

OPTIMASI PENEMPATAN DAN KAPASITAS KAPASITOR UNTUK MEMINIMALKAN SUSUT DAYA PADA PENYULANG TABANAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANT COLONY OPTIMIZATION (ACO)

Fadil Arialdi¹, Rukmi Sari Hartati², I Made Mataram²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Unud

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Unud

Kampus Bukit Jimbaran, Badung-Bali

E-mail : fadilarialdi1@gmail.com¹

ABSTRAK

Listrik menjadi salah satu kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi, karena energi listrik sangat berperan dalam membantu kehidupan sehari-hari, seperti untuk penerangan, dan kebutuhan barang elektronik. Dalam penyaluran daya ke konsumen terdapat susut daya pada saluran sistem distribusi. Untuk mengurangi susut daya maka diperlukan pemasangan kapasitor. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi susut daya pada penyulang Tabanan menggunakan metode Ant Colony Optimization (ACO). Total susut daya sebelum dipasang kapasitor sebesar 0,421 MW (6,4%), setelah analisis didapat penempatan kapasitor terletak pada bus 10 dengan kapasitas 1000 KVAR, dapat menurunkan susut daya menjadi 0,145 MW (2,2%).

Kata kunci : Susut daya, Optimasi, Kapasitor, Ant Colony Optimization

ABSTRACT

Electricity is one of the needs of society that must be met, because electricity is very instrumental in helping everyday life, such as lighting, and for the electronic needs. In distributing power to consumers there is a power loss in the distribution system channel. To reduce power loss, it is necessary to install capacitors. This study aims to reduce power losses in Tabanan feeders using the Ant Colony Optimization (ACO) method with 10 attempts using MATLAB. The total power loss before the capacitor is installed is 0.421 MW (6,4%), after the analysis is obtained the placement of the capacitor located on bus 10 with a capacity of 1000 KVAR, can reduce the power loss to 0.145 MW (2,2%).

Key Words : Power loss, Optimization, Capacitor, Ant Colony Optimization

1. PENDAHULUAN

Listrik menjadi salah satu kebutuhan masyarakat yang harus dipenuhi, karena energi listrik sangat berperan dalam membantu kehidupan sehari-hari, seperti untuk penerangan, kebutuhan barang elektronik dll. Tanpa adanya listrik, infrastruktur masyarakat sekarang tidak akan menyenangkan [1]. Kebutuhan listrik tidak hanya diperuntukkan bagi perumahan saja, tetapi juga dibutuhkan dalam bidang usaha seperti pertokoan, industri, kantor dan perhotelan. Hal ini menyebabkan peningkatan kebutuhan energi listrik yang semakin besar.

Seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk saat ini maka kebutuhan masyarakat akan listrik meningkat, sehingga penyediaan listrik harus diimbangi dengan penyediaan yang baik. Namun dalam penyaluran energi listrik terdapat beberapa masalah salah satunya adalah susut daya. Susut daya merupakan berkurangnya daya yang dikirim dari pemasok (PLN) kepada pemakai (konsumen), sehingga daya yang hilang akibat susut daya tidak terjual. Akibat yang di timbulkan dari susut daya bagi penyedia (PLN) mengalami kerugian karena membangkitkan daya yang cukup besar

tetapi tidak memperoleh keuntungan dari penjualan daya tersebut.

Bali menjadi salah satu daerah di Indonesia yang masih mengalami kerugian karena susut daya, khususnya pada penyulang Tabanan. Penyulang tabanan memiliki suplai sebesar 6,547 MW dengan susut daya sebesar 0,421 MW (6,4%).

Salah satu cara untuk mengurangi susut daya adalah dengan pemasangan kapasitor. Untuk memasang kapasitor dan menentukan kapasitasnya ada beberapa metode yang bisa digunakan seperti *Quantum Genetic Algorithm* (QGA), *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Ant Colony Optimization* (ACO). Pada penelitian "Optimasi Pemasangan Kapasitor pada Sistem Jaringan Listrik Distribusi di Bali Menggunakan Metode *Quantum Genetic Algorithm*" dilakukan pada penyulang Penyabangan Singaraja yang memiliki 162 bus, terdapat 31 bus yang memiliki nilai faktor daya kurang dari batas yang diizinkan dan nilai rugi-rugi daya sebesar 0,0674 MW dan 0,0546 MVar. Setelah dipasang kapasitor pada 31 bus tersebut terjadi penurunan rugi-rugi daya menjadi 0,0543 MW dan 0,0442 MVar [2].

