

ANALISA PENEMPATAN KAPASITOR BANK UNTUK PERHITUNGAN DROP VOLTAGE PADA FEEDER BATANG 02 TAHUN 2012-2016 DENGAN SOFTWARE ETAP 7.0.0

Sigit Wisnu Habsoro^{*)}, Agung Nugroho, and Bambang Winardi

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

^{*)}E-mail : *sigitwisnu79@yahoo.com*

Abstrak

Pertumbuhan beban pada sistem distribusi semakin meningkat terus - menerus. Pertumbuhan beban ini diikuti dengan peningkatan permintaan suplai daya reaktif. Jika suatu jaringan tidak memiliki sumber daya reaktif di daerah sekitar beban maka semua kebutuhan beban reaktifnya dipikul oleh generator sehingga akan mengalir arus reaktif pada jaringan yang mengakibatkan drop tegangan. Namun adalah suatu hal yang sulit untuk mempertahankan tegangan konstan pada sistem distribusi karena drop tegangan akan terjadi pada semua bagian sistem. Salah satu cara untuk memperbaiki drop tegangan adalah dengan menempatkan nilai kapasitor yang optimal di lokasi yang tepat. Permasalahan ini merujuk pada wilayah UPJ Batang yang perlu adanya penambahan kapasitor. Penambahan kapasitor pada *feeder-feeder* di Gardu Induk (GI) Batang berguna untuk membantu kinerja sistem distribusi apabila GI tidak mampu melayani dan mensuplai beban dikarenakan drop tegangan yang besar. Pada penelitian ini, menggunakan asumsi peramalan beban. Peramalan dengan mempertimbangkan ketersediaan data yang ada, digunakan untuk meramalkan kebutuhan beban 5 tahun yang akan datang. Software model asumsi peramalan beban dibuat dengan program ETAP 7.0.0. Dengan di gambarkan single line diagram dari model eksisting tersebut, maka dapat dianalisa menggunakan software ETAP 7.0.0 dengan mempertimbangkan hasil drop voltage untuk *feeder* Batang 02 dan penempatan kapasitor yang strategis. Software pendukung untuk optimasi penempatan kapasitor adalah dengan menggunakan kombinasi logika fuzzy dan algoritma genetika.

Keywords : Penempatan kapasitor baru, asumsi penambahan beban, ETAP 7.0.0 dan drop tegangan.

Abstract

Load growth in distribution system increase steadily. This load growth is followed by increased demand for reactive power supply. If a network does not have a reactive power source in around load area then all the needs of reactive load borne by the generator so that reactive current will flow to the network resulting in decreased voltage drop. One way to improve drop voltage is placing the optimal capacitor value in the right location and strategic. This problem refers to the areas that need to UPJ Batang the addition of new capacitor. The addition of a capacitor on feeder-feeder at the substation (GI) is useful to help the performance of the distribution system if the GI was not able to serve and supply the load due to the large voltage drop. In this research, using of the load forecasting assumptions. Forecasting arranged simply by considering the availability of data, is used to load forecasting needs 5 years to come. Software load forecasting model of assumptions made by the program ETAP 7.0.0. With the draw single line diagram of the existing models, it can be analyzed using software ETAP 7.0.0 by considering the results for the voltage drop feeder Batang 02 and the strategic placement of capacitors. Software boosters to help the capacitor placement optimization is to use a combination of fuzzy logic and genetic algorithms.

Keywords : the placement of the new capacitor, load forecasting assumptions, ETAP 7.0.0, and drop voltage

1. Pendahuluan

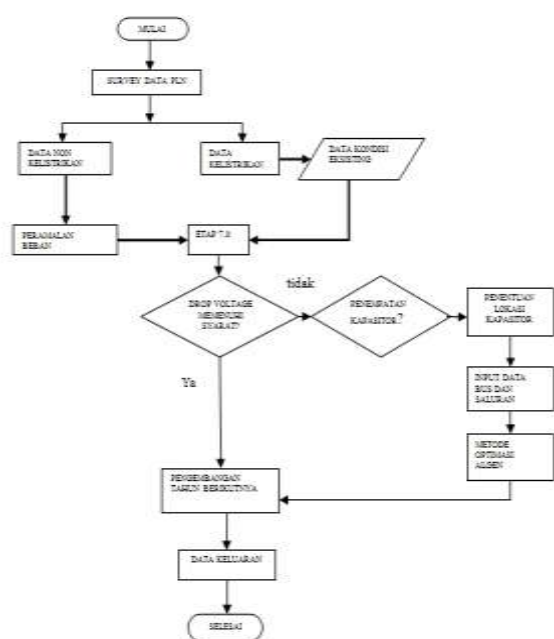
Pertumbuhan beban ini diikuti dengan peningkatan permintaan suplai daya reaktif akibat beban yang bersifat induktif meningkat. Jika suatu jaringan tidak memiliki

