

## Makalah Seminar Tugas Akhir

# SIMULASI PENGEMBANGAN TRAFO DISTRIBUSI BERDASARKAN PERTUMBUHAN BEBAN MENGGUNAKAN MODEL DKL 3,2 DAN SOFTWARE ETAP 7.0.0 TAHUN 2012 – 2016 DI UPJ BATANG

Dhimas Mahardhika.<sup>[1]</sup>, Agung Nugroho<sup>[2]</sup>, Tejo Sukmadi<sup>[2]</sup>.  
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jln. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

### Abstract

*Electric energy infrastructure as one of the livelihood of the people concerning the distribution of electrical energy must be able to guarantee in an amount sufficient, reasonable price and good quality. Electrical energy demand will increase in line with regional economic development and population growth and the growth of electric power loads. And It need forecasting electrical energy within a period of 5 years and doing physical development. One of them, the development of distribution transformers to help electrical service to the new customers. In meeting the increasing electricity, then implemented the development of distribution networks. In the development of distribution networks, it would require the development of distribution transformers. In the development of distribution transformers, electricity demand forecasting needs to be done to get the load growth.*

*Forecasting model used is using the DKL 3.2 model. After getting the results of load growth (KVA) with DKL 3,2 model, then divided according to the needs of growth so that the load can be simulated to ETAP 7.0.0 software simulates previously existing in 2011 as the basis of the development of distribution transformers in 2012 to 2016 from result study in PT PLN Persero UPJ Batang.*

*From the calculation of the development of distribution transformers based on load growth forecasting results DKL model 3.2, it was found that the number of placements the development of distribution transformers based on land-use map of the area which is then divided in accordance with the development of the existing load growth. Showed that the number and type distribution transformers capacity development each year is different. From 2012 to 2016, there were variations in the number and type of capacity transformer including transformer 1 phase 50 KVA, 3 phase 50 and 100 KVA, and also the replacement transformer or upgrading of transformer 1 phase 25 to 50 KVA. After simulated using ETAP 7.0.0, the losses of energy development in 2012 to 2016 has increased gradually due to the load growth. But there are some feeders whose load to be cut, so that the losses value of energy to be down.*

**Keywords:** *Diistribution of electric energy, Load forecasting, DKL 3.2, ETAP 7.0.0, Development of distribution transformers*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

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.

Sehubungan dengan hal tersebut, maka dilakukan pengembangan trafo distribusi di UPJ Batang pada tahun 2012 sampai dengan tahun 2016 dengan menggunakan model peramalan DKL 3,2 dan menganalisa data pengembangan trafo distribusi menggunakan ETAP 7.0.0 dalam Tugas Akhir ini.

### 1.2 Tujuan

Tujuan pembuatan tugas akhir ini, yaitu :

1. Menggambarkan kondisi PDRB, Rumah tangga, Penduduk, dan Energi Listrik UPJ Batang saat ini.
2. Menghitung kebutuhan beban energi listrik UPJ Batang atas dasar tuntutan perkembangan zaman dan kebutuhan pembangunan di masa mendatang menggunakan Model DKL 3,2.
3. Mengembangkan jaringan distribusi UPJ Batang berdasarkan hasil *losses* dan *voltage drop*.
4. Mengembangkan hasil peramalan kebutuhan beban (KVA) sebagai pengembangan trafo distribusi untuk penyulang di UPJ Batang.

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP Semarang

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP Semarang

### 1.3 Pembatasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Area yang diproyeksikan dalam tugas akhir ini adalah UPJ Batang.
2. Hanya menggunakan model peramalan DKL 3,2 dalam memproyeksikan energi listrik tahun 2012 – 2016.
3. Data energi listrik yang digunakan adalah data perusahaan listrik di UPJ Batang tahun 2006 - 2010.
4. Data PDRB, Peta Autocad, dan Tata Guna Lahan yang digunakan adalah data Kabupaten Batang.
5. Pengembangan trafo distribusi hanya disesuaikan dengan total jumlah KVA hasil peramalan saja, tidak memperhitungkan pembagian rata jumlah KVA tersebut.
6. ETAP 7.0.0 hanya menganalisa hasil pengembangan trafo distribusi berdasarkan hasil *losses* energi dan *voltage drop*.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 PT PLN Persero UPJ Batang

UPJ Batang merupakan Unit Pelayanan Jaringan wilayah Batang dari PT PLN Persero yang melayani segala kebutuhan penyaluran energi listrik kepada masyarakat. Unit Pelayanan Jaringan Batang (UPJ Batang) merupakan salah satu wilayah kerja dari Area Pelayanan Jaringan Pekalongan (APJ Pekalongan).UPJ Batang disuplai oleh 1 GI yakni GI Batang.

### 2.2 Sistem Distribusi Daya Listrik

#### 2.2.1 Pengertian umum

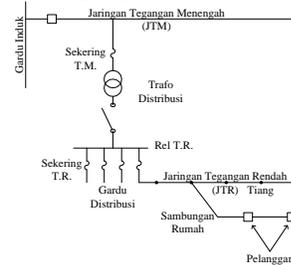
Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah; 1) pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan 2) merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

#### 2.2.2 Bagian Sistem Distribusi

Adapun bagian-bagian dari sistem distribusi tenaga listrik adalah:

1. Gardu Induk Distribusi
2. Jaringan Primer (JTM)
3. Transformator Distribusi
4. Jaringan Sekunder (JTR)

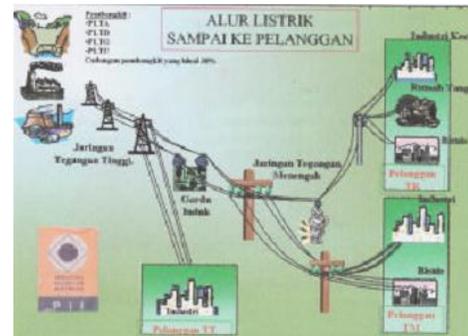
Dalam hal ini tegangan menengah sistem distribusi adalah 20 kV dan tegangan rendahnya 380/220 V.