Berdasarkan penelitian "*Optimal Path Pair Routes through Multi-Criteria Weights in Ad Hoc Network Using Genetic Algorithm*" disebutkan bahwa dengan banyaknya rute pasangan jalur dan komputasi yang rumit maka dalam menemukan nilai optimal menggunakan metode *Genetic Algorithm*. Dari hasil simulasi, rute pasangan jalur optimal diperoleh dengan bobot berbeda-beda, bobot lebih besar memiliki prioritas lebih tinggi dan menghasilkan kinerja optimal dan waktu komputasi untuk fungsi skalarasi dengan bobot bervariasi yang memiliki perbedaan sangat kecil bahkan hampir identik [3].

Pada penelitian ini dalam upaya meminimalkan susut daya pada penyulang Tabanan digunakan metode *Ant Colony Optimization* (ACO). Metode ini digunakan karena dapat menemukan lokasi penempatan dan kapasitas kapasitor yang optimal, sehingga dapat mengurangi susut daya.

2. METODE OPTIMASI

2.1 Susut Daya

Daya listrik yang dikirim dari sumber pembangkit listrik ke beban akan mengalami susut, disamping susut tegangan maka akan didapat pula susut daya yaitu [4] :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R_{efektif} \quad (1)$$

ΔP = susut daya (KW)

I = arus yang mengalir (Ampere)

$R_{efektif}$ = resistensi saluran efektif (ohm/Km)

Jika kerugian daya telah diperoleh maka besar persentase kerugian daya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\%P_{loss} = \frac{P_{loss}}{P} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

P_{loss} = susut daya (watt)

P = besar daya yang disalurkan (watt, KW, MW)

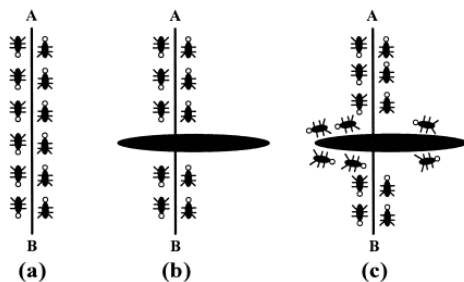
2.2 Ant Colony Optimization (ACO)

Ant Colony Optimization (ACO) adalah sebuah metaheuristik pendekatan untuk kombinatorial permasalahan optimasi, yang bisa dianggap sebagai paradigma untuk semua *Ant Colony Search Algorithms* (ACSA) yang terinspirasi dari perilaku serangga dalam mencari makan, terutama semut. Dari perspektif yang lebih luas, algoritma ACO termasuk kelas algoritma MBS (*model-based search*). Algoritma MBS telah menjadi metode yang semakin populer untuk memecahkan masalah optimasi kombinatorial. Sebuah algoritma MBS dicirikan oleh penggunaan model probabilistik (parameter) yang digunakan untuk menghasilkan solusi untuk masalah yang bermasalah. Algoritma MBS bisa dikelompokkan dalam dua katagori berdasarkan bagaimana model probabilistik digunakan : (i) algoritma yang menggunakan model probabilistik yang diberikan tanpa mengubah model struktur selama waktu berjalan; (ii) dan algoritma yang menggunakan model probabilistik dan mengubah model probabilistik dalam fase-fase bolak-balik. Algoritma ACO termasuk dalam kategori pertama. Pada waktu berjalan, algoritma ACO akan memperbarui nilai parameter dari model probabilistik sedemikian rupa sehingga akan ada lebih

banyak peluang untuk menghasilkan solusi berkualitas tinggi dari waktu ke waktu.

Algoritma ACS pertama kali diusulkan oleh Dorigo pada tahun 1990-an. ACS tergolong ke algoritma heuristik yang terinspirasi secara biologis, itu dikembangkan terutama berdasarkan perilaku nyata semut mencari makan. Hal ini akan berguna untuk memahami bagaimana semut yang merupakan hewan buta dengan kapasitas individu yang sangat sederhana yang bekerja bersama dalam koloni, untuk menemukan rute terpendek antara sarang semut dan sumber makanan [5].

Seperti diketahui, semut mampu menemukan jalur terpendek dari sumber makanan ke sarang tanpa menggunakan isyarat visual. Mereka juga mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan. Misalnya, menemukan jalur terpendek yang baru setelah jalur lama tidak layak lagi karena hambatan baru. Namun, semut mampu mengatur jalur terpendek melalui media yang disebut "Feromon". Feromon adalah bahan yang disimpan oleh semut, yang berfungsi sebagai informasi komunikasi kritis di antara semut, sehingga memandu penentuan gerakan selanjutnya. Percobaan apapun yang kaya dengan feromon akan menjadi jalur tujuan.



Gambar 1. Contoh perilaku semut dalam menemukan rute.