sumber daya reaktif di daerah sekitar beban maka semua kebutuhan beban reaktifnya dipikul oleh generator sehingga akan mengalir arus reaktif pada jaringan yang mengakibatkan drop tegangan. Namun adalah suatu hal yang sulit untuk mempertahankan tegangan konstan pada sistem distribusi karena drop tegangan akan terjadi pada

semua bagian sistem dan akan berubah sesuai dengan adanya perubahan beban dan variasi beban. Salah satu cara untuk memperbaiki drop tegangan adalah dengan menempatkan nilai kapasitor yang optimal di lokasi yang tepat pada sistem distribusi. Kapasitor dipasang di lokasi strategis dan tepat untuk mempertahankan tegangan dalam batas yang diijinkan sehingga drop tegangan dapat dikurangi.

Pada penelitian ini, menggunakan model asumsi peramalan beban. Pemodelan yang disusun secara sederhana dengan mempertimbangkan ketersediaan data yang ada, digunakan untuk menyusun dan meramalkan kebutuhan beban 5 tahun yang akan datang dengan asumsi. *Software* model asumsi peramalan beban dibuat dengan program ETAP 7.0.0. Dengan di gambarkan single line diagram dari model eksisting tersebut, maka dapat dianalisa menggunakan software ETAP 7.0.0 dengan mempertimbangkan hasil drop voltage untuk feeder Batang 2 dan penempatan kapasitor yang strategis. *Software* pendukung untuk membantu optimasi penempatan kapasitor adalah dengan menggunakan kombinasi logika fuzzy dan algoritma genetika.

2. Metode



Gambar 1. Diagram alir penyusunan laporan PENELITIAN

2.1 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah proses dalam pencarian data. Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan dari *survey* data ke PT. PLN APJ Pekalongan yang menyediakan data-data untuk analisis penyaluran tenaga listrik Gardu Induk Batang.

Tabel 1 Daftar Data yang Dibutuhkan

No	Instansi	Data yang Dibutuhkan
1	PT PLN APJ Pekalongan	Data Perusahaan APJ Pekalongan Jaringan Eksisting Gardu Induk Batang Data Single line diagram

Dalam pengumpulan data tersebut diarahkan ke obyek penelitian yaitu Gardu Induk yang menyuplai di wilayah APJ Pekalongan. Data dari PLN adalah data teknis kelistrikan PT PLN APJ Pekalongan.

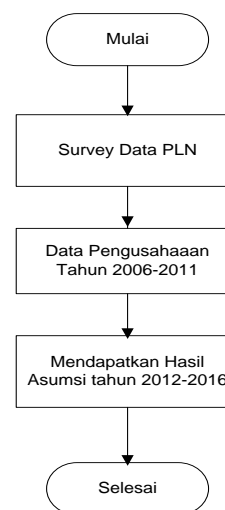
2.2 Metode Pengolahan Data

Setelah data-data diperoleh langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data. Pengolahan dilakukan dengan tiga langkah, pertama pengelompokkan data non kelistrikan yaitu data perusahaan yang dipergunakan untuk melakukan penambahan asumsi pada beban pertahun, kedua pengelompokkan data kelistrikan seperti laporan panjang jaringan, rekapitulasi trafo 3 *phasa*, laporan beban puncak, dan single line diagram APJ Pekalongan yang dipergunakan untuk menentukan kondisi eksisting dan ketiga pengelompokkan data untuk pengembangan kebutuhan listrik.

Tabel 2 Pengelompokkan Data

No	Pengelompokkan Data	Data
1	Peramalan	Data Perusahaan listrik APJ Pekalongan
2	Penentuan Kondisi Eksisting	Jaringan Eksisting GI Batang Kenaikan prosentase konsumsi daya (kVA)
3	Pengembangan Kebutuhan Listrik	Feeder yang terdapat pada GI Batang Data Beban Penyulang GI Batang tahun 2011

2.3 Peramalan Beban



Gambar 2. Diagram Alir Metode Peramalan

Peramalan beban dapat dilakukan dengan berbagai metode. Hanya saja dalam penelitian ini di pergunakan metode asumsi penambahan beban pada trafo distribusi.

