

## PENEMPATAN KAPASITOR DAN OPTIMASI KAPASITASNYA MENGUNAKAN ARTIFICIAL BEE COLONY (ABC) PADA SALURAN DISTRIBUSI PRIMER

Wildan Faisal Harharah<sup>1</sup>, I Made Ari Nrartha<sup>2</sup>, dan Supriyatna<sup>3</sup>

---

### ABSTRAK

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berguna untuk mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen. Dalam proses pengiriman tenaga listrik sampai ke konsumen terdapat rugi-rugi daya, dan drop tegangan pada saluran. Rugi-rugi daya dan drop tegangan dapat dikurangi salah satunya dengan kapasitor.

Metoda faktor sensitifitas rugi-rugi menentukan lokasi kapasitor pada bus-bus yang perlu dipasang kapasitor. Artificial Bee Colony digunakan untuk mendapatkan kapasitas dari kapasitor pada Penyulang Dasan Cermen dan Penyulang Gunung Sari Sistem Kelistrikan Lombok.

Hasil penelitian diperoleh Penyulang Dasan Cermen urutan prioritas lokasi penempatan kapasitor pada bus 60, 57, 52, 64 dan 65. Penyulang Gunung Sari urutan prioritas lokasi penempatan kapasitor dengan urutan bus 17, 20, 14, 21 dan 13. Total kapasitas kapasitor Penyulang Dasan Cermen pada pemasangan kapasitor di dua bus (bus 64 dan bus 65), lebih kecil 0.319 % dari pemasangan kapasitor di satu bus (bus 64). Penyulang Gunung Sari pada pemasangan kapasitor di satu bus (bus 20) lebih kecil 22.62% dari pemasangan kapasitor di dua bus (bus 13 dan bus 20).

**Kata kunci :** sistem distribusi, kapasitor, faktor sensitifitas rugi-rugi, artificial bee colony.

---

### ABSTRACT

The distribution system is the part of power system that is useful for distributing power from substations to consumers. In the process of delivery of electricity to consumers there are power loss and voltage drop on the line. Power loss and voltage drop can be reduced to one with capacitor.

Losses sensitivity factor method determine the location of the capacitor on the buses that need to be installed by capacitors. Artificial Bee Colony method used to obtain the capacity of the capacitor at Dasan Cermen feeder and Gunung Sari feeder of Lombok electrical system.

The results were obtained that Dasan Cermen feeder has the priority order of capacitor placement locations on the bus 60, 57, 52, 64 and 65. Gunung Sari has the priority order of capacitor placement location on the bus 17, 20, 14, 21 dan 13. The total capacity of capacitors in Dasan Cermen feeder with the capacitor installation in two buses (bus 64 dan bus 65) is less than 0.319% of the installation of capacitors in a bus (bus 64). Gunung Sari feeder capacitor is mounted in a bus (bus 20) less than 22.62% of the the installation of capacitors in two buses (bus 13 dan bus 20).

**Keywords:** distribution systems, capacitors, loss sensitivity factors, artificial bee colony.

---

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat Indonesia  
Email : [wildanharharah@gmail.com](mailto:wildanharharah@gmail.com), [nrartha@gmail.com](mailto:nrartha@gmail.com), [supri1990@yahoo.com](mailto:supri1990@yahoo.com)

**PENDAHULUAN**

Kualitas daya pada tingkat sistem distribusi mengalami penurunan khususnya pada rugi daya dan profil tegangan. Rugi daya dan profil tegangan diakibatkan rugi-rugi tranformator dan saluran pada sistem distribusi tersebut. Sehingga energi listrik yang terkirim dari sumber pembangkit lebih besar dari pada konsumen.

Terdapat berbagai macam metoda penempatan kapasitor antara lain adalah menggunakan metoda konvensional seperti aliran daya, faktor sensitifitas rugi-rugi dan metoda kecerdasan buatan seperti metoda genetika, metoda logika fuzzy. Pada penelitian ini metoda yang digunakan adalah metoda faktor sensitifitas rugi-rugi karena metoda ini memiliki batas dalam memprediksi bus yang akan dipilih sebagai bus dimana kapasitor ditempatkan.

Kapasitas kapasitor dapat ditentukan dengan cara yaitu menggunakan kecerdasan buatan. Metode kecerdasan buatan yang telah berkembang banyak menggunakan perilaku koloni umumnya terdapat pada perilaku hewan, seperti *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Ant Colony Optimization* (ACO). Dalam penelitian ini menerapkan metoda *Artificial Bee Colony* (ABC).

**Kapasitor Shunt.** Kapasitor shunt adalah kapasitor yang dipasang antara dua fasa (*line to line*). Kapasitor shunt merupakan sumber kVAR pada sistem. Pada jaringan distribusi kapasitor shunt ini berfungsi untuk memperbaiki faktor daya. Instalasi kapasitor shunt pada sistem tenaga listrik secara umum bertujuan untuk :

- a. Menjaga agar kVAR pada beban induktif berada pada batas yang ditentukan.
- b. Menghindari jaringan dari overload, misal trafo kelebihan batas kVA.
- c. Menghindari generator dari pembangkitan VAR yang berlebihan.
- d. Mengurangi kerugian  $I^2R$  pada jaringan.
- e. Mengurangi kerugian  $I^2X$  pada jaringan
- f. Memperbaiki regulasi tegangan.