Seperti diilustrasikan pada Gambar 1, dengan panduan intensitas feromon, semut memilih jalur yang lebih baik. Akhirnya, jalur favorit yang memiliki banyak feromon menjadi rute terbaik untuk permasalahan tersebut. Konsep ini mengembangkan munculnya metode ACSA (*Ant Colony Search Algoritma*). Pada

awalnya, setiap semut ditempatkan pada keadaan awal. Masing-masing akan membangun jalur lengkap, dari awal ke keadaan akhir, melalui penerapan aturan keadaan transisi yang berulang. Saat membangun perjalanannya, semut juga memodifikasi jumlah feromon pada jalan yang dilewati dengan menerapkan aturan pembaruan lokal. Setelah semua semut mengakhiri perjalanan mereka, jumlah feromon di tepi dimodifikasi lagi melalui aturan pembaruan global. Dengan kata lain, aturan pembaruan feromon dirancang sedemikian rupa sehingga cenderung memberi lebih banyak feromon ke jalur yang harus dilalui oleh semut.

(a) Peraturan keadaan Transisi.

Aturan keadaan transisi yang digunakan oleh sistem semut, yang disebut sebuah aturan acak-proporsional, dirumuskan sebagai (3), yang memberikan probabilitas dengan ant k di node I untuk pindah ke node j.

$$p_k(i, j) = \begin{cases} \frac{[\tau(i, j)] [\eta(i, j)]^\beta}{\sum_{m \in J_k(i)} [\tau(i, m)] [\eta(i, m)]^\beta} & \text{if } j \in J_k(i) \\ 0, & \end{cases} \quad (3)$$

τ = feromon yang disimpan di tepi antara simpul i dan simpul j

η = kebalikan dari jarak tepi

$J_k(i)$ = set node yang tetap dikunjungi oleh semut k diposisikan pada node i

β = parameter yang menentukan kepentingan relative feromon : jarak.

Rumus tersebut menunjukkan bahwa aturan keadaan transisi menguntungkan transisi menuju simpul yang dihubungkan oleh tepi yang lebih pendek dan dengan jumlah feromon yang lebih besar.

(b) Peraturan pembaruan Lokal.

Saat membangun perjalanannya, setiap semut memodifikasi feromon oleh aturan pembaruan lokal. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\tau(i, j) = (1 - \rho)\tau(i, j) + \rho\tau_0 \quad (4)$$

τ_0 = nilai feromon awal

ρ = parameter yang didefinisikan secara heuristik.

Aturan pemutakhiran lokal dimaksudkan untuk mengacak proses

pencarian. Oleh karena itu, keinginan dari jalur dapat berubah secara dinamis. Simpul yang dikunjungi sebelumnya oleh semut tertentu juga bisa dieksplorasi kemudian oleh semut lainnya. Ruang pencarian dapat diperpanjang. Jadi yang dilakukan selanjutnya, semut akan menggunakan informasi feromon dengan lebih baik tanpa pembaruan lokal, semua semut akan mencari di lingkungan yang sempit dari perjalanan terbaik sebelumnya.

(c) Peraturan Pembaruan Global.

Ketika perjalanan selesai, aturan pembaruan global diterapkan ke tepi perjalanan semut yang terbaik. Aturan ini dimaksudkan untuk memberikan jumlah feromon yang lebih besar ke perjalanan yang lebih pendek, yang dapat diekspresikan di bawah:

$$\tau(i, j) = (1 - \sigma) \tau(i, j) + \sigma \delta^{-1} \quad (5)$$

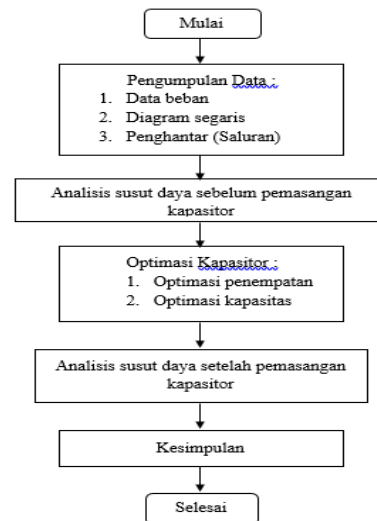
δ = jarak dari perjalanan terbaik global dari awal percobaan

$\sigma \in [0, 1]$ = parameter peluruhan feromon.