Tabel 3. Data Pengusahaan APJ Pekalongan pada tahun 2006-2011

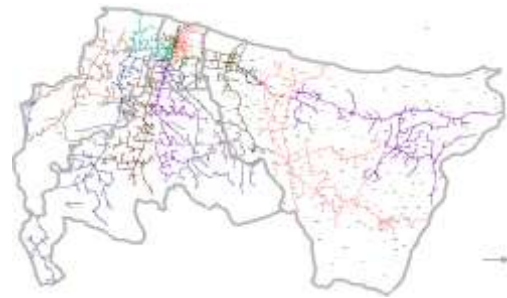
TAHUN	2006	2007	2008	2009	2010	2011
RUMAH TANGGA						
Jumlah Rumah Tangga	419,618	434,238	434,238	417,104	431,724	441,464
Rasio Elektrifikasi (%)	60.05	61.00	62.70	67.91	69.95	73.70
Jumlah Pelanggan	251,990	264,903	272,278	283,261	302,012	325,359
- Delta pelanggan	23,487	12,913	7,375	-10,983	18,751	23,347
Daya tersambung (KVA)	168,318	182,109	190,688	203,318	223,279	246,995
Daya tersambung / Pel (VA)	0.67	0.69	0.70	0.72	0.74	759.15
Konsumsi Energi (Mwh)	277,688.66	295,079.31	307,493.53	331,444.68	361,514.09	372,553.01
- Pertumbuhan (%)	6.82	6.26	4.21	7.79	9.07	3.05
Konsumsi Energi/Pel (kWh)	1.10	1.11	1.13	1.17	1.20	1,145.05
BISNIS						
Jumlah Pelanggan	9,154	9,820	10,524	11,616	11,951	12,785
- Delta pelanggan	436	666	704	1,092	335	834
Daya tersambung (KVA)	34,149	37,344	40,683	44,471	46,003	49,727
Daya tersambung / Pel (VA)	3.73	3.80	3.87	3.83	3.85	3,889.47
Konsumsi Energi (Mwh)	49,500.75	58,196.44	65,642.66	74,802.16	81,188.54	77,365.61
- Pertumbuhan (%)	21.75	17.57	12.79	13.95	8.54	(4.71)
UMUM						
Jumlah Pelanggan	9,853	9,733	10,440	11,221	12,063	12,352
- Delta pelanggan	-1,224	-9,120	-293	10,781	842	289
Daya tersambung (KVA)	18,853	20,319	22,536	25,050	27,446	29,335
Daya tersambung / Pel (VA)	1.91	27.72	51.22	2.23	2.28	2,374.92
Konsumsi Energi (Mwh)	48,612.64	50,313.57	53,396.59	56,760.58	62,852.65	64,113.00
- Pertumbuhan (%)	-15.87	3.50	6.13	6.30	10.73	2.01
INDUSTRI						
Jumlah Pelanggan	232	234	236	239	248	261
- Delta pelanggan	0	9,588	704	-10,285	9	13
Daya tersambung (KVA)	55,204	54,429	55,930	55,727	58,014	65,040
Daya tersambung / Pel (VA)	237.95	5.54	5.31	233.17	233.93	249,196.93
Konsumsi Energi (Mwh)	222,102.29	232,762.45	238,012.15	231,766.00	252,437.86	245,979.60
- Pertumbuhan (%)	30.74	4.80	-2.26	-2.62	8.92	-2.56

Sumber : PT PLN Persero APJ Pekalongan

Dari tabel 3. data pengusahaan di atas, dapat dilihat bahwa tiap tahun mengalami kenaikan dan menjadi acuan digunakan untuk melakukan peramalan. Untuk menentukan kebutuhan konsumsi listrik data peramalan yang dibutuhkan adalah daya tersambung (kVA) selama 5 tahun sebelumnya. Setelah hasil asumsi penambahan beban didapatkan dan titik penempatan lokasi kapasitor baru dapat ditentukan. Peramalan dilakukan dari tahun 2012 – 2016, sedangkan data pada tahun 2011 sebagai data *eksisting*.

2.4 Data Jaringan Eksisting APJ Pekalongan

Data jaringan *eksisting* yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jaringan *eksisting* APJ Pekalongan yang terdiri dari Gardu Induk Batang dan Pekalongan pada tahun 2011. Peta jaringan *eksisting* bisa dilihat pada gambar 3 di bawah ini.

