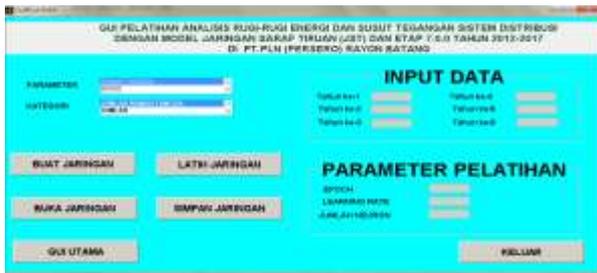
Gambar 2 Diagram Alir Jaringan Saraf Tiruan (JST)



Gambar 3 Diagram Alir ETAP 7.0.0

2.2 Perancangan Metode Peramalan Dengan Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Peramalan beban dapat dilaksanakan dengan berbagai metode / model. Dikarenakan batasan masalah untuk tugas akhir ini yakni menggunakan model Jaringan Saraf Tiruan (JST). Melakukan peramalan beban dengan cara memasukkan data-data yang sudah diolah kedalam model Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang di buat dengan menggunakan *software* Matlab. Berikut adalah tampilan dari peramalan beban yang sudah diramalkan untuk 6 tahun kedepan, mulai 2012 sampai 2017 di UPJ Batang.



Gambar 4 Tampilan Menu Gui Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan (JST)



Gambar 5 Tampilan Menu Gui Utama Jaringan Saraf Tiruan (JST)

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengolahan Data Existing Tahun 2011

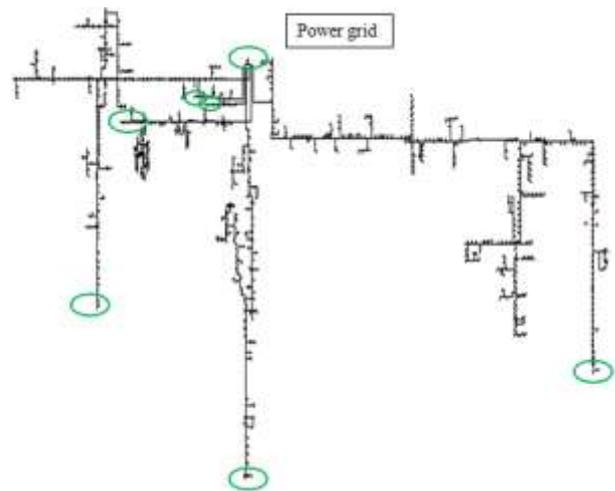
Data eksisting UPJ Batang didapat dari PT PLN (Persero) UPJ Batang. Sehingga dari hasil eksisting ini didapatkan parameter dasar untuk melakukan pengembangan trafo distribusi.

Tabel 1 Data impedansi kabel jaringan

mm ²	AAC				AAAC			
	R1	X1	R0	X0	R1	X1	R0	X0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	1,8382	0,4035	1,9882	1,6910	2,0161	0,4036	2,1641	1,6911
25	0,8400	0,3791	0,9883	1,6666	0,9217	0,3790	1,0607	1,6695
50	0,5882	0,3667	0,7363	1,6552	0,6452	0,3678	0,7932	1,6553
70	0,4202	0,3572	0,5682	1,6447	0,4608	0,3572	0,6088	1,6447
95	0,3096	0,3464	0,4576	1,6339	0,3396	0,3449	0,4876	1,6324
120	0,2451	0,3375	0,3901	1,6250	0,2688	0,3375	0,4168	1,6251
150	0,1961	0,3305	0,3441	1,6180	0,2162	0,3305	0,3691	1,6180
185	0,1590	0,3239	0,3070	1,6114	0,1744	0,3239	0,3224	1,6114
240	0,1225	0,3157	0,2705	1,6032	0,1344	0,3158	0,2824	1,6003