Gambar 1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

### 2.3 Kebutuhan Penyaluran Energi listrik

Untuk proses pengiriman tenaga listrik terdiri dari berbagai persoalan teknis, tenaga listrik hanya dibangkitkan pada tempat-tempat tertentu saja.



Gambar 2 Proses pengiriman tenaga listrik

Kebutuhan energi listrik akan meningkat sejalan dengan perkembangan ekonomi daerah dan pertumbuhan penduduk. Semakin meningkatnya ekonomi pada suatu daerah maka konsumsi energi listrik juga akan meningkat. Disamping itu, perkembangan energi listrik juga dipengaruhi oleh faktor perkembangan penduduk dalam pengertian jumlah rumah tangga yang akan dilistriki. Sehingga PT PLN Persero UPJ Batang melakukan peramalan kebutuhan energi listrik dalam kurun waktu 5 tahun.

### 2.4 Peramalan Beban Energi Listrik

Peramalan energi listrik sangat diperlukan untuk memperkirakan kebutuhan energi listrik beberapa tahun kedepan. Peramalan pada dasarnya merupakan suatu dugaan atau prakiraan mengenai terjadinya suatu kejadian atau peristiwa dimasa yang akan datang. Data yang mendasari adanya peramalan yakni :

1. Data Perusahaan.
2. PDRB.
3. Jumlah Rumah Tangga & Penduduk.

## 2.5 Beban

Pengelompokan Beban menurut PT PLN Persero pembagian pengelompokan beban berdasarkan kelompok pelanggan yang terdiri dari :

1. Sektor Rumah Tangga.
2. Sektor Komersial.
3. Sektor Industri.
4. Sektor Publik

## 2.6 Software ETAP 7.0.0

Software ETAP atau *Power Satation* adalah suatu program atau perangkat lunak yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan sistem ketenagalistrikan. Dengan menggunakan software Etap dapat memodelkan analisis aliran daya (*load Flow*), kita dapat menghitung aliran daya, tegangan pada sistem tenaga,

## 2.7 Perencanaan Pengembangan Saluran Distribusi

Perencanaan sistem distribusi energi listrik merupakan bagian yang esensial dalam mengatasi pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang cukup pesat. Perencanaan diperlukan sebab berkaitan dengan tujuan pengembangan sistem distribusi yang harus memenuhi beberapa kriteria teknis dan ekonomis.

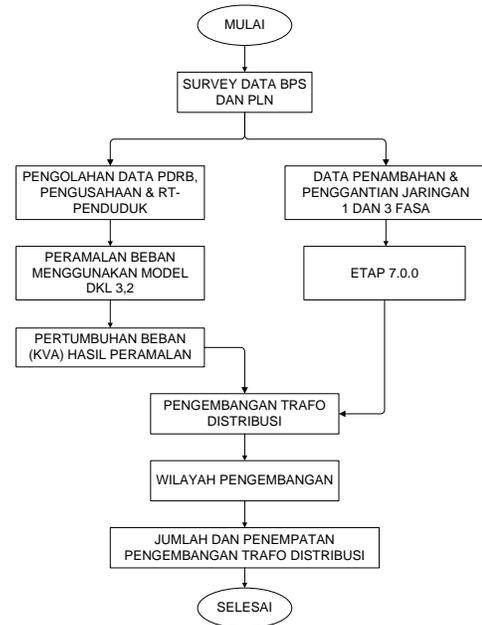
## 2.8 Pengembangan Trafo Distribusi

Dalam pengembangan trafo distribusi listrik, maka beberapa kriteria perencanaan yang dipergunakan adalah nilai *losses* energi sebagai batasan maksimal yakni 3,77% dan untuk nilai dasar batasan *voltage drop* maksimal 5,5% sesuai dengan standar yang berlaku di PLN.

Pengembangan trafo distribusi dilaksanakan berdasarkan hasil peramalan yang dilakukan menggunakan model DKL 3,2. Sehingga jumlah dan kapasitas pengembangan transformator akan lebih jelas sesuai dengan kebutuhan pengembangan.

## III. METODOLOGI 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 dibawah.



Gambar 3 Flowchart Pengembangan Trafo Distribusi

## 3.1 Survey dan Pengolahan Data

*Survey* data adalah pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penyusunan laporan ini. Data-data dapat berasal dari instansi-instansi seperti Badan Pusat Statistik (BPS) dan Perusahaan Listrik Negara (PLN) ataupun sumber-sumber lain. Pengolahan data adalah pengubahan data-data yang telah di *survey* sehingga dapat dimasukkan ke dalam model DKL 3,2.

## 3.2 Hasil Pengolahan Data

### 3.2.1 Data RT-PDD Kabupaten Batang

Berikut adalah data perusahaan listrik UPJ Batang yang didapat dari sumber PT PLN Persero UPJ Batang :

Tabel 1 Data Rumah Tangga Kabupaten Batang

No.	KECAMATAN	JML DS	Tahun					
			2006	2007	2008	2009	2010	
			RT	RT	RT	RT	RT	
1	BATANG	21	24.948	24.930	25.167	25.258	25.194	
2	WONOTUNGGAL	16	8.073	8.091	7.443	7.508	7.499	
3	BANDAR	20	15.167	15.305	13.365	13.480	13.443	
4	ELADO	21	21.150	11.078	9.074	9.140	9.140	
5	REBAN	21	10.142	10.177	8.734	8.771	8.788	
6	BAWANG	20	11.950	12.016	12.080	12.162	12.127	
7	TERSONO	23	10.950	10.971	9.148	9.192	9.228	
8	LIMPUNG	22	15.005	15.044	10.043	10.062	10.057	
9	SUBAH	18	16.697	16.736	12.262	12.285	12.254	
10	TULIS	16	14.890	14.996	8.412	8.472	8.415	
11	WARUNGASEM	18	9.894	9.978	10.037	10.117	10.072	
12	GRINDING	15	14.862	14.849	14.249	14.275	14.283	
13	KANDEMAN	13	9.846	9.896	9.945	10.012	9.992	
14	PECALUNGAN	10	7.031	7.043	7.051	7.078	7.081	
15	BANYUPUTIH	11	8.066	8.087	8.145	8.210	8.149	
JUMLAH			265	168.671	169.197	170.175	171.022	175.722