Aturan ini dimaksudkan untuk melakukan pencarian lebih diarahkan. Oleh karena itu, kemampuan mencari solusi optimal dapat ditingkatkan melalui aturan ini dalam proses pemecahan masalah.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Riset Manajemen Energi Listrik, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Februari sampai Juni 2018. Analisis Data dapat dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Berikut penjelasan pada Gambar 2 :

Langkah 1. Pengumpulan Data

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data, yaitu data beban, diagram segaris dan panjang penghantar. Data tersebut diperoleh dari observasi lapangan di PT. PLN (Persero) area Bali Selatan. Setelah data diperoleh kemudian dilakukan analisis rugi-rugi daya.

Langkah 2. Analisis Susut Daya Sebelum Pemasangan Kapasitor

Analisis dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi daya pada penyulang Tabanan.

Langkah 3. Optimasi Kapasitor

Dalam optimasi kapasitor, langkah yang dilakukan adalah menentukan penempatan kapasitor dan optimasi kapasitasnya menggunakan metode optimasi *Ant Colony Optimization* (ACO).

Langkah 4. Analisis Susut Daya Setelah Pemasangan Kapasitor

Setelah pemasangan kapasitor dilakukan analisis susut daya untuk melihat hasil dari pemasangan kapasitor yang berpengaruh terhadap nilai penurunan rugi-rugi daya.

Langkah 5. Penarikan Kesimpulan

Berdasarkan langkah keempat maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Susut Daya Sebelum Dipasang Kapasitor

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa hasil analisis program menggunakan metode Ant Colony Optimization pada Penyulang Tabanan, terdapat penyusutan daya (Loss) pada saluran antar bus. Total susut daya setelah dianalisis pada kondisi awal adalah sebesar 0,421 MW.

Tabel 1. Analisis aliran daya sebelum pemasangan kapasitor pada penyulang Tabanan

Dari BUS	Ke BUS	Line Loss (MW)	Dari BUS	Ke BUS	Line Loss (MW)
1	2	0,002309407	52	53	2,04132E-09
2	3	1,61246E-10	52	54	1,58149E-05
2	4	0,003933905	54	63	8,87408E-06
4	5	0,000785815	54	62	1,36406E-07
5	6	3,78377E-08	54	58	1,77016E-06
5	7	2,95382E-07	54	56	5,19213E-08
5	9	2,76208E-07	54	55	5,32481E-08
5	10	0,000650681	58	59	4,75106E-07
7	8	7,08854E-08	59	60	1,16416E-07
10	32	0,002186375	59	61	1,23118E-07
10	11	1,29171E-05	56	57	1,6071E-10
10	15	0,000130913	63	64	3,71046E-06
11	12	1,01907E-06	64	65	2,54715E-07
12	13	1,71226E-07	64	70	2,25766E-08
12	14	3,84671E-07	64	66	7,9576E-07
32	33	0,000301929	66	67	1,10777E-07
33	35	0,000681015	67	69	1,94326E-08
33	34	4,31927E-07	67	68	1,22201E-08
35	36	3,35528E-10	15	16	3,28511E-07
35	37	1,31034E-08	15	17	2,73623E-05
35	38	0,074129536	17	18	8,42316E-07
35	43	6,86855E-07	17	19	1,96444E-05
35	44	0,000357535	19	20	7,44128E-06
38	39	0,14464107	20	21	5,6613E-06
38	40	0,108028262	20	26	5,77194E-06
38	41	0,082628318	21	22	1,46089E-06
41	42	1,21866E-07	21	24	3,96304E-07
44	45	1,53282E-07	21	25	2,24635E-07
44	46	3,18397E-06	22	23	3,35354E-08
44	50	6,13418E-06	26	27	5,54498E-09
44	48	3,41235E-06	26	28	1,55454E-06
44	51	4,54755E-05	28	29	4,79548E-07
46	47	1,87699E-08	29	30	2,54685E-08
48	49	1,73318E-06	30	31	8,20885E-08
51	52	7,84875E-06	TOTAL		0,420952807
		TOTAL Loss : 0,421			

4.2 Analisis Susut Daya Setelah Dipasang Kapasitor.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa bus 10 yang dipasang kapasitor dengan kapasitas 1000 KVAR (Gambar 3). Susut daya berkurang sebanyak 0,276 MW dari kondisi awal sebelum pemasangan

kapasitor. Sehingga total susut daya yang semula 0,421 MW (6,4%) setelah pemasangan kapasitor shunt menurun menjadi 0,145 MW (2,2%). Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa ketika kapasitor shunt dipasang pada sistem jaringan distribusi, terjadi injeksi arus kapasitif. Kapasitor shunt dapat mengurangi beban daya reaktif induktif yang menyebabkan arus yang mengalir pada penghantar menjadi lebih kecil, sehingga dapat mengurangi besarnya susut daya pada penyulang