**Kapasitas Kapasitor.** Standar dari kapasitas kapasitor merupakan kelipatan bulat dari ukuran standar terkecil  $Q_0^c$ . Jadi kapasitas kapasitor yang diletakkan pada suatu gardu distribusi ke-n ( $Q_n^c$ ) adalah kelipatan dari  $Q_0^c$ . [7]  
 $Q_n^c = L Q_0^c$  .....(1)

keterangan:

$Q^c$  = kapasitas kapasitor

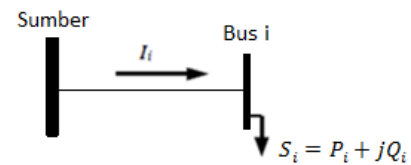
$L$  = kelipatan bulat (faktor pengali).

Jadi kemungkinan yang dipilih adalah :

$Q_0^c, 2Q_0^c, 3Q_0^c, \dots, L Q_0^c$

**Penentuan Letak Kapasitor dengan Faktor Sensitifitas Rugi-rugi.** Pemodelan sistem distribusi lebih mudah menggunakan arus injeksi. Pada bus ke-i, beban kompleks  $S_i$  dinyatakan sebagai berikut [3].

$S_i = P_i + jQ_i \quad i = 1,2,3, \dots, N$  .....(2)



Gambar 1 Pemodelan Arus Injeksi

Arus injeksi ekuivalen pada iterasi ke-k dari solusi adalah :

$I_i^{(k)} = \left( \frac{P_i + jQ_i}{V_i^{(k)}} \right)^*$  .....(3)

Keterangan :

$S_i$  = Beban kompleks pada bus ke-i

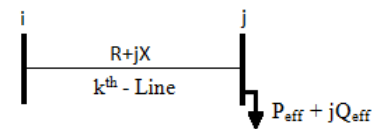
$P_i$  = Beban aktif pada bus ke-i

$Q_i$  = Beban reaktif pada bus ke-i

$I_i^{(k)}$  = Arus bus ke-i pada iterasi ke-k

$V_i^{(k)}$  = Tegangan bus ke-i pada iterasi ke-k

**Faktor Sensitifitas Rugi-Rugi.** Penentuan lokasi penempatan kapasitor pada sistem distribusi primer menggunakan faktor sensitifitas rugi-rugi. Faktor sensitifitas rugi-rugi dapat memprediksi bus yang akan dipilih sebagai bus dimana kapasitor ditempatkan. Perhatikan saluran distribusi dengan  $R + jX$  dan beban dari  $P + jQ$  di antara bus i dan j seperti pada gambar di bawah ini [3]



Gambar 2 Saluran Distribusi dengan Impedansi dan Beban

Rugi-rugi daya aktif pada saluran ke-k dari Gambar 2 dapat dituliskan sebagai berikut :

$P_{rugi-rugi}[j] = \frac{(P_{eff}^2[j] + Q_{eff}^2[j] * R[k])}{(V[j])^2}$  .....(4)

Sedangkan rugi-rugi daya reaktif pada saluran ke-k dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q_{rugi-rugi}[j] = \frac{(P_{eff}^2[j] + Q_{eff}^2[j] * X[k])}{(V[j])^2} \dots\dots(5)$$

Keterangan :

$P_{eff} [j]$  = Total daya aktif yang efektif disuplai di luar bus j

$Q_{eff} [j]$  = Total daya reaktif yang efektif disuplai di luar bus j

Faktor sensitifitas rugi-rugi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\frac{\partial P_{rugi-rugi}[j]}{\partial Q_{eff}[j]} = \frac{(2 * Q_{eff}[j] * R[k])}{(V[j])^2} \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{\partial Q_{rugi-rugi}[j]}{\partial Q_{eff}[j]} = \frac{(2 * Q_{eff}[j] * X[k])}{(V[j])^2} \dots\dots\dots(7)$$

**Pemilihan Calon Bus Menggunakan Faktor Sensitifitas Rugi-Rugi.** Hilangnya faktor sensitifitas rugi-rugi ( $\frac{\partial P_{rugi-rugi}}{\partial Q_{eff}}$ ) dapat diproses dengan teknik aliran daya pada sistem distribusi radial. Besaran tegangan normal dihitung berdasarkan pertimbangan besaran tegangan ( $norm[i] = \frac{|V[i]|}{0,95}$ ). Norm[i] akan memutuskan apakah bus-bus membutuhkan penempatan kapasitor atau tidak. Apabila tegangan pada bus dalam daftar urutan baik  $norm[i] > 1,01$  bus tersebut tidak memerlukan penempatan kapasitor sedangkan bus yang nilai  $norm[i] < 1,01$  dapat dipilih sebagai calon bus untuk penempatan Kapasitor [3].

**Artificial Bee Colony.** *Artificial Bee Colony* adalah suatu metode pencarian nilai optimal yang terinspirasi oleh kegiatan/pola dari kawanan lebah dalam mencari makanan yang diperkenalkan oleh Karaboga pada tahun 2005.