Sumber : Kabupaten Batang Dalam Angka Tahun 2006 - 2010

**Tabel 2 Data Penduduk Kabupaten Batang**

No.	Tahun		2006	2007	2008	2009	2010
	KECAMATAN	JML DS	PDD	PDD	PDD	PDD	PDD
1	BATANG	21	109.271	109.462	110.484	110.876	111.209
2	WONOTUNGGAL	16	34.685	34.965	32.107	32.392	32.617
3	BANDAR	20	68.997	69.616	61.375	61.920	62.308
4	BLADO	21	48.427	48.885	40.401	40.703	40.986
5	REBAN	21	41.819	42.165	36.333	36.448	36.731
6	BAWANG	20	50.113	50.711	50.989	51.333	51.364
7	TERSONO	23	41.571	41.746	35.915	36.084	36.349
8	LIMPUNG	22	60.492	57.920	40.615	40.698	40.809
9	SUBAH	18	64.525	60.759	47.597	47.685	47.686
10	TULIS	16	66.286	66.789	34.613	34.883	34.998
11	WARUNGASEM	18	46.095	46.647	47.020	47.583	47.937
12	GRINDING	15	57.853	57.920	54.335	55.318	55.528
13	KANDEMAN	13	32.625	32.443	32.625	32.895	33.031
14	PECALUNGAN	10	44.673	44.896	45.200	45.511	45.919
15	BANYUPUTIH	11	29.124	29.346	29.496	29.615	29.835
JUMLAH		265	796.556	794.270	699.105	703.944	707.307

Sumber : Kabupaten Batang Dalam Angka Tahun 2006 - 2010

### 3.2.2 Data Pengusahaan UPJ Batang

**Tabel 3 Data Pengusahaan UPJ Batang**

TAHUN	2006	2007	2008	2009	2010
<b>KUMAH TANJUNGA</b>					
Jumlah Rumah Tangga	168.671	169.197	170.175	171.022	172.722
Rasio Rasio (kWh) (%)	36,04	39,40	60,89	63,78	65,79
Jumlah Pelanggan	64.225	100.306	103.767	109.089	114.618
- Daya selangin (KVA)	12.273	5.981	3.281	5.302	6.527
Daya Semambung / Pd (VA)	59.237,00	68.043,00	68.539,00	71.874,00	90.184,00
Konsumsi Energi / Mwh	7.921,78	8.410,93	9.251,24	9.814,42	10.090,77
- Potensi (kWh)	5,63	7,37	8,67	2,82	
Konsumsi Energi / Pd (kWh)	84,24	83,69	87,02	89,97	87,28
<b>INDUSTRI</b>					
Jumlah Pelanggan	1.785	1.931	2.028	2.205	2.900
- Daya selangin (KVA)	57	148	95	177	97
Daya Semambung / Pd (VA)	4.694,50	5.528,60	6.009,00	6.717,70	6.746,20
Konsumsi Energi / Mwh	2.652,92	2.759,50	3.045,97	3.049,54	2.924,00
Konsumsi Energi / Pd (kWh)	6.657,83	7.480,92	9.316,92	11.563,22	10.841,75
- Potensi (kWh)		12,36	24,68	23,97	-7,96
<b>UMUM</b>					
Jumlah Pelanggan	4.212	4.463	4.620	4.766	5.012
- Daya selangin (KVA)	348	251	157	146	246
Daya Semambung / Pd (VA)	5.714,40	6.139,50	6.859,00	7.245,30	6.483,70
Konsumsi Energi / Mwh	1.356,70	1.375,64	1.454,63	1.541,19	1.666,69
Konsumsi Energi / Pd (kWh)	10.170,76	12.565,58	12.500,27	13.931,08	14.846,24
- Potensi (kWh)		23,55	-0,52	11,45	6,58
<b>INDUSTRI</b>					
Jumlah Pelanggan	40	42	42	42	44
- Daya selangin (KVA)	0	3	-1	0	2
Daya Semambung / Pd (VA)	4.285	3.119	3.108	3.054	2.982
Konsumsi Energi / Mwh	102.262	49.262	50.203	48.901	46.555
Konsumsi Energi / Pd (kWh)	66.657,39	84.916,24	85.170,52	85.576,90	84.670,38
- Potensi (kWh)		27,39	0,30	0,48	-1,06
<b>TOTAL</b>					
Jumlah Pelanggan	100.560	106.945	110.475	116.100	122.972
Daya Semambung (KVA)	73.790	76.670	83.501	85.991	107.426
Konsumsi Energi / Mwh	91.449	113.373	116.019	120.885	120.251
- Potensi (kWh)		23,97	2,34	4,19	-0,52

Sumber : PT PLN Persero UPJ Batang

### 3.2.3 Data PDRB Kabupaten Batang

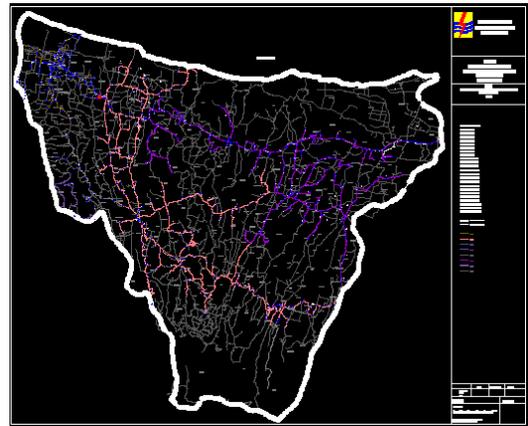
**Tabel 4 Data PDRB Kabupaten Batang**

No	Tahun	2006	2007	2008	2009	2010
1	PERTANIAN	528.306,92	341.316,98	563.316,98	588.935,82	605.312,84
2	PERTAMBANGAN DAN PENGALIAN	26.901,39	27.493,30	28.090,33	28.679,08	29.960,04
3	INDUSTRI PENGOLAHAN	580.360,54	583.043,70	593.024,34	606.302,42	619.606,21
4	LISTRIK, GAS DAN AIR MINUM	15.230,23	18.857,98	19.720,09	20.033,23	21.238,49
5	BANGUNAN	115.423,23	120.804,10	127.569,41	133.589,68	139.410,30
6	PERDAGANGAN, HOTEL DAN RESTORAN	329.633,30	337.360,56	348.461,67	357.797,43	373.744,87
7	PENGANGKUTAN DAN KOMUNIKASI	73.929,39	75.669,98	77.696,67	79.935,44	84.963,21
8	KEUANGAN, PERSEWAAN & JASA PERUSAHAAN	69.827,98	73.400,62	77.713,76	82.337,54	85.668,57
9	JASA-JASA	332.963,63	244.412,62	257.414,37	271.759,91	290.691,98
TOTAL		1.972.776,84	2.022.381,80	2.093.910,34	2.169.494,58	2.230.616,81