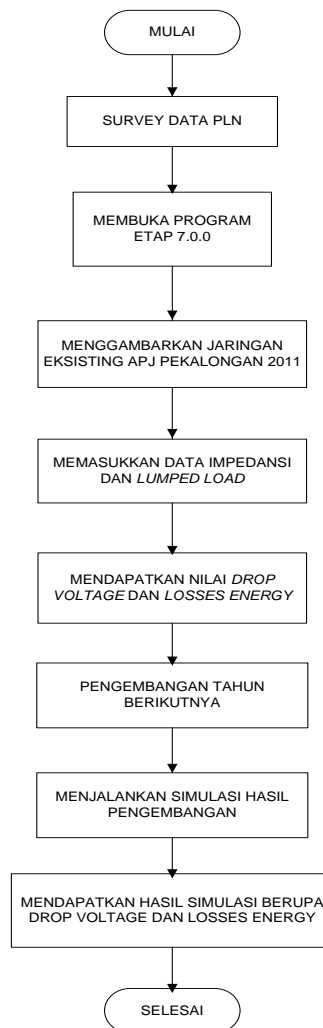


Sumber : PT PLN Persero APJ Pekalongan

Gambar 3. Peta jaringan eksisting APJ Pekalongan

2.5 Simulasi Pengembangan Dengan Menggunakan Software ETAP 7.0.0

Untuk diagram alir simulasi dengan menggunakan software ETAP 7.0.0 dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Simulasi ETAP 7.0.0

3. Hasil dan Analisa

3.1 Peramalan Kebutuhan Beban

Data untuk melakukan pengembangan jaringan tegangan menengah dapat di bagi menurut kebutuhan data yang dibagi menjadi dua kategori data, yaitu :

1. Data peramalan
2. Data eksisting jaringan APJ Pekalongan

Table 4. Hasil perhitungan Total Data Pengusahaan Listrik APJ Pekalongan dari tahun 2006-2011

Tahun	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Jumlah Pelanggan	271.229	285.276	293.766	306.337	326.274	350.757
Daya tersambung (KVA)	276.524.00	294.201.00	309.837.00	328.566.00	354.742.00	391.097.21
- Pertumbuhan (%)	-	6.01	5.05	5.70	7.38	9.30
Rata-rata (%)	6.69					
Konsumsi Energi (Mwh)	597.904.34	636.351.76	664.544.93	694.773.42	757.993.14	760.011.22
- Pertumbuhan (%)	-	6.43	4.45	4.55	9.10	0.27
Rata-rata (%)	4.65					
Produksi energi (Mwh)	638.183.98	678.335.11	706.413.53	740.722.95	783.060.71	808.723.03
- Pertumbuhan (%)	-	5.92	3.98	4.63	5.41	3.17
Rata-rata (%)	4.62					

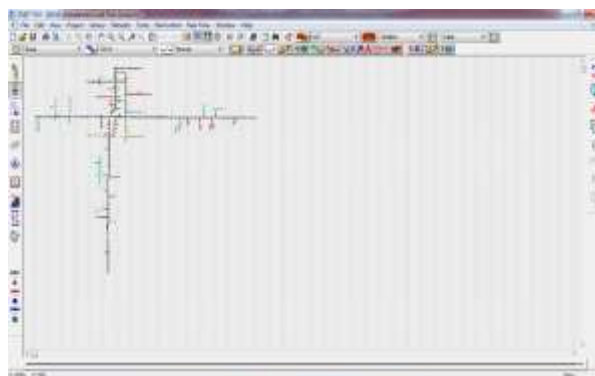
Sumber : Data Teknis PT PLN (Persero) APJ Pekalongan

Pada metode asumsi kenaikan prosentase beban yang digunakan sebagai acuan adalah rata-rata daya yang tersambung (kVA) pertahun. Dari perhitungan diatas didapatkan rata-rata kenaikannya adalah sebesar 6.69% (7%) pertahun dari data 5 tahun terakhir. Contoh sebagai berikut :



Gambar 5. Continuous lumped load pada ETAP sebelum penambahan metode asumsi

$$\begin{aligned}
 \text{Penambahan Asumsi} &= \\
 \% \text{ Penambahan Asumsi} + \% \text{ Trafo tahun ke } n &= \\
 &= 7 \% (73\%) + 73 \% \\
 &= 5 \% + 73 \% \\
 &= 78 \%
 \end{aligned}$$