Koloni lebah buatan terdiri dari tiga kelompok lebah, yaitu : lebah pekerja, lebah *onlooker* (penonton) dan lebah *scout* (pramuka). Lebah yang menunggu di sarang untuk membuat keputusan dalam memilih sumber makanan, disebut sebagai lebah *onlooker* (penonton) dan lebah yang pergi ke sumber makanan yang pernah dikunjungi sebelumnya diberi nama lebah pekerja, sedangkan lebah yang melakukan pencarian secara acak disebut lebah *scout*. [5]

**Penentuan Kapasitas Kapasitor menggunakan Algoritma ABC.** Untuk mengetahui optimasi penempatan dan penentuan kapasitas kapasitor langkah awal yang harus dilakukan adalah merepresentasikan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menentukan letak kapasitor menjadi parameter algoritma ABC sehingga pencarian secara acak oleh lebah dapat dilakukan.

Supaya sasaran-sasaran tersebut terpenuhi, maka performansi aliran daya pada sistem diusahakan memenuhi batasan batasan berikut ini:

1. Fungsi obyektif yang digunakan untuk penentuan lokasi dan kapasitas kapaasitor terpasang adalah

$$\min f = \min(P_{Loss} + \lambda (1 - V_i)^2) \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{Batasan } V_{min} \leq |V_i| \leq V_{maks} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

$P_{Loss}$  = Total kerugian daya aktif minimum pada sistem

$|V_i|$  = Besarnya tegangan pada bus-i

$V_{min}$  = Batasan tegangan bus minimal

$V_{maks}$  = Batasan tegangan bus maksimal

$\lambda$  = Nilai yang ditentukan secara hiuristik.

Tabel 1 Representasi Algoritma ABC Untuk Optimasi kapasitor

Algoritma ABC	Optimasi Pemasangan kapasitor
Posisi sumber makanan	Kandidat kapasitas kapasitor yang akan dipasang
Jumlah sumber makanan atau jumlah lebah	Jumlah bus yang menjadi kandidat tempat pemasangan kapasitor
Fungsi obyektif = <i>Fitness</i>	$\min f = \min(P_{Loss} + \lambda (1 - V_i)^2)$

Langkah-langkah utama proses optimisasi ABC dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Inialisasi posisi sumber makanan.
2. Gerakkan lebah pekerja menuju sumber-sumber makanan dan tentukan jumlah nektar. Untuk tiap lebah pekerja, sebuah sumber makanan baru dihasilkan menggunakan persamaan

$$V_{ij} = X_{ij} + \varphi_{ij}(X_{ij} - X_{kj})$$

3. Gerakkan lebah *onlooker* menuju sumber-sumber makanan dan tentukan jumlah nektarnya. Pada langkah ini, lebah *onlooker* memilih sebuah sumber makanan dengan menggunakan perhitungan probabilitas dan mendapatkan sebuah sumber makanan baru dalam area sumber makanan yang telah dipilih melalui persamaan:

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{i=1}^{SN} fit_i}$$

4. Tentukan sumber makanan yang harus ditinggalkan dan alokasikan lebah pekerjanya sebagai lebah pramuka untuk mencari sumber makanan baru berdasarkan pencarian secara acak dengan memakai persamaan.

$$x_{ij} = x_{minj} + rand[0,1](x_{maxj} - x_{minj})$$

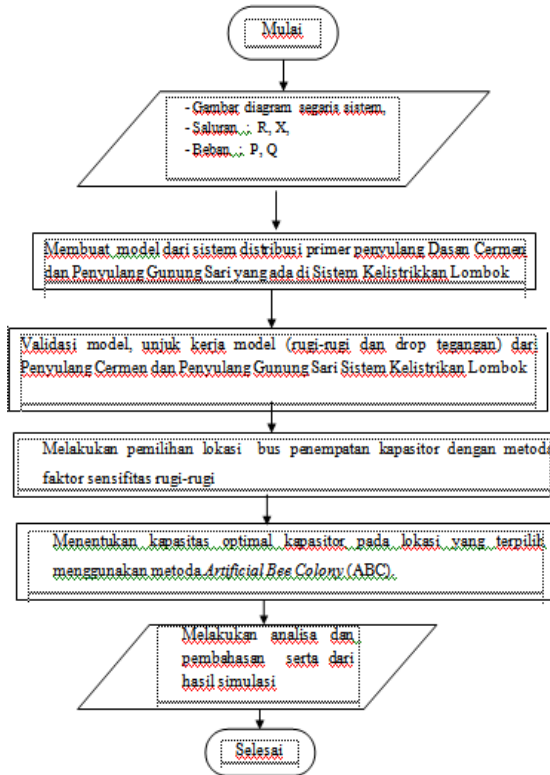
5. Catat sumber makanan terbaik yang telah ditemukan sejauh ini.

6. Ulangi langkah 2-5 hingga kriteria yang diinginkan terpenuhi.

**METODE PENELITIAN**

Faktor sensitifitas rugi-rugi digunakan untuk pemilihan lokasi penempatan kapasitor dan Penerapan algoritma yaitu *Artificial Bee Colony (ABC)* untuk optimal kapasitas kapasitor yang digunakan untuk mengurangi rugi daya dan memperbaiki profil tegangan pada sistem distribusi primer.