Sumber : Kabupaten Batang Dalam Angka Tahun 2006 - 2010

### 3.3 Jaringan Distribusi UPJ Batang

Jaringan distribusi di wilayah UPJ Batang terdiri dari 6 penyulang yang masing-masing disuplai dari gardu induk. Masing-masing penyulang itu adalah penyulang BTG 01, BTG 02, BTG 03, BTG 04 BTG 06 dan BTG 07 yang disuplai dari gardu induk Batang. Wilayah operasi UPJ Batang dapat dilihat pada gambar peta wilayah dan single line diagram di bawah ini.



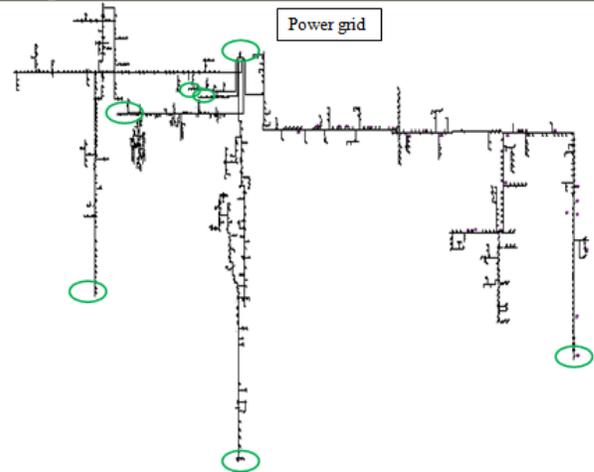
Gambar 4 Peta Jaringan Wilayah Kabupaten Batang

**Tabel 5 Panjang Jaringan SUTM UPJ Batang**

NO	PENYULANG	PANJANG JTM (KMS)	
		3 PHASA	1 PHASA
1	BTG-01	35.825	47.900
2	BTG-02	80.950	240.092
3	BTG-03	10.100	8.780
4	BTG-04	3.850	-
5	BTG-06	13.400	143.830
6	BTG-07	58.500	222.350

### 3.4 Data Eksisting UPJ Batang

Penggambaran jaringan eksisting menggunakan simulasi software ETAP 7.0.0 yaitu sebagai berikut :



Gambar 5 Penggambaran Jaringan GI Batang ETAP 7.0.0

SUMMARY OF TOTAL GENERATION , LOADING & DEMAND

	Phase	MW	Mvar	MVA	% PF
Source (Swing Buses):	A	2.493	2.275	3.376	73.87 Lagging
	B	2.815	1.731	3.304	85.18 Lagging
	C	3.126	2.281	3.870	80.77 Lagging
Source (Non-Swing Buses):	A	0	0	0	
	B	0	0	0	
	C	0	0	0	
Total Demand:	A	2.493	2.275	3.376	73.87 Lagging
	B	2.815	1.731	3.304	85.18 Lagging
	C	3.126	2.281	3.870	80.77 Lagging
Apparent Losses:	A	-0.611	0.406		
	B	0.567	0.309		
	C	0.411	0.273		
System Mismatch:		0.000	0.000		

$$LOSSES = \frac{\sum APPARENTLOSSES}{\sum TOTALDEMAND} \times 100\%$$

$$= \frac{0.367}{8.434} \times 100\% = 4.351 \%$$

**DROP VOLTAGE** = % TEGANGAN PD GI - % TEGANGAN PALING UJUNG

$$= 100 \% (20,1 \text{ KV}) - 92,5\% (18,549 \text{ KV})$$

$$= 7,95\% (3,19 \text{ KV})$$

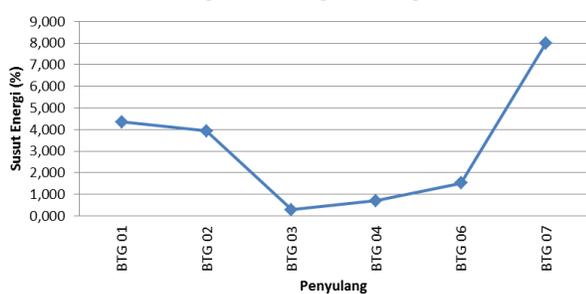
Hasil simulasi tersebut akan menampilkan tegangan di ujung penyulang yang nantinya akan dibandingkan dengan hasil pengukuran.

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

Tabel 6 Susut Energi Eksisting GI Batang 2011

NO	GARDU INDUK	FEEDER	PANJANG KMS	LOSSES (%)						
				TOTAL DEMAND			APPARENT LOSSES			TOTAL LOSSES
				A	B	C	A	B	C	
1	BATANG	BTG 1	83.4	2.493	2.815	3.126	-0.611	0.567	0.411	4.351
		BTG 2	206.35	2.94	2.772	2.784	0.131	-0.044	0.247	3.931
		BTG 3	18.53	0.945	0.871	1.046	-0.177	0.005	0.18	0.280
		BTG 4	3.85	2.565	2.565	2.565	0.018	0.018	0.018	0.702
		BTG 6	157.23	1.702	1.555	1.53	0.169	-0.165	0.069	1.525
		BTG 7	205.7	2.435	2.4	2.413	0.224	0.177	0.178	7.988