Gambar 6. Penggambaran Jaringan dengan Menggunakan ETAP 7.0.0

Flow	MW	Mvar	MVA	PLF
Load Demand	1.73	0.00	1.73	75.00

Gambar 7. Report simulasi ETAP 7.0.0

$$\text{VOLTAGE DROP} = \% \text{ Tegangan Pangkal GI} - \% \text{ Tegangan Paling Ujung}$$

3.2 Penggambaran Kondisi Eksisting Gardu Induk Batang Tahun 2011

Tabel 5. Hasil perhitungan drop tegangan GI Batang berdasarkan Simulasi ETAP tahun 2011

No	Feeder	Tegangan Pangkal (kV)	Tegangan Ujung (kV)	Drop Tegangan (%)	Hasil Evaluasi
1	BTG 02	20.118	17.417	13.205	Tidak Memenuhi Syarat
2	BTG 03	20.104	19.984	0.597	Memenuhi Syarat
3	BTG 04	20.060	19.700	1.794	Memenuhi Syarat
4	BTG 01	20.128	18.296	9.109	Tidak Memenuhi Syarat
5	BTG 06	20.030	19.440	2.945	Memenuhi Syarat
6	BTG 07	20.109	16.863	16.142	Tidak Memenuhi Syarat

Dari tabel di atas secara keseluruhan ada 3 feeder yang tidak memenuhi syarat (maksimum 5,5 %) yaitu BTG 01, BTG 02, dan BTG 07, hal ini kemungkinan diakibatkan oleh :

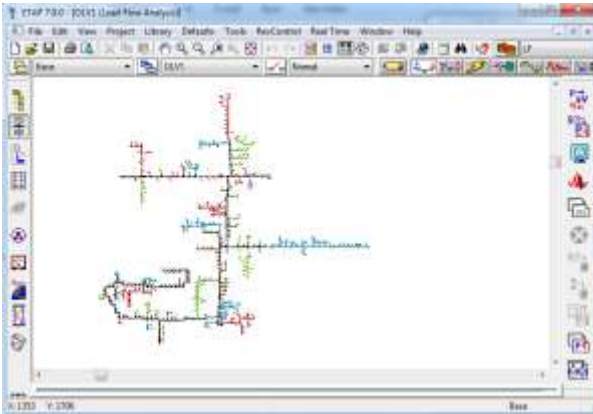
- Jaringan terlalu panjang
- Beban yang dilayani pada jaringan terlalu besar

- Penampang konduktor yang kecil

Tabel 6. Hasil perhitungan drop tegangan pada feeder Batang 2 tahun 2012-2016

No	Tahun	Tegangan Pangkal (KV)	Tegangan Ujung (KV)	Drop Tegangan (%)	Hasil Evaluasi
1	2012	20.067	17.417	13.205	Tidak Memenuhi Syarat
2	2013	20.014	17.127	14.425	Tidak Memenuhi Syarat
3	2014	19.947	16.825	15.631	Tidak Memenuhi Syarat
4	2015	19.875	16.041	19.290	Tidak Memenuhi Syarat
5	2016	19.798	15.610	21.153	Tidak Memenuhi Syarat

Dari tabel 6. dapat dilihat bahwa selama pengembangan dari tahun 2012-2016 pada feeder Batang 2 mengalami peningkatan pada drop tegangan. Sehingga Dapat mengganggu penyuplaian beban pada sistem. Maka, perlu dilakukan pengujian optimasi pemasangan kapasitor.