Tabel 2 Data beban penyulang Gardu Induk Batang

GARDU INDUK	TRAFO	PENYULANG	TEG. (KV)	SETG.PM T	ARUS BEBAN (AMP)		
					R	S	T
BATANG	I	BTG. 2	20	480	288.1	328.6	277.2
		BTG. 3	20	480	102.6	91.1	93.1
		BTG. 4	20	480	256.6	256.6	256.6
	II	BTG. 1	20	480	485.4	417.5	455.2
		BTG. 6	20	480	158.6	181	146
		BTG. 7	20	480	34.5	31.9	33.2



Gambar 6 Penggambaran jaringan GI Batang dengan ETAP 7.0.0

SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND

	Phase	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	A	4.011	3.363	5.367	74.73 Lagging
	B	4.138	3.210	5.237	79.01 Lagging
	C	4.382	3.497	5.607	78.16 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	A	0	0	0	
	B	0	0	0	
	C	0	0	0	
Total Demand:	A	4.011	3.363	5.367	74.73 Lagging
	B	4.138	3.210	5.237	79.01 Lagging
	C	4.382	3.497	5.607	78.16 Lagging
Apparent Losses:	A	-0.197	1.077		
	B	0.468	0.887		
	C	0.622	1.095		
System Mismatch:		0.000	0.000		
Number of Iterations:	1				

$$\begin{aligned}
 \text{LOSSES} &= \frac{\sum \text{APPARENTLOSSES}}{\sum \text{TOTALDEMAND}} \times 100\% \\
 &= \frac{0.893}{12.531} \times 100\% = \mathbf{7.126\%}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{VOLTAGE DROP} &= \% \text{ TEGANGAN PD GI} - \% \text{ TEGANGAN PALING UJUNG} \\
 &= 100\% (19,835 \text{ KV}) - 88,87\% (17,628 \text{ KV}) \\
 &= \mathbf{11,13\% (2,207 \text{ KV})}
 \end{aligned}$$

Hasil simulasi tersebut akan menampilkan tegangan di ujung penyulang yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran.

Perhitungan susut energi dibantu dengan program ETAP 7.0.0 dan hasil secara lengkap ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3 Total Rugi-rugi Energi Per Penyulang

GARDU INDUK	FEEDER	LOSSES (%)						
		TOTAL DEMAND			APPARENT LOSSES			TOTAL LOSSES(%)
		A	B	C	A	B	C	
BATANG	BTG 1	4.011	4.138	4.382	-0.197	0.468	0.622	7.126
	BTG 2	3.729	4.386	3.652	0.281	0.836	-0.587	4.504
	BTG 3	1.551	1.427	1.350	0.213	-0.205	0.015	0.53
	BTG 4	4.569	4.569	4.569	0.058	0.058	0.058	1.269
	BTG 6	3.127	2.968	2.952	0.185	-0.169	0.093	1.204
	BTG 7	4.476	4.329	4.517	0.322	0.136	0.493	7.138

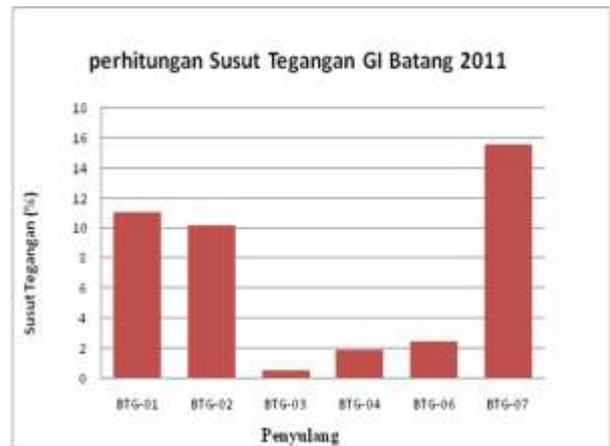
Berdasarkan perhitungan hasil dari simulasi ETAP 7.0.0 didapatkan hasil seperti tabe 3 dan dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 7 Grafik Hasil Perhitungan Rugi-rugi energi GI Batang 2011