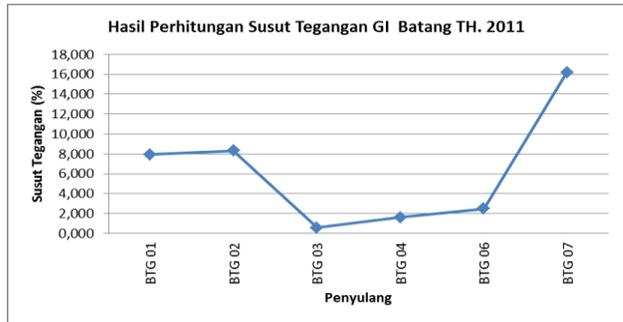
Hasil Perhitungan Susut Energi GI Batang TH. 2011



Gambar 6 Grafik hasil susut energi GI Batang 2011

Tabel 7 Susut Tegangan Eksisting GI Batang 2011

NO	PENYULANG	TEGANGAN PANGKAL (KV)	TEGANGAN UJUNG (KV)	JATUH TEGANGAN (%)	HASIL EVALUASI
1	BTG-01	20.152	18.549	7.955	Tidak Memenuhi Syarat
2	BTG-02	20.116	18.443	8.317	Tidak Memenuhi Syarat
3	BTG-03	20.111	19.997	0.567	Memenuhi Syarat
4	BTG-04	20.105	19.779	1.621	Memenuhi Syarat
5	BTG-06	20.112	19.615	2.471	Memenuhi Syarat
6	BTG-07	20.145	16.879	16.212	Tidak Memenuhi Syarat



Gambar 7 Grafik hasil susut tegangan GI Batang 2011

Dari tabel diatas secara keseluruhan ada beberapa feeder yang yang tidak memenuhi syarat (maksimum 5,5 %), hal ini ada kemungkinan diakibatkan oleh :

- Jaringan terlalu panjang.
- Beban yang dilayani pada jaringan tersebut terlalu besar.
- Penampang konduktor yang kecil.

### 3.5 Pembuatan Peramalan beban menggunakan Model DKL 3,2

Sesuai dengan rumus DKL 3,2, maka langsung diramalkan kebutuhan pertumbuhan bebannya berdasarkan hasil parameter data teknis PLN tersebut, diantaranya data perusahaan, data PDRB, data rumah tangga dan penduduk, serta peta tata guna lahan. Sehingga didapat hasil peramalannya sebagai berikut :

Calendar Year	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018
Total Population (P)	794.516,0	794.770,0	699.100,0	703.944,0	707.907,0	710.702,0	714.110,0	717.841,0	720.983,0	724.446,0	727.923,0	731.923,0
Domestic Rate (%)	0,3	1,2	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Domestic of Total GDP (%)	3,31	3,30	3,61	3,74	3,74	3,77	3,78	3,79	3,80	3,80	3,82	3,82
Electrification Rate (%)	56,8	59,4	61,8	63,8	65,3	67,1	68,4	69,7	71,1	72,5	74,0	74,8
Energy Sales (MWh)	91.448,8	113.372,7	116.028,8	120.884,6	128.259,9	132.803,8	131.738,2	138.896,6	144.917,7	152.149,9	160.141,1	168.141,1
Domestic Rate (%)	45,8	44,0	44,0	42,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Commercial	5.607,9	7.480,9	9.353,9	11.226,9	13.100,0	14.973,0	16.846,0	18.719,0	20.592,0	22.465,0	24.338,0	26.211,0
Public	10.176,8	12.050,0	13.923,2	15.796,4	17.669,6	19.542,8	21.416,0	23.289,2	25.162,4	27.035,6	28.908,8	30.782,0
Industrial	66.664,1	84.912,0	92.751,7	98.861,3	107.490,3	116.120,8	124.750,8	133.380,8	142.010,8	150.640,8	159.270,8	167.900,8
Power Connected (KVA)	73.799,4	78.670,2	83.541,0	88.411,8	93.282,6	98.153,4	103.024,2	107.895,0	112.765,8	117.636,6	122.507,4	127.378,2
Commercial	22.287,0	24.000,0	25.713,0	27.426,0	29.139,0	30.852,0	32.565,0	34.278,0	35.991,0	37.704,0	39.417,0	41.130,0
Public	37.144,4	41.390,8	45.637,2	49.883,6	54.130,0	58.376,4	62.622,8	66.869,2	71.115,6	75.362,0	79.608,4	83.854,8
Industrial	4.044,5	2.119,1	2.109,4	2.097,8	2.086,2	2.074,6	2.063,0	2.051,4	2.039,8	2.028,2	2.016,6	2.005,0
Number of Customer	100.669	106.249	111.829	117.409	122.989	128.569	134.149	139.729	145.309	150.889	156.469	162.049
Commercial	44.522	47.000	49.478	51.956	54.434	56.912	59.390	61.868	64.346	66.824	69.302	71.780
Public	1.783	1.931	2.079	2.227	2.375	2.523	2.671	2.819	2.967	3.115	3.263	3.411
Industrial	412	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480	480

Gambar 8 Hasil Peramalan Model DKL 3,2

Berdasarkan hasil peramalan model DKL 3,2 tersebut, dapat dihasilkan bahwa kebutuhan beban KVA untuk 5 tahun kedepan semakin meningkat. Selisih antara KVA tahun 2012 dengan

2011 menghasilkan kebutuhan beban KVA pada tahun 2012. Artinya penambahan trafo distribusi dapat dilihat dari selisih jumlah KVA pertahun tsb.