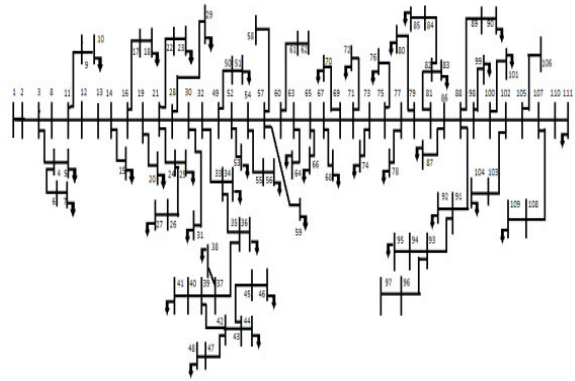
Sumber Data Penelitian ini menggunakan data-data sekunder Sistem Kelistrikan Lombok Penyulang Dasan Cermen dan Penyulang Gunung Sari.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

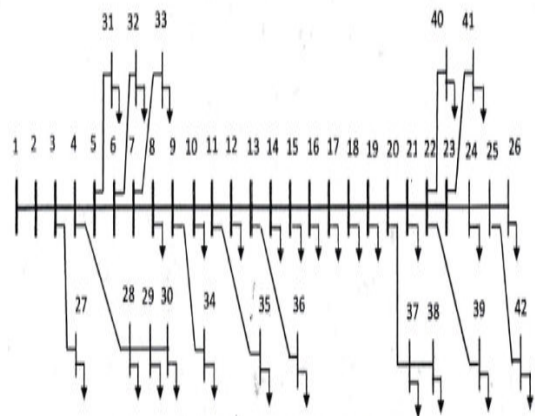
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Penyulang Kelistrikan Lombok** Data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan aliran daya adalah data jaringan yang berupa data data panjang Penyulang dan kapasitas trafo distribusi/data beban serta diagram segaris.





Gambar 4 Diagram Satu Garis Penyulang Dasan Cermen

Gambar 5 Diagram Satu Garis Penyulang Gunung Sari



Keterangan:

-  = Bus beban / trafo
-  = Saluran bus antar bus a ke bus

**Hasil Analisis Aliran Daya dan Faktor Sensitifitas Rugi-Rugi.** Tegangan setiap bus dari hasil perhitungan analisis aliran daya Penyulang Dasan Cermen dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 dan Gunung Sari pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Berdasarkan persamaan 2.13 maka hasil dari  $norm[i]$  faktor sensitifitas rugi-rugi dapat dihitung sebagai berikut:

Tabel 2 Tegangan Bus Penyulang Dasan Cermen

No Bus	Teg (pu)	Sudut (Degree)	Drop Teg	Norm [i]
1	1	0	0	0
2	0.997	-0.0007	0.003	1.0495
3	0.9919	-0.0053	0.0081	1.0442
4	0.9919	-0.0053	0.0081	1.0441
5	0.9919	-0.0053	0.0081	1.0441
6	0.9918	-0.0053	0.0082	1.044
7	0.9918	-0.0053	0.0082	1.044
8	0.9872	-0.0096	0.0128	1.0391
9	0.9872	-0.0096	0.0128	1.0391
10	0.9871	-0.0096	0.0129	1.0391
11	0.9829	-0.0135	0.0171	1.0347
12	0.9829	-0.0135	0.0171	1.0347
13	0.9802	-0.0142	0.0198	1.0318
14	0.9779	-0.0163	0.0221	1.0294
15	0.9779	-0.0163	0.0221	1.0294
16	0.9776	-0.0166	0.0224	1.0291
17	0.9776	-0.0166	0.0224	1.0291
18	0.9776	-0.0166	0.0224	1.0291
19	0.9769	-0.0173	0.0231	1.0283
20	0.9769	-0.0173	0.0231	1.0283
21	0.9763	-0.0179	0.0237	1.0277
22	0.9763	-0.0179	0.0237	1.0276
23	0.9762	-0.0179	0.0238	1.0276
24	0.9762	-0.0179	0.0238	1.0276
25	0.9762	-0.0179	0.0238	1.0276
26	0.9762	-0.018	0.0238	1.0276
27	0.9762	-0.018	0.0238	1.0276
28	0.9744	-0.0195	0.0254	1.0258
29	0.9728	-0.0203	0.0254	1.0258
30	0.9737	-0.0202	0.0262	1.0251
31	0.9721	-0.021	0.0262	1.0251
32	0.973	-0.0208	0.0269	1.0244
33	0.9728	-0.0211	0.0271	1.0241
34	0.972	-0.0215	0.0271	1.0241
35	0.9725	-0.0214	0.0274	1.0238
36	0.9717	-0.0218	0.0274	1.0238
37	0.9724	-0.0215	0.0275	1.0237
38	0.9708	-0.0223	0.0275	1.0237
39	0.9723	-0.0216	0.0276	1.0236
40	0.9723	-0.0216	0.0276	1.0235
41	0.9708	-0.0232	0.0276	1.0235
42	0.9722	-0.0217	0.0277	1.0235
43	0.9722	-0.0217	0.0277	1.0234
44	0.9714	-0.0221	0.0278	1.0234
45	0.9721	-0.0218	0.0278	1.0233
46	0.9708	-0.0229	0.0278	1.0233
47	0.9722	-0.0218	0.0278	1.0234
48	0.9701	-0.0228	0.0278	1.0234
49	0.9727	-0.0211	0.0271	1.0241
50	0.9727	-0.0211	0.0271	1.0241
51	0.9702	-0.0224	0.0271	1.0241
52	0.9726	-0.0212	0.0273	1.0239
53	0.971	-0.0221	0.0273	1.0239
54	0.9723	-0.0215	0.0275	1.0236
55	0.9723	-0.0215	0.0275	1.0236
56	0.9715	-0.0219	0.0275	1.0236
57	0.9719	-0.0218	0.0279	1.0233
58	0.9719	-0.0218	0.0279	1.0233
59	0.9704	-0.0233	0.0279	1.0233
60	0.9719	-0.0219	0.0279	1.0232
61	0.9719	-0.0219	0.0279	1.0232
62	0.9721	-0.022	0.0279	1.0232
63	0.972	-0.022	0.028	1.0231
64	0.972	-0.0221	0.028	1.0231
65	0.9716	-0.0224	0.0284	1.0228
66	0.9716	-0.0224	0.0284	1.0228
67	0.9715	-0.0225	0.0285	1.0226
68	0.9715	-0.0225	0.0285	1.0226
69	0.971	-0.023	0.029	1.0221
70	0.971	-0.023	0.029	1.0221
71	0.9709	-0.0231	0.0291	1.022
72	0.9709	-0.0231	0.0291	1.022
73	0.9708	-0.0232	0.0292	1.0219
74	0.9708	-0.0232	0.0292	1.0219
75	0.9702	-0.0238	0.0298	1.0213
76	0.9702	-0.0238	0.0298	1.0213
109	0.9721	-0.0218	0.0278	1.0233
110	0.9708	-0.0229	0.0278	1.0233