Tabel 8 Hasil Evaluasi Susut Tegangan Berdasarkan Simulasi

NO	PENYULANG	TEGANGAN PANGKAL (KV)	TEGANGAN UJUNG (KV)	JATUH TEGANGAN (%)
1	BTG-01	19.835	17.628	11.12
2	BTG-02	20.052	18.001	10.22
3	BTG-03	20.111	19.997	0.56
4	BTG-04	20.165	19.779	1.91
5	BTG-06	20.112	19.615	2.47
6	BTG-07	20.001	16.879	15.60



Gambar 8 Grafik Hasil Perhitungan Susut tegangan GI Batang 2011

Dari tabel 8 diatas dapat dilihat hasil perhitungan susut tegangan dari simulasi ETAP 7.0.0 dan dapat dilihat grafiknya pada gambar 8.

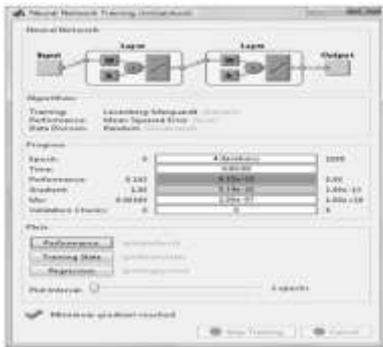
3.2 Pengujian Perangkat Lunak (Software)

3.2.1. Tampilan Jaringan Saraf Tiruan (JST)

3.2.2. Hasil Model Jaringan saraf Tiruan (JST)

Program dibagi menjadi dua bagian yaitu program GUI utama dan GUI Pelatihan. Dalam GUI utama digunakan untuk menampilkan hasil peramalan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) yang meliputi *energy sales* (MWH), *Power Contracted* (KVA), dan *Number of Customer* setiap tahunnya mulai dari yang diramalkan yakni 2012 sampe 2017, sedangkan GUI Pelatihan digunakan dalam pelatihan jaringan untuk menghasilkan jaringan yang akan digunakan dalam GUI utamayang dapat dilihat pada subbbab 2.2 tentang perancangan jaringan saraf tiruan (JST).

Setiap melakukan pelatihan jaringan maka akan muncul sebuah *toolbox Neural Network Training*. *Neural Network Train Toolbox* ini memperlihatkan beberapa hal yang diperlukan dalam pelatihan seperti algoritma pelatihan, jenis performansi jaringan, parameter keberhasilan pelatihan, serta beberapa plot pelatihan. Gambar memperlihatkan contoh tampilan *Neural Network Train Toolbox* dalam pelatihan suatu karakter.



Gambar 9 Contoh Neural Network Train Toolbox

Pada Gambar terlihat bahwa parameter-parameter pelatihan seperti jumlah epoch, waktu, laju kinerja, gradient error, Nilai Mu, serta validation checks sangat menentukan dalam proses pelatihan jaringan. Jika nilai-nilai dalam salah satu parameter pelatihan terpenuhi maka pelatihan jaringan akan berhenti.

Pada proses ini adalah proses untuk mencari nilai yang terbaik karena jika pada proses ini menghasilkan keluaran yang kurang baik atau tidak sesuai target yang diinginkan maka proses pelatihan ini akan dilakukan terus menerus sampai nilai sesuai dengan target yang diinginkan.