Berikut adalah hasil selisih penambahan beban KVA tiap tahunnya :

1. Tahun 2012 : 894,9 KVA
2. Tahun 2013 : 1030,9 KVA
3. Tahun 2014 : 1159,6 KVA
4. Tahun 2015 : 1285,7 KVA
5. Tahun 2016 : 1408,3 KVA

#### IV. PEMBAHASAN DAN ANALISA

##### 4.1 Kinerja Trafo Distribusi UPJ Batang

Dari hasil survey pada bulan Juli tahun 2011, didapat jumlah trafo yang sudah *overload* dan perlu di-*upgrade* seiring dengan pertumbuhan beban, terlihat pada tabel dibawah ini :

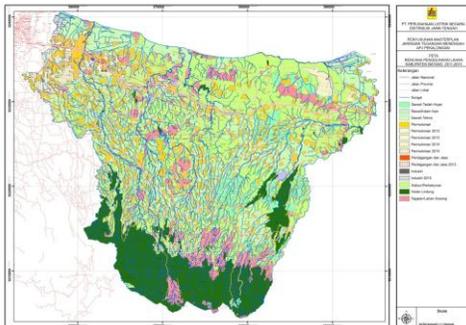
Tabel 8 Data jumlah trafo distribusi UPJ Batang

NO	PENYULANG	JUMLAH TRAF0 TERPASANG														JMLH	TOTAL KVA		
		TRAF0 1 PHASA					TRAF0 3 PHASA												
		10	15	25	50	100	160	200	250	315	400	630	1200	1400	1500	2500	4500		
1	BTG 1	2	2	94	168	14	5	8	2	1	1	2						299	15590
2	BTG 2	1	5	436	200	7	2	1	1	1	1	1	1	1				656	25050
3	BTG 3		1	13	7	4	2		2	1	1	1						32	3255
4	BTG 4														2	1	2	5	14500
5	BTG 6	2		156	91	8	1	1	2									261	10130
6	BTG 7	5	223	146	4	14	1	2	4				2	1				402	18570
TOTAL UPJ BATANG																		1655	87095

Dari tabel tersebut maka dapat diketahui bahwa masih terdapatnya trafo 1 fasa dengan kapasitas 10 KVA, 15 KVA dan 25 KVA. Hal ini didasari dengan pertumbuhan beban bertambah, maka trafo yang kapasitasnya relatif kecil seharusnya segera di *upgrade* /diganti yang baru.

##### 4.2 Pengembangan Trafo Distribusi

Setelah hasil tersebut didapat, maka bisa mengacu kepada tata guna lahan untuk mengembangkan dan menempatkan trafo distribusi tersebut yang sesuai dengan kebutuhan dan kriteria. Hal ini disebabkan karena ada sebagian penyulang yang sudah melebihi kriteria. Dan perlu ditambahkan pengembangan jaringan tersebut. Kriteria untuk penempatan penambahan trafo distribusi, bisa melihat di album tata guna lahan pengembangan dibawah ini.



Gambar 9 Tata Guna Lahan Kabupaten Batang

Peta tata guna lahan tersebut digunakan untuk mengetahui perkembangan wilayah Kabupaten Batang untuk 5 Tahun kedepan yakni Tahun 2012 – 2016. Dimana terdapat perkembangan industri dan perumahan yang sangat pesat, sehingga pertumbuhan beban akan semakin meningkat. Peta wilayah perkembangan UPJ Batang harus diperhatikan beberapa sektor diantaranya sektor pertanian, perindustrian, perdagangan, dan sektor – sektor lain yang ada didalam Pertumbuhan Domestik Regional Bruto (PDRB).

##### 4.3 Wilayah pengembangan trafo distribusi

Berikut adalah pembagian tiap *feeder* yang mengalami penambahan dan penggantian trafo distribusi di UPJ Batang yang selanjutnya disimulasikan ke dalam *software* ETAP 7.0.0.

Tabel 9 Penambahan & Upgrade Trafo UPJ Batang 2012

No	Feeder	Lokasi	KVA
1	BTG 01	Ds. Denasi Wetan	50
2	BTG 01	Kel.Kasepuhan	50
3	BTG 01	JL. Dr.Cipto	50
4	BTG 01	JL. Dr.Cipto	50
5	BTG 01	JL. Jenderal Sudirman	50
6	BTG 02	Ds. Wonosegoro	50
7	BTG 02	Ds. Banjar Batang	50
8	BTG 02	Ds. Wonokerto Bdr	50
9	BTG 07	Ds. Penundan Bp	50
10	BTG 07	Ds. Banaran BP	50
11	BTG 07	Ds. Tersono	50
12	BTG 07	Ds. Kranggan Trs	50
13	BTG 07	Ds. Kranggan Trs	50
14	BTG 07	Ds. Tersono	50
15	BTG 07	Ds. Tersono	50
16	BTG 07	Ds. Banyuputih	50
17	BTG 07	Ds. Tersono	50
18	BTG 07	Ds. Banyuputih	50

Tabel 10 Penambahan & Upgrade Trafo UPJ Batang 2013

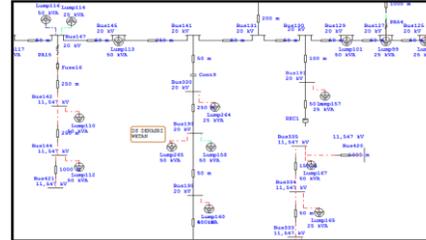
No	Feeder	Lokasi	KVA
1	BTG 01	Denasi Kidul	25 -> 50
2	BTG 01	Karang Anyar	3 x 50
3	BTG 01	Denasi Wetan	25 -> 50
4	BTG 02	Tegal Sari	25 -> 50
5	BTG 02	Kaputon	50
6	BTG 02	Surjo	25 -> 50
7	BTG 02	Sidoarjo	25 -> 50
8	BTG 02	Comperang	50
9	BTG 02	Gondang	25 -> 50
10	BTG 02	Wingin Gantung	25 -> 50
11	BTG 02	Tambak Boyo	25 -> 50
12	BTG 06	Siwatu	25 -> 50
13	BTG 06	Pesaren	25 -> 50
14	BTG 06	Wonotunggal	25 -> 50
15	BTG 07	Rowosari	50
16	BTG 07	Kutosari	25 -> 50
17	BTG 07	Kebumen	25 -> 50
18	BTG 07	Tegal Omba	25 -> 50
19	BTG 07	Tulis	25 -> 50
20	BTG 07	Banaran	50
21	BTG 08	Clapar	50
22	BTG 08	Subah	50
23	BTG 10	Proyonanggan	50
24	BTG 10	Binangun	50
25	BTG 10	Denasti kulon	50
26	BTG 10	Candi Areng	50
27	BTG 10	Cokro	50