Tabel 3 Total Beban dan Rugi Daya Penyulang Dasan Cermen

Total Beban		Rugi Daya	
P (kW)	Q (kVAr)	P (kW)	Q (kVAr)
6773.51	2225.51	141.1742	202.4741

Tabel 4 Tegangan Bus Penyulang Gunung Sari

No Bus	Teg (pu)	Sudut (Degree)	Drop Teg	Norm [i]
1	1	0	0	0
2	0.998	-0.0014	0.002	1.0505
3	0.9956	-0.0029	0.0044	1.048
4	0.9947	-0.0036	0.0053	1.0471
5	0.9944	-0.0038	0.0056	1.0467
6	0.9942	-0.0039	0.0058	1.0465
7	0.994	-0.004	0.006	1.0463
8	0.9937	-0.0042	0.0063	1.046
9	0.9921	-0.0054	0.0079	1.0443
10	0.992	-0.0054	0.008	1.0442
11	0.9919	-0.0055	0.0081	1.0441
12	0.9918	-0.0056	0.0082	1.044
13	0.9917	-0.0056	0.0083	1.0439
14	0.9893	-0.0073	0.0107	1.0413
15	0.987	-0.0089	0.013	1.039
16	0.9869	-0.009	0.0131	1.0388
17	0.9868	-0.009	0.0132	1.0387
18	0.9867	-0.009	0.0133	1.0386
19	0.986	-0.0093	0.014	1.0379
20	0.9855	-0.0095	0.0145	1.0374
21	0.9854	-0.0096	0.0146	1.0373
22	0.9851	-0.0097	0.0149	1.037
23	0.985	-0.0098	0.015	1.0368
24	0.9849	-0.0099	0.0151	1.0367
25	0.9848	-0.0099	0.0152	1.0367
26	0.9848	-0.0099	0.0152	1.0367
27	0.9956	-0.0029	0.0044	1.048
28	0.9947	-0.0036	0.0053	1.0471
29	0.9944	-0.0038	0.0056	1.0467
30	0.9942	-0.0039	0.0058	1.0465
31	0.994	-0.004	0.006	1.0463
32	0.9937	-0.0042	0.0063	1.046
33	0.9921	-0.0054	0.0079	1.0443
34	0.992	-0.0054	0.008	1.0442
35	0.9919	-0.0055	0.0081	1.0441
36	0.9918	-0.0056	0.0082	1.044
37	0.9917	-0.0056	0.0083	1.0439
38	0.9893	-0.0073	0.0107	1.0413
39	0.987	-0.0089	0.013	1.039
40	0.9869	-0.009	0.0131	1.0388
41	0.9868	-0.009	0.0132	1.0387
42	0.9867	-0.009	0.0133	1.0386
43	0.986	-0.0093	0.014	1.0379
44	0.9855	-0.0095	0.0145	1.0374
45	0.9854	-0.0096	0.0146	1.0373

Tabel 5 Total Beban dan Rugi Daya Penyulang Gunung Sari

Total Beban		Rugi Daya	
P (kW)	Q (kVAr)	P (kW)	Q (kVAr)
3974.41	1673.07	23.967	35.7476

Dari hasil metoda faktor sensitifitas rugi-rugi dihasilkan nilai norm [i] diatas dari nilai 1.01(diatas batas nilai norm [i]), sehingga pemilihan lokasi kapasitor ditentukan berdasarkan pengujian melihat hasil rugi daya di tiap-tiap bus pada Penyulang. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengurutkan nilai norm [i] dari norm [i] terkecil hingga norm i terbesar selanjutnya menggunakan metoda *Artificial Bee Colony* untuk melihat nilai keluaran rugi daya aktif dan rugi daya reaktif. Sehingga dipilih lima lokasi kapasitor yang memiliki hasil rugi daya yang paling baik.