3.2.3. Hasil Model Jaringan saraf Tiruan (JST)

Gambar 9 Hasil Model Jaringan saraf Tiruan (JST)

Tahun	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
DEMAN TANGGA												
Jumlah Pemah Tenaga	388473	389237	370175	371611	375710	376965	377394	376265	379220	379965	380941	381711
Jumlah Pelanggan	84576	850904	850767	108388	104816	117476	129696	133211	126396	138778	152694	167504
Daya Terpasang (KVA)	83387	83283	83318	73874	80294	81423	83824	84881	86781	89063	93171	104702
Konsumsi Energi (MWh)	7983	8413	8631	8614	8089	80709	81881	82115	82894	83809	84790	85838
DEMAN												
Jumlah Pelanggan	1783	1913	2034	2000	2002	1944	1996	1961	1931	1917	1711	1688
Daya Terpasang (KVA)	4816	5328	6026	6716	6740	6678	5940	5861	5430	5884	5887	6244
Konsumsi Energi (MWh)	6618	7481	8517	11962	10942	11218	11839	11878	11844	11894	14790	16889
DEMAN												
Jumlah Pelanggan	4212	4482	4633	4764	5012	5081	5083	5109	5271	5484	5639	5747
Daya Terpasang (KVA)	5714	6340	6838	7345	8454	8558	8671	8700	8881	9188	9377	9622
Konsumsi Energi (MWh)	13270	12984	12950	13911	14848	16090	17470	18891	20474	22185	24186	26051
DEMAN												
Jumlah Pelanggan	42	42	42	42	44	44	42	44	44	44	46	48
Daya Terpasang (KVA)	4200	1119	1220	1294	2261	2291	2270	2270	2360	2360	2360	2360
Konsumsi Energi (MWh)	66617	84915	86170	88177	84670	87228	81838	86787	86217	104141	107828	113871

Dari hasil peramalan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) tersebut, dapat terlihat bahwa energy sales (MWh), Power Contracted (KVA), dan Number of Customer mengalami peningkatan setiap tahunnya mulai dari yang diramalkan yakni 2012 sampe 2017. Sedangkan dalam proses pengembangan trafo distribusi, hanya data hasil peramalan power contracted (KVA) saja yang perlu diperhatikan.

Sehingga dihasilkan bahwa kebutuhan beban KVA untuk 6 tahun kedepan semakin meningkat. Data KVA dari tahun 2006 sampai dengan 2011 sebagai inputan menghasilkan kebutuhan beban KVA pada tahun 2012 sampai 2017. Artinya penambahan beban trafo distribusi dapat disimulasikan pada program ETAP 7.0.0 dari hasil jumlah KVA pada proses peramalan tersebut. Berikut adalah hasil selisih penambahan beban KVA tiap tahunnya :

1. Tahun 2012 : 101.628 KVA
2. Tahun 2013 : 103.390 KVA
3. Tahun 2014 : 105.731 KVA
4. Tahun 2015 : 108.269 KVA
5. Tahun 2016 : 111.129 KVA
6. Tahun 2017 : 114.400 KVA

3.3 Pengembangan Trafo Distribusi

3.2.1 Pengembangan Trafo distribusi GI Batang pada Batang I Tahun 2012-2017.

Perhitungan susut energi dibantu dengan program ETAP 7.0.0 dan hasil secara lengkap dari perhitungan tersebut ditunjukkan pada tabel di bawah.

Tabel 10 Total Susut Energi Batang 1

GARDU INDUK	TAHUN	LOSSES (%)						TOTAL LOSSES (%)
		TOTAL DEMAND			APPARENT LOSSES			
		A	B	C	A	B	C	
BATANG	2012	4.059	4.189	4.435	-0.196	0.478	0.635	7.2301506
	2013	4.154	4.292	4.542	-0.193	0.498	0.663	7.4530336
	2014	4.249	4.395	4.648	-0.19	0.518	0.692	7.6737887
	2015	4.345	4.498	4.756	-0.188	0.539	0.724	7.904993
	2016	4.584	4.758	5.023	-0.176	0.595	0.801	8.4928646
BATANG	2017	4.584	4.758	5.023	-0.176	0.595	0.801	8.4928646

Dapat dilihat dari tabel tersebut hasil perhitungan untuk susut enegi Batang 1 dari tahun 2012-2017 seperti disajikan pada tabel diatas dan dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 11 Hasil Perhitungan Peramalan Susut Energi GI Batang Pada Batang 1

Dapat dilihat dari grafik tersebut hasil perhitungan untuk susut enegi Batang 1 dari tahun 2012-2017 seperti

disajikan pada grafik diatas terjadi peningkatan jumlah susut energitiap tahunnya dikarenakan terjadi peningkatan jumlah penduduk yang membawa dampak terjadinya pula peningkatan jumlah susut energi tiap tahunnya.