**Tabel 11 Penambahan & Upgrade Trafo UPJ Batang 2014**

No	Feeder	Lokasi	KVA
1	BTG 01	Denasti Kulon	50
2	BTG 01	Denasti Kulon	50
3	BTG 01	Denasri Wetan	3 x 100
4	BTG 02	Cempereng	50
5	BTG 02	Jlamprang	25 -> 50
6	BTG 02	Tambak Boyo	50
7	BTG 06	Wates	25 -> 50
8	BTG 06	Posong	25 -> 50
9	BTG 07	Luwung	25 -> 50
10	BTG 07	Banyuputih	50
11	BTG 07	Tegal Ombo	50
12	BTG 08	Tegal Sari	50
13	BTG 08	Jatisari	50
14	BTG 08	Simbang Jati	3 x 50
15	BTG 08	Adinuso	50
16	BTG 09	Sambong	50
17	BTG 10	Sariglayah	50
18	BTG 10	Wonotunggal	50



**Gambar 10 Peta Pengembangan Trafo Distribusi BTG 01 Ds Denasri Wetan Tahun 2012**



**Gambar 11 Simulasi ETAP Pengembangan Trafo Distribusi BTG 01 Ds Denasri Wetan Tahun 2012**

**Tabel 12 Penambahan & Upgrade Trafo UPJ Batang 2015**

No	Feeder	Lokasi	KVA
1	BTG 01	Denasti Kulon	3 x 100
2	BTG 01	Denasti Kulon	50
3	BTG 01	Denasti Kulon	50
4	BTG 01	Terban	50
5	BTG 02	Tegal Sari	50
6	BTG 02	Pretek	50
7	BTG 02	Randu	50
8	BTG 02	Tulis	25 -> 50
9	BTG 07	Pasaren	50
10	BTG 07	Wonosobo	25 -> 50
11	BTG 07	Ploso Wangi	50
12	BTG 07	Banyuputih	50
13	BTG 07	Timbang	50
14	BTG 08	Tegal Sari	50
15	BTG 08	Jrakah Payung	3 x 50
16	BTG 09	Sambong	50
17	BTG 10	Candi Arang	50
18	BTG 10	Tambak Rojo	3 x 50
19	BTG 10	Siwatu	50

Begitu juga untuk penambahan dan *upgrade* trafo distribusi wilayah lainnya. Sehingga didapatkan hasil perhitungan *drop voltage* dan *losses* energinya yakni sebagai berikut :

**Tabel 14 Hasil Susut Tegangan Tahun 2012 - 2016**

FEEDER	DROP TEGANGAN (%)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BTG 01	8,0	7,0	7,1	7,3	5,0	5,2
BTG 02	8,3	5,4	5,7	6,2	7,0	5,1
BTG 03	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,1
BTG 04	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
BTG 06	2,5	2,5	2,5	2,7	0,4	0,4
BTG 07	16,2	3,5	5,6	6,7	3,3	3,5
BTG 08	-	4,6	4,8	5,1	5,3	5,9
BTG 09	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
BTG 10	-	4,5	4,9	5,2	5,5	4,7
BTG 11	-	-	2,2	2,3	2,3	2,4
BTG 12	-	-	-	-	1,0	1,2
BTG 13	-	1,6	1,6	2,1	2,4	2,5

**Tabel 13 Penambahan & Upgrade Trafo UPJ Batang 2016**

No	Feeder	Lokasi	KVA
1	BTG 01	Denasti Kulon	3 x 100
2	BTG 02	Boto Lambak	50
3	BTG 02	Bawang	50
4	BTG 02	Bati Ombo	50
5	BTG 02	Sangubanyu	50
6	BTG 02	Sidoarjo	25 -> 50
7	BTG 02	Bawang	50
8	BTG 02	Wonokerto	50
9	BTG 06	Sidoarjo	25 -> 50
10	BTG 06	Proyonangan	50
11	BTG 06	Denasti Kulon	50
12	BTG 07	Sembung	50
13	BTG 07	Banaran	50
14	BTG 07	Subah	3 x 100
15	BTG 07	Koborangan	25 -> 50
16	BTG 08	Jrakah Payung	50
17	BTG 08	Kandeman	50
18	BTG 08	Bakalan	50
19	BTG 09	Tegal Sari	50
20	BTG 10	Kalitalak	50
21	BTG 10	Tumbreb	50
22	BTG 10	Sendang	50

**Tabel 15 Hasil Susut Energi Tahun 2012 - 2016**

FEEDER	TOTAL LOSSES (%)					
	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BTG 01	4,4	4,4	4,4	4,5	3,5	3,5
BTG 02	3,9	2,6	2,7	2,9	3,3	2,7
BTG 03	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5
BTG 04	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
BTG 06	1,5	1,5	1,5	1,6	1,0	1,0
BTG 07	8,0	3,5	4,6	5,2	2,0	1,9
BTG 08	-	3,8	3,8	3,9	3,8	3,8
BTG 09	-	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5
BTG 10	-	3,1	3,0	3,1	3,1	2,7
BTG 11	-	-	1,5	1,7	1,7	1,7
BTG 12	-	-	-	-	3,4	3,6
BTG 13	-	4,8	4,8	4,7	4,7	3,7

#### 4.4 Simulasi pengembangan trafo distribusi

Dari hasil penempatan wilayah tersebut, maka disimulasikan ke ETAP 7.00, sebagai contoh :

Dari Tabel tersebut, terlihat bahwa terdapat peningkatan dalam perhitungan *Losses* dan *drop voltage* dari tahun 2012 sampe 2016. Tapi ada juga sebagian feeder yang mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena :

1. Penyulang yang sudah melebihi kriteria akan dipotong atau dipindah ke *feeder* baru sehingga dapat membantu feeder yang sudah melebihi kriteria tersebut.
2. Penyulang yang masih baik, akan mengalami peningkatan *Losses* dan *voltage drop* karena terjadinya pertumbuhan beban yang didasari oleh tata guna lahan tersebut.
3. Penyulang yang ada yang masih baik *Losses* dan *voltage drop*nya, biasanya membantu sedikit demi sedikit penyulang lain agar bisa memperbaiki *Losses* dan *voltage drop*nya tersebut yang disebabkan penambahan beban dan jaringan.