Gambar 8. Bentuk Jaringan pada Feeder Batang 2

Tabel 7. Data bus pada feeder Batang 2 tahun 2012

No Bus	P (MW)	Q (MVar)	No Bus	P (MW)	Q (MVar)
1	0	0	81	0	0
2	0,083	0,051	82	0,083	0,051
3	0,23	0,142	83	0,228	0,141
4	0,134	0,083	84	0,041	0,026
5	0,045	0,028	85	0,021	0,013
6	0,041	0,026	86	0	0
7	0,039	0,024	87	0,041	0,026
8	0,045	0,028	88	0,021	0,013
9	0,041	0,026	89	0	0
10	0,041	0,026	90	0,021	0,013
11	0,021	0,013	91	0,022	0,014
12	0,021	0,013	92	0,045	0,028
13	0,166	0,103	93	0,021	0,013
14	0,022	0,014	94	0	0
15	0,03	0,019	95	0	0
16	0,03	0,019	96	0,021	0,013
17	0	0	97	0,041	0,026
18	0,041	0,026	98	0,021	0,013
19	0	0	99	0,041	0,026
20	0	0	100	0,021	0,013
21	0,041	0,026	101	0,041	0,026
22	0,062	0,039	102	0,041	0,013
23	0,041	0,026	103	0	0
24	0,041	0,026	104	0,145	0,09
25	0,045	0,028	105	0	0
26	0,045	0,028	106	0,045	0,028
27	0,021	0,013	107	0,021	0,013
28	0,045	0,028	108	0	0
29	0,045	0,028	109	0,022	0,014
30	0,041	0,026	110	0,022	0,014
31	0,124	0,077	111	0,045	0,028
32	0,045	0,028	112	0,041	0,026
33	0,186	0,115	113	0,041	0,026
34	0,476	0,295	114	0,041	0,026
35	0	0	115	0,041	0,026
36	0,045	0,028	116	0,021	0,013
37	0,045	0,028	117	0,045	0,028
38	0,041	0,026	118	0,062	0,039
39	0,041	0,026	119	0,021	0,013
40	0,045	0,028	120	0,021	0,013
41	0	0	121	0	0
42	0,186	0,115	122	0,041	0,026
43	0,062	0,039	123	0,021	0,013

Tabel 8. Data saluran pada feeder Batang 2 tahun 2012

Bus Awal	Bus Tujuan	R (Ohm)	X (Ohm)	R (pu)	X (pu)
5	6	0,31	0,74	0,0031	0,0074
6	7	0,79	1,85	0,0079	0,0185
7	8	0,79	1,85	0,0079	0,0185
8	9	1,1	2,59	0,011	0,0259
9	10	1,89	4,44	0,0189	0,0444
10	11	1,26	2,96	0,0126	0,0296
11	12	0,31	0,74	0,0031	0,0074
12	13	0,94	2,22	0,0094	0,0222
13	14	1,1	2,59	0,011	0,0259
14	15	0,16	0,37	0,0016	0,0037
15	16	1,1	2,59	0,011	0,0259
16	17	0,94	2,22	0,0094	0,0222
17	18	0,79	1,85	0,0079	0,0185
18	19	1,57	3,7	0,0157	0,037
19	20	0,31	0,74	0,0031	0,0074
20	21	0,31	0,74	0,0031	0,0074
21	22	0,16	0,37	0,0016	0,0037
22	23	0,47	1,11	0,0047	0,0111
23	24	0,16	0,37	0,0016	0,0037
24	25	0,16	0,37	0,0016	0,0037
25	26	0,16	0,37	0,0016	0,0037
26	27	0,31	0,74	0,0031	0,0074
27	28	0,16	0,37	0,0016	0,0037
28	29	1,42	3,33	0,0142	0,0333
29	30	1,73	4,07	0,0173	0,0407
30	31	2,67	6,28	0,0267	0,0628
31	32	0,79	1,85	0,0079	0,0185
32	33	0,16	0,37	0,0016	0,0037
33	34	0,31	0,74	0,0031	0,0074
34	35	0,47	1,11	0,0047	0,0111
35	36	0,79	1,85	0,0079	0,0185
36	37	1,42	3,33	0,0142	0,0333
37	38	0,63	1,48	0,0063	0,0148
38	39	2,52	5,92	0,0252	0,0592
39	40	5,19	12,2	0,0519	0,122
40	41	0,63	1,48	0,0063	0,0148
41	42	0,16	0,37	0,0016	0,0037
42	43	2,36	5,55	0,0236	0,0555
43	44	4,72	11,09	0,0472	0,1109
44	45	0,31	0,74	0,0031	0,0074
45	46	0,47	1,11	0,0047	0,0111
46	47	1,42	3,33	0,0142	0,0333
47	48	3,46	8,13	0,0346	0,0813
48	49	0,31	0,74	0,0031	0,0074

Untuk memperoleh kondisi awal dari sistem seperti tegangan tiap bus maka dilakukan proses aliran daya dan melakukan perhitungan nilai *Capacitor suitability index* (CSI) sebagai pertimbangan pemilihan kandidat bus. Kondisi awal dari sistem dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Kondisi sebelum penempatan kapasitor untuk tahun 2012