Perhitungan susut Tegangan dibantu dengan program ETAP 7.0.0 dan hasil secara lengkap dari perhitungan tersebut ditunjukkan pada tabel di bawah.

Tabel 11 Total Susut Tegangan Batang 1

NO	TAHUN	TEGANGAN PANGKAL (KV)	TEGANGAN UJUNG (KV)	JATUH TEGANGAN (%)
1	2012	19.823	17.218	13.14130051
2	2013	19.797	17.12	13.52225085
3	2014	19.77	17.02	13.90996459
4	2015	19.743	16.918	14.30886897
5	2016	19.674	16.659	15.32479414
6	2017	19.674	16.659	15.32479414

Dapat dilihat dari tabel tersebut hasil perhitungan untuk susut tegangan Batang 1 dari tahun 2012-2017 seperti disajikan pada tabel diatas dan dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 12 Hasil Perhitungan Peramalan Susut Tegangan GI Batang Pada Batang 1

Dapat dilihat dari grafik tersebut hasil perhitungan untuk susut tegangan Batang 1 dari tahun 2012-2017 seperti disajikan pada grafik diatas terjadi peningkatan jumlah susut energi tiap tahunnya dikarenakan terjadi peningkatan jumlah penduduk yang membawa dampak terjadinya pula peningkatan jumlah susut energi tiap tahunnya.

4. Kesimpulan

1. Dari hasil peramalan model Jaringan Saraf Tiruan (JST) dihasilkan bahwa kebutuhan beban KVA untuk 6 tahun kedepan semakin meningkat. Data KVA UPJ Batang dari tahun 2006 sampai dengan 2011 sebagai inputan menghasilkan kebutuhan beban KVA pada

UPJ Batang tahun 2012 sampai 2017 yaitu tahun 2012 : 101.628 KVA, tahun 2013 : 103.390 KVA, tahun 2014: 105.731 KVA, tahun 2015 : 108.269 KVA, tahun 2016 : 111.129 KVA, tahun 2017 : 114.400 KVA.

2. Berdasarkan simulasi *software* ETAP 7.0.0, hasil simulasi *existing* susut energi / *losses* di GI Batang pada penyulang BTG 01, BTG 02, BTG 03, BTG 04, BTG 06, dan BTG 07 adalah 7.230151%, 4.618457%, %, 0.524635%, 1.292546%, 1.262511%, dan 5.535714% pada eksisting tahun 2011, sedangkan hasil simulasi eksisting susut tegangan / *voltage drop* di GI Batang pada penyulang BTG 01, BTG 02, BTG 03, BTG 04, BTG 06, dan BTG 07 adalah 13.14130051%, 10.47039457%, 0.988813424%, 2.829614604%, 2.999301327%, dan 13.77392524% pada *existing* tahun 2011.
3. Hasil pengembangan trafo distribusi dari tahun 2012 hingga 2017 didapatkan bahwa total penambahan beban trafo distribusi adalah untuk Batang 1 deviasi rata-rata pertahun : 2%, dengan deviasi tertinggi sebesar 3% .Batang 2 deviasi rata-rata pertahun : 1,17%, dengan deviasi tertinggi ditahun 2017 sebesar 2%. Batang 3 deviasi rata-rata pertahun : 2,17%, dengan deviasi tertinggi sebesar 3% Batang 4 deviasi rata-rata pertahun : 1,5%, dengan deviasi tertinggi sebesar 2%. Batang 6 deviasi rata-rata pertahun : 1,5%, dengan deviasi tertinggi ditahun sebesar 2%. Batang 7 deviasi rata-rata pertahun : 1,83%, dengan deviasi tertinggi sebesar 3%. Dapat dilihat dari hasil pengembangan beban trafo distribusi bahwa setiap penyulang terjadi peningkatan yang bervariasi dikarenakan jumlah kebutuhan beban juga semakin meningkat seiring juga meningkatkan jumlah pertumbuhan penduduk.