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Model peramalan DKL 3,2 merupakan model yang disusun secara sederhana dan cara penggunaannya sangat mudah sehingga digunakan PLN untuk menyusun peramalan kebutuhan listrik sebagai pendukung dasar pengembangan trafo distribusi menggunakan *Software* ETAP atau *Power Satation*, dimana merupakan suatu program atau perangkat lunak yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan sistem ketenagalistrikan dimana dengan menggunakan *software* ETAP dapat memodelkan analisis aliran daya (*load Flow*), kita dapat menghitung aliran daya, tegangan pada sistem tenaga, *drop voltage*, *losses* dan lain-lain..
2. Berdasarkan simulasi *software* ETAP 7.0.0, hasil simulasi *eksisting* susut energi / *losses* di GI Batang pada penyulang BTG 01, BTG 02, BTG 03, BTG 04, BTG 06, dan BTG 07 adalah 4,351%, 3,779%, 0,454%, 0,663%, 4,047%, dan 8,009% pada *eksisting* tahun 2011, sedangkan hasil simulasi *eksisting* susut tegangan / *drop voltage* di GI Batang pada penyulang BTG 01, BTG 02, BTG 03, BTG 04, BTG 06, dan BTG 07 adalah 11,3%, 8,0%, 2,6%, 4,2%, 9,9%, dan 19,8% pada *eksisting* tahun 2011.
3. Hasil selisih penambahan beban daya tersambung (KVA) berdasarkan peramalan DKL 3,2 untuk tahun 2012, 2013, 2014, 2015

dan 2016 adalah 894,9 KVA, 1030,9 KVA, 1159,6 KVA, 1285,7 KVA, dan 1408,3 KVA.

4. Penambahan penyulang baru di GI batang difungsikan supaya membantu penyulang yang sudah ada yang melebihi kriteria, diantaranya penyulang BTG 08 yang membantu BTG 02 & 07, penyulang BTG 09 yang membantu BTG 01, penyulang BTG 10 yang membantu BTG 02, penyulang BTG 11 & BTG 13 yang membantu BTG 07, dan penyulang BTG 12 yang membantu BTG 06, Sedangkan Pengembangan trafo distribusi dilakukan guna memenuhi kebutuhan pertumbuhan beban yang ada di UPJ batang diantaranya pertumbuhan industri modern, pembuatan perumahan baru, dan penggantian trafo yang sudah ada telah melebihi kapasitas berdasarkan peta tata guna lahan pengembangan UPJ Batang.
5. Hasil pengembangan trafo distribusi dari tahun 2012 hingga 2016 didapatkan bahwa total penambahan trafo distribusi baru berkapasitas 50 KVA 1 fasa sebanyak 72 buah, 50 KVA 3 fasa sebanyak 4 buah dan 100 KVA 3 fasa sebanyak 4 buah, sedangkan untuk penggantian trafo distribusi mayoritas mengganti trafo 1 fasa 25 KVA menjadi 1 fasa 50 KVA sebanyak 24 buah penggantian yang tersebar diberbagai wilayah pengembangan di UPJ Batang.
6. Hasil simulasi ETAP 7.0.0 untuk pengembangan trafo tahun 2012 – 2016 diantaranya *voltage drop* dan *losses* yang naik turun persentase nilainya dikarenakan adanya pemotongan jaringan atau pengambilan beban dari penyulang yang ada ke penyulang yang baru atau penyulang yang memiliki nilai kriteria baik.

### 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diberikan beberapa saran, antara lain :

1. Selain model peramalan DKL 3,2, model peramalan bisa menggunakan model peramalan lain seperti metode LEAP, metode Simple-e, dan metode metode lainnya.
2. Untuk mendapatkan nilai proyeksi yang lain, sebaiknya menggunakan data minimal 5 tahun dan peramalan jangka lainnya, sehingga didapatkan pertumbuhan rata-rata lain dan lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [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] Karimata, P., *Kursus Perencanaan Sistem Ketenagalistrikan Jenjang I (Dasar) Distribution Load Planning – Model DKL versi 3.2*, Direktorat Transmisi dan Distribusi PT PLN (Persero), 2005.
- [4] Nugroho,A, *Perkiraan Energi Listrik*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [5] Rahardjo, *Merencanakan Pengembangan Sistem Kelistrikan PLN kedepan Secara Lebih Baik dan Lebih Efisien*, PT PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY, 2006.
- [6] Sulasno, *Teknik dan Sistem Tenaga Distribusi Tenaga Listrik Edisi I*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [7] Suswanto, D. A., *Perencanaan Jaringan Distribusi*, Buku Ajar BAB III.
- [8] Suswanto, D. A., *Analisa Peramalan Beban dan Kebutuhan Tenaga Listrik*, Buku Ajar BAB XII.
- [9] Tahir,U , *Analisa Losses Teknik Pada Sistem Kelistrikan*, Tugas Akhir S-1, Universitas Sains & Teknologi, Jayapura, 2008.
- [10] Tim Masterplan, *Pembuatan Masterplan Sistem Distribusi 20 KV APJ Pekalongan*, Laporan Akhir, Universitas DIponegoro – PT PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY, 2011.
- [11] ..... ,*Batang Dalam Angka Tahun [2006,2007,2008,2009,2010]*.Badan Statistik Provinsi Kabupaten Batang, [2006,2007,2008,2009,2010].
- [12] ..... ,*Data Statistik Tahun (2006-2010)*, PT PLN Persero Distribusi Jateng DIY, [2006-2010].
- [13] .....*,PDRB Batang Tahun [2006,2007,2008,2009,2010]*., Badan Statistik Provinsi Kabupaten Batang, [2006,2007,2008,2009,2010].
- [14] ..... , *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Buku Ajar BAB 14.

## BIODATA



Penulis yang lahir di Semarang, 1 April 1990 mempunyai riwayat pendidikan di SDN Sompok 03 Semarang, SMPN 39 Semarang, SMAN 11 Semarang dan saat ini sedang menjalankan studi strata 1 di Teknik Elektro Universitas Diponegoro konsentrasi teknik tenaga listrik.

Mengetahui / Mengesahkan :

Dosen Pembimbing I

Ir. Agung Nugroho, M.Kom.  
NIP. 195901051987031002

Dosen Pembimbing II

Ir. Tejo Sukmadi, M.T.  
NIP. 1961111719880301001