No Bus	Vm (pu)	CSI	No Bus	Vm (pu)	CSI
57	0,8842	0,75	137	0,8045	0,9058
58	0,884	0,75	138	0,8044	0,907
59	0,884	0,75	139	0,8043	0,9081
60	0,8839	0,75	140	0,8037	0,9126
61	0,8839	0,75	141	0,8036	0,9131
62	0,8842	0,75	142	0,803	0,9175
63	0,8832	0,75	143	0,8029	0,9181
64	0,8829	0,75	144	0,8028	0,9185
65	0,8827	0,75	145	0,8027	0,9188
66	0,8812	0,75	146	0,8026	0,9186
67	0,8809	0,75	147	0,8025	0,9183
68	0,8807	0,75	148	0,8025	0,9178
69	0,8805	0,75	149	0,8024	0,917
70	0,879	0,75	150	0,8024	0,9162
71	0,8784	0,75	151	0,8024	0,9152
72	0,8762	0,75	152	0,8855	0,75
73	0,8716	0,75	153	0,8837	0,75
74	0,8683	0,75	154	0,8829	0,75
75	0,8677	0,75	155	0,8829	0,75
76	0,8664	0,75	156	0,8819	0,75
77	0,8646	0,75	157	0,8818	0,75
78	0,864	0,75	158	0,8816	0,75
79	0,861	0,75			
80	0,8588	0,75			

Dalam pengujian ini, kandidat bus sebagai lokasi penempatan kapasitor dipilih 5 lokasi yaitu bus 143, 144, 145, 146 dan 147 karena bus tersebut memiliki nilai CSI paling besar. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 10. dan gambar 9.

Tabel 10. Hasil pengujian feeder Batang 2 tahun 2012

No Bus	Vm (pu)	Nilai Kapasitor (KVar)	Jumlah Bank	No Bus	Vm (pu)	Nilai Kapasitor (KVar)	Jumlah Bank
59	0,956	0	0	139	1,0137	0	0
60	0,956	0	0	140	1,0176	0	0
61	0,956	0	0	141	1,018	0	0
62	0,9565	0	0	142	1,0224	0	0
63	0,9565	0	0	143	1,0239	4000	10
64	0,9565	0	0	144	1,0243	2400	6
65	0,9565	0	0	145	1,0242	0	0
66	0,9565	0	0	146	1,0241	0	0
67	0,9565	0	0	147	1,024	0	0
68	0,9565	0	0	148	1,024	0	0
69	0,9565	0	0	149	1,0239	0	0
70	0,9566	0	0	150	1,0239	0	0
71	0,9567	0	0	151	1,0239	0	0
72	0,9572	0	0	152	0,9656	0	0
73	0,9581	0	0	153	0,9548	0	0
74	0,9588	0	0	154	0,9541	0	0
75	0,959	0	0	155	0,954	0	0
76	0,9593	0	0	156	0,9531	0	0
77	0,9597	0	0	157	0,953	0	0
78	0,9598	0	0	158	0,9529	0	0
79	0,9607	0	0				
80	0,9613	0	0				



Gambar 9 Kandidat bus untuk penempatan kapasitor tahun 2012

Dengan cara yang sama, maka didapatkan lokasi bus untuk penempatan kapasitor pada feeder Batang 2 tahun 2013-2016. Selanjutnya disimulasikan ke ETAP 7.0.0 sesuai dengan lokasi penempatan kapasitor sehingga didapatkan nilai tegangan pangkal, tegangan ujung dan drop tegangan setelah pemasangan kapasitor.

Tabel 11. Nilai drop tegangan pada feeder Batang 2 tahun 2012-2016 sebelum dipasang kapasitor

No	Tahun	Tegangan Pangkal (KV)	Tegangan Ujung (KV)	Drop Tegangan (%)	Hasil Evaluasi
1	2012	20.067	17.417	13.205	Tidak Memenuhi Syarat
2	2013	20.014	17.127	14.425	Tidak Memenuhi Syarat
3	2014	19.947	16.825	15.651	Tidak Memenuhi Syarat
4	2015	19.875	16.041	19.290	Tidak Memenuhi Syarat
5	2016	19.798	15.610	21.153	Tidak Memenuhi Syarat

Tabel 12. Nilai drop tegangan pada feeder Batang 2 tahun 2012-2016 setelah dipasang kapasitor