Saran

1. Selain model peramalan Jaringan Saraf Tiruan (JST), model peramalan bisa menggunakan model peramalan lain seperti metode LEAP, metode Simple-e, DKL , dan metode metode lainnya.
2. Untuk mendapatkan nilai proyeksi dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan , sebaiknya menggunakan data minimal 15 tahun sehingga didapatkan pertumbuhan rata-rata lain dan lebih baik.
3. Pada perhitungan atau simulasi berikutnya, perlu dipertimbangkan kemungkinan dibangunnya PLTU Batang yang akan mempengaruhi perkembangan wilayah kelistrikan yang akan disuplai.

Referensi

[1]. Ariwibowo,C, *Trafo Distribusi pada JTM 20 KV di PT PLN Persero UPJ Semarang Selatan*, Kerja Praktek S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2009.

- [2]. Annoymus, *Tata Usaha Langganan III-07 dan III-09*, PT PLN (Persero) APJ Pekalongan, [2006,2007,2008,2009,2010].
- [3]. Bangun, B.E , *Studi Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan* ,Tugas Akhir S-1, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2009.
- [4]. M, Nur Taufik, *Sistem Pengenalan Plat Nomor Polisi Kendaraan Bermotor Dengan Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Perambatan Balik*, Tugas Akhir S-1, Universitas Diponegoro.
- [5]. Hadisantono, *Model Ekonometrik :Alat Studi Kebijakan dan Peramalan*, Jurnal Teknologi Industri, Vol.III, No.4, pp 273-280, 1999.
- [6]. Dhimas,M , *Simulasi Pengembangan Trafo Distribusi Berdasarkan Pertumbuhan Beban Menggunakan Model DKL 3,2 dan Software ETAP 7.0.0 Tahun 2012 – 2016 di UPJ Batang*, Tugas akhir S-1, Universitas Diponegoro.
- [7]. Nugroho,A , *Perkiraan Energi Listrik*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [8]. Nugroho,A. , B,Suroso dan K.I.Santoso , *Sistem Informasi Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [9]. Jong, J. S., *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*, Andi Offset, Yogyakarta, 2005.
- [10]. Rahardjo, *Merencanakan Pengembangan Sistem Kelistrikan PLN kedepan Secara Lebih Baikdan Lebih Efisien*, PT PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY, 2006.
- [11]. Ramadhianto, *Studi Susut Energi* , FT Universitas Indonesia, Jakarta, 2008.
- [12]. Sulasno, *Teknik dan Sistem Tenaga Distribusi Tenaga Listrik Edisi I*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [13]. Suswanto, D. A., *Klasifikasi Jaringan Distribusi*, Buku Ajar BAB II.
- [14]. Suswanto, D. A., *Perencanaan Jaringan Distribusi*, BukuAjar BAB III.
- [15]. Suswanto, D. A., *Analisa Peramalan Beban dan Kebutuhan Tenaga Listrik*, Buku Ajar BAB XII.
- [16]. Tahir,U , *Analisa Losses Teknik Pada Sistem Kelistrikan*, Tugas Akhir S-1, Universitas Sains & Teknologi, Jayapura, 2008.
- [17]. Tim Masterplan, *Pembuatan Masterplan Sistem Distribusi 20 KV APJ Pekalongan*, Laporan Akhir, Universitas Diponegoro – PT PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY, 2011.