Tabel 6 Nilai norm [i] Penyulang Dasan Cermen dan Gunung Sari

Urutan Prioritas	Dasan Cermen	Gunung Sari
	No Bus	
1	60	17
2	57	20
3	52	14
4	64	21
5	65	13

**Hasil Optimasi Pemasangan Kapasitor di Satu Bus Pada Penyulang Cemara**

Bus	Kapasitas Kapasitor (kVAr)		P Loss (kW)		Q Loss (kVAr)		Rerata Profil Tegangan (Pu)	
	ABC	Real	ABC	Real	ABC	Real	ABC	Real
60	2182	250 x 9	128.1425	128.1402	184.0456	184.0373	0.9817	0.9819
57	2186	250 x 9	128.1434	128.1488	184.0482	184.0382	0.9817	0.9819
65	2148.8	250 x 9	128.1888	128.1615	184.1143	184.0285	0.9817	0.9821
52	2225.6	250 x 9	128.1872	128.1700	184.1299	184.1380	0.9816	0.9817
64	2167.7	250 x 9	128.1838	128.1691	184.0875	184.0637	0.9817	0.9819

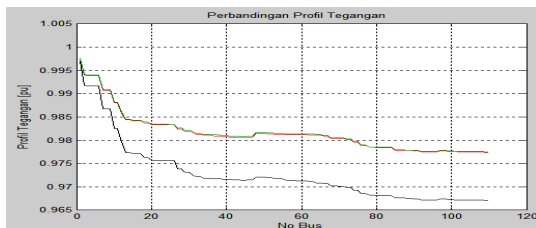
Pemasangan kapasitor di satu bus pada Penyulang Dasan Cermen pada bus 64 dengan kapasitas kapasitor 2167.7 kVAr memiliki peningkatan profil tegangan dan rugi-rugi daya reaktif yang paling baik dibandingkan dengan bus-bus yang lainnya. Sehingga dapat dipilih sebagai tempat dipasangnya kapasitor pada Penyulang Dasan Cermen.

**Hasil Optimasi Pemasangan Kapasitor di Dua Bus**

Bus	Kapasitas Kapasitor (kVAr)		P Loss (kW)		Q Loss (kVAr)		Rerata Profil Tegangan (Pu)	
	ABC	Real	ABC	Real	ABC	Real	ABC	Real
52	1140.4	400 x 3	128.0054	127.9280	183.8224	183.7352	0.9818	0.9820
50	1098.2	350 x 3						
55	989.1	250 x 4	128.0239	127.9982	183.8486	183.6587	0.9818	0.9821
57	1216.3	250 x 5						
54	1113.1	400 x 3	128.0801	128.0536	183.9282	183.7854	0.9817	0.9822
55	1047.7	350 x 3						

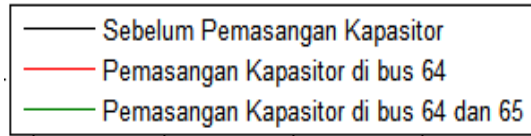
Pemasangan kapasitor di dua bus pada Penyulang Dasan Cermen pada bus 64 dan 65 dengan kapasitas kapasitor 1113.1 dan 1047.7 kVAr (total 2160.8 kVAr) memiliki peningkatan profil tegangan dan rugi-rugi daya reaktif yang paling baik dibandingkan dengan bus-bus yang lainnya, sehingga dapat dipilih sebagai tempat dipasangnya kapasitor pada Penyulang Dasan Cermen.

Perbandingan profil tegangan, rugi-rugi daya aktif dan reaktif sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor satu bus, dua bus, tiga bus dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6 Perbandingan Profil Tegangan pada Penyulang Dasan Cermen

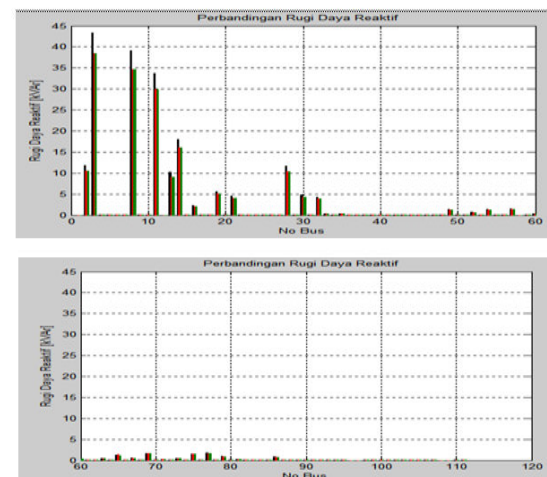
Keterangan:



Gambar 6 berisi perbandingan profil tegangan sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor di satu bus dan dua bus memiliki perbandingan hampir sama tetapi nilai profil tegangan pada pemasangan dua bus memiliki profil tegangan yang paling baik.