No	Tahun	Tegangan Pangkal (KV)	Tegangan Ujung (KV)	Drop Tegangan (%)	Hasil Evaluasi
1	2012	20.436	20.180	1.253	Memenuhi Syarat
2	2013	20.382	19.886	2.433	Memenuhi Syarat
3	2014	20.315	19.525	3.888	Memenuhi Syarat
4	2015	20.244	19.202	5.147	Memenuhi Syarat
5	2016	20.171	18.768	6.658	Tidak Memenuhi Syarat

Dari tabel 11 dan tabel 12 dapat dilihat perbandingan selisih antara tegangan pangkal dan tegangan ujung serta

nilai drop tegangan sebelum dan setelah dipasang kapasitor. Sebelum dipasang kapasitor drop tegangan lebih besar dari syarat nilai standar yang ditentukan yakni sebesar 5,5%. Setelah pemasangan kapasitor nilai drop tegangan dapat dikurangi sehingga masih memenuhi syarat nilai standar.

4. Kesimpulan

Pada kondisi eksisting terdapat 3 feeder dari GI Batang kurang memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh PLN (drop tegangan besar) yaitu : Batang 1 (9.272%), Batang 2 (13.068%), Batang 7 (16.419%). Berdasarkan simulasi software ETAP 7.0.0 pada feeder Batang II dari tahun 2012-2016 drop tegangan melebihi standar yang diijinkan yaitu 5,5% sehingga perlu dipasang kapasitor pada lokasi yang optimal. Optimasi penempatan kapasitor menggunakan logika fuzzy dapat menemukan ukuran kapasitor bank yang optimal sehingga dapat memperbaiki drop tegangan sesuai batas – batas yang telah ditentukan. Pada pengujian perbaikan tegangan, dari tahun 2012-2015 (1,23%; 2,43%; 3,88%; 5,147%) telah memenuhi batas yang telah ditentukan. Sedangkan untuk tahun 2016 (6,95%) melebihi batas yang telah diijinkan. Pengujian kapasitor bank pada tahun 2012 dipasang di bus 143, untuk tahun 2013 dipasang pada bus 142, tahun 2014 dipasang pada bus 145, kemudian tahun 2015 dipasang pada bus 148, sedangkan untuk tahun 2016 dipasang pada bus 150.

Sebagai masukan guna pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini, maka diberikan beberapa saran. Perlu dikembangkan lebih lanjut untuk optimasi penempatan kapasitor pada feeder-feeder lain yang drop tegangannya melebihi batas yang diijinkan. Dapat dikembangkan sistem optimasi penempatan kapasitor dengan mempertimbangkan faktor – faktor yang lain misalnya pertumbuhan beban di masa mendatang, faktor daya, losses dan lain – lain. Perlu dikembangkan untuk optimasi penempatan kapasitor untuk sistem jaringan distribusi yang tidak seimbang.

Referensi

- [1]. Nugroho,A. , B,Suroso dan K.I.Santoso , *Sistem Informasi Prakiraan Kebutuhan Tenaga Listrik Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010
- [2]. Rahardjo, *Merencanakan Pengembangan Sistem Kelistrikan PLN kedepan Secara Lebih Baik dan Lebih Efisien*, PT PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY, 2006
- [3]. Sulasno,Ir. *Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Edisi I*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, 2001.
- [4]. Tim Masterplan, *Pembuatan Masterplan Sistem Distribusi 20 KV APJ Pekalongan*, Laporan Akhir, Universitas Diponegoro – PT PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY, 2011.
- [5]. Suswanto, D. A., *Analisa Peramalan Beban dan Kebutuhan Tenaga Listrik*, Buku Ajar BAB XII.

- [6].,Kab Batang Dalam Angka Tahun [2006,2007,2008,2009,2010,2011] .Badan Statistik Provinsi Kabupaten Batang.
- [7]. Syarip, M , *Analisa Pengembangan Jaringan Tegangan Menengah Berdasarkan Data Pengembangan Jaringan di UPJ Wonosobo*, penelitian S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2012.
- [8]. Suswanto, D. A., *Perencanaan Jaringan Distribusi*, Buku Ajar BAB III.
- [9]. [9] Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. New York : McGraw-Hill.
- [10]. Dzackiy, Unggul. 2012. “*Optimasi Penempatan Kapasitor Menggunakan Logika Fuzzy dan Algoritma Genetika pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik*”. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [11]. Prasad, P.V., S. Sivanagaraju and N.Sreenivasulu. 2007. “*A Fuzzy-Genetic Algorithm For Optimal Capacitor Placement In Radial Distribution Systems*”. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 2, No. 3, June.