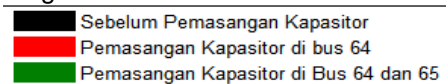


Gambar 7 Perbandingan Rugi-Rugi Daya Aktif Penyulang Dasan Cermen



Gambar 8 Perbandingan Rugi-Rugi Daya Reaktif Penyulang Dasan Cermen

Keterangan:



Gambar 7 dan Gambar 8 berisi perbandingan rugi-rugi daya aktif dan daya reaktif sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor satu bus, dua bus dan tiga bus memiliki perbandingan hampir sama tetapi penurunan rugi-rugi daya reaktif pada pemasangan tiga kapasitor memiliki penurunan rugi-rugi daya aktif dan reaktif yang paling baik.

**Hasil Optimasi Pemasangan Kapasitor di Satu Bus**

Bus	Kapasitas Kapasitor (kVAr)		P Loss (kW)		Q Loss (kVAr)		Rerata Profil Tegangan (Pu)	
	ABC	Real	ABC	Real	ABC	Real	ABC	Real
17	1166.2	400 x 3	20.9132	20.7250	31.1315	30.8567	0.9937	0.9939
20	1109.1	350 x 3	20.9305	20.7502	31.1575	30.8254	0.9938	0.9941
14	1346.4	350 x 4	20.9658	20.6970	31.1908	31.0054	0.9935	0.9936
21	1057.3	400 x 3	21.0129	20.8563	31.2938	30.9981	0.9937	0.9938
13	1433.1	500 x 3	21.0373	21.0120	31.2634	31.1052	0.9929	0.9931

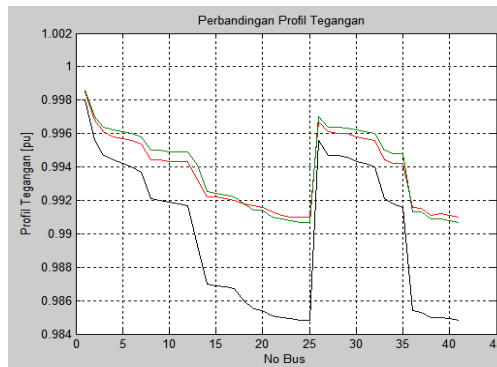
Pemasangan kapasitor di satu bus pada Penyulang Gunung Sari pada bus 20 dengan kapasitas kapasitor 1109.1 kVAr memiliki peningkatan profil tegangan dan rugi-rugi daya reaktif yang paling baik dibandingkan dengan bus-bus yang lainnya, Sehingga dapat dipilih sebagai tempat dipasangnya kapasitor pada penyulang Gunung Sari.

**Hasil Optimasi Pemasangan Kapasitor di Dua Bus**

Bus	Kapasitas Kapasitor (kVAr)		P Loss (kW)		Q Loss (kVAr)		Rerata Profil Tegangan (Pu)	
	ABC	Real	ABC	Real	ABC	Real	ABC	Real
21	621.48	350 x 2	20.5424	20.3898	30.6134	30.3267	0.9938	0.9940
13	809.68	450 x 2	20.5424	20.3898	30.6134	30.3267	0.9938	0.9940
21	566.62	600 x 1	20.6180	20.3890	30.6923	30.5902	0.9940	0.991
14	793.28	400 x 2	20.6180	20.3890	30.6923	30.5902	0.9940	0.991
13	708.58	400 x 2	20.5501	20.1567	30.6256	30.2314	0.9938	0.9939
20	696.75	350 x 2	20.5501	20.1567	30.6256	30.2314	0.9938	0.9939

pemasangan kapasitor di dua bus pada Penyulang Gunung Sari pada bus 13 dan 20 dengan kapasitas kapasitor 708.58 dan 696.75 kVAr (total 1359.9 kVAr) memiliki peningkatan profil tegangan dan rugi-rugi daya reaktif yang paling baik dibandingkan dengan bus-bus yang lainnya Sehingga dapat dipilih sebagai tempat dipasangnya kapasitor pada Penyulang Gunung Sari.

Perbandingan profil tegangan, rugi-rugi daya aktif dan reaktif sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor di satu bus dan dua bus dapat dilihat pada Gambar 9 Gambar 10 dan Gambar 11.



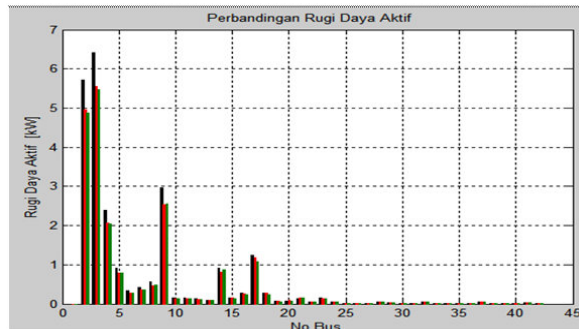
Gambar 9 Perbandingan Profil Tegangan pada Penyulang Gunung Sari

Keterangan:

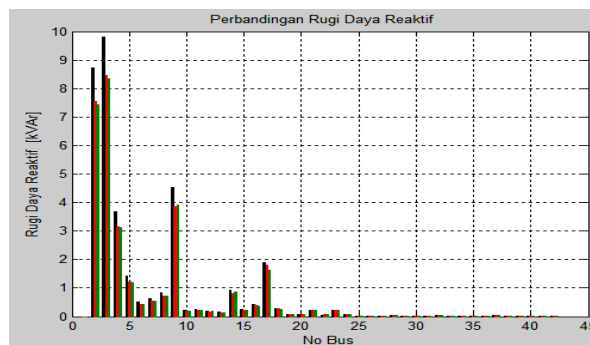
- Sebelum Pemasangan Kapasitor
- Pemasangan Kapasitor di bus 20
- Pemasangan Kapasitor di bus 13 dan bus20

Gambar 9 berisi hasil perbandingan profil tegangan antara pemasangan kapasitor di satu bus dan dua bus

Memiliki perbandingan hampir sama tetapi nilai profil tegangan pada pemasangan kapasitor di dua bus memiliki profil tegangan yang paling baik.



Gambar 10 Perbandingan Rugi-Rugi Daya Aktif penyulang Gunung Sari



Gambar 11 Perbandingan Rugi-Rugi Daya Reaktif pada Penyulang Gunung Sari

Keterangan:

- Sebelum Pemasangan Kapasitor
- Pemasangan Kapasitor di Bus 20
- Pemasangan Kapasitor di bus 13 dan 20

Gambar 10 dan Gambar 11 berisi perbandingan rugi-rugi daya aktif dan reaktif sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor satu bus, dua bus, tiga bus memiliki perbandingan hampir sama tetapi penurunan rugi-rugi daya reaktif pada pemasangan kapasitor di tiga bus memiliki penurunan rugi-rugi daya reaktif yang paling baik.

## KESIMPULAN

1. Lokasi penempatan kapasitor menggunakan metoda faktor sensitifitas rugi-rugi disusun berdasarkan prioritas lokasi penempatan terbaik, Penyulang Dasan Cermen pada bus 60, 57, 52, 64 dan 65, sedangkan Penyulang Gunung Sari pada bus 17, 20, 14, 21 dan 13.
2. Hasil perbaikan rugi daya dan profil tegangan dapat dilihat berdasarkan kapasitasnya menggunakan metoda optimasi *Artificial Bee Colony*. Penyulang Dasan Cermen Total kapasitas kapasitor pada pemasangan kapasitor di dua bus (bus 64 dan 65), lebih kecil 0.319% dari pemasangan kapasitor di satu bus (bus 64) sedangkan Penyulang Gunung Sari Total kapasitas kapasitor pada pemasangan kapasitor di satu bus (bus 20) lebih kecil 22.62% dari pemasangan kapasitor di dua bus (bus 13 dan bus 20).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Danang. S., 2011. Penentuan Letak dan Kapasitas Bank Kapasitor Secara Optimal pada Jaring Transmisi Menggunakan *Bee Colony Algorithm*. Surabaya:ITS
- [2] Dibyo L. H., 2010, Optimasi Penempatan Kapasitor pada Sistem Tenaga Listrik dengan Menggunakan Algoritma Genetik (Studi Kasus Sistem PT. PLN Sumbar-Riau). Padang: Unand
- [3] Dri, A., 2012 "Meminimalkan Rugi-Rugi Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah Dengan Pemasangan Kapasitor" Tanjung Pura: Teknik Universitas Tanjungpura

- [4] Gonen, T., 1986, *Electric Power Distribution System Engineering*, McGraw-Hill, USA.
- [5] Karaboga, D., 2005. *An Idea Based On Honey Bee Swarm For Numerical Optimization*. Technical Report-TR06, Erciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering Department.
- [6] Kartikeya, S. A., and Rafi K. M., 2011. *Optimal Capacitor Placement in Radial Distribution Systems using Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, Innovative Systems Design and Engineering ISSN 2222-1727 (Paper) ISSN 2222-2871 (Online) Vol 2, No 4*.
- [7] Natsir Abdul., 2000. Penentuan Lokasi Kapasitor Pada Sistem Distribusi Dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan. Surabaya:ITS.
- [8] Noverdy, R. D., 2012. Analisis Aliran Daya Pada Sistem Distribusi Radial 20kV PT. PLN (Persero) Ranting Rasau Jaya. Tanjungpura : Teknik Tenaga Listrik Universitas Tanjungpura.
- [9] Rao, S. R., Narasimham S. V. L., and Ramalingaraju, M., 2008. *Optimization of Loss Reduction Using Artificial Bee Colony Algorithm*. India : Jawaharlal Nehru Technological University, Hyderabad.
- [10] Restu D, C., 2008. Studi Perbaikan Kualitas Tegangan dan Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang Pupur Dan Bedak Menggunakan Bank Kapasitor, Trafo Pengubahan Tap Dan Penggantian Kabel Penyulang. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [11] Zakka, S., Reddy, M, B., and Palepu, S, B., 2012. *Optimal Capacitor Placement Using Fuzzy And Artificial Bee Colony Algorithm For Maximum Loss Reduction*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 3, Issue 10, ISSN 2229-5518.