Tabel 2. Analisis susut daya pada saluran antar bus setelah pemasangan kapasitor pada penyulang Tabanan

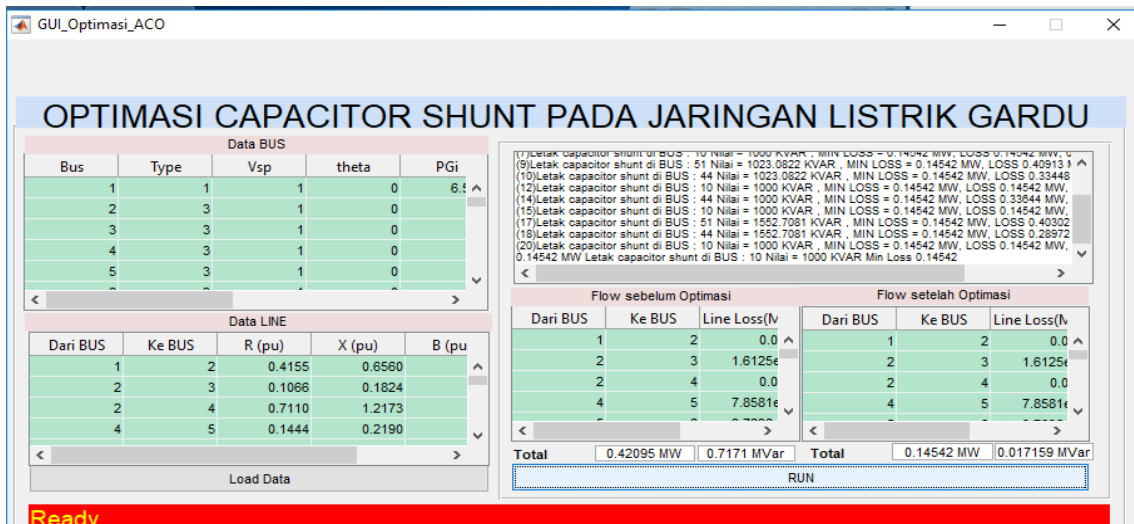
Dari BUS	Ke BUS	Line Loss(MW)	Dari BUS	Ke BUS	Line Loss(MW)
1	2	0,002309407	52	53	2,04132E-09
2	3	1,61246E-10	52	54	1,58149E-05
2	4	0,003933905	54	63	8,87408E-06
4	5	0,000785815	54	62	1,36406E-07
5	6	3,78377E-08	54	58	1,77016E-06
5	7	2,95382E-07	54	56	5,19213E-08
5	9	2,76208E-07	54	55	5,32481E-08
5	10	0,000650681	58	59	4,75106E-07
7	8	7,08854E-08	59	60	1,16416E-07
10	32	-0,009453224	59	61	1,23118E-07
10	11	-0,056686012	56	57	1,6071E-10
10	15	-0,20706714	63	64	3,71046E-06
11	12	1,01907E-06	64	65	2,54715E-07
12	13	1,71226E-07	64	70	2,25766E-08
12	14	3,84671E-07	64	66	7,9576E-07
32	33	0,000301929	66	67	1,10777E-07
33	35	0,000681015	67	69	1,94326E-08
33	34	4,31927E-07	67	68	1,22201E-08
35	36	3,35528E-10	15	16	3,28511E-07
35	37	1,31034E-08	15	17	2,73623E-05
35	38	0,074129536	17	18	8,42316E-07
35	43	6,86855E-07	17	19	1,96444E-05
35	44	0,000357535	19	20	7,44128E-06
38	39	0,14464107	20	21	5,6613E-06
38	40	0,108028262	20	26	5,77194E-06
38	41	0,082628318	21	22	1,46089E-06
41	42	1,21866E-07	21	24	3,96304E-07
44	45	1,53282E-07	21	25	2,24635E-07
44	46	3,18397E-06	22	23	3,35354E-08
44	50	6,13418E-06	26	27	5,54498E-09
44	48	3,41235E-06	26	28	1,55454E-06
44	51	4,54755E-05	28	29	4,79548E-07
46	47	1,87699E-08	29	30	2,54685E-08
48	49	1,73318E-06	30	31	8,20885E-08
51	52	7,84875E-06	TOTAL		0,145416225
		TOTAL Loss : 0,145			

4.3 Optimasi Penempatan dan kapasitas Kapasitor

Lokasi penempatan dan kapasitas kapasitor menggunakan metode *Ant Colony Optimization* dipilih secara acak. Dari pemilihan acak tersebut *ant colony* ditempatkan berdasarkan nilai susut daya yang terjadi. Hasilnya adalah bus yang dipilih sebagai lokasi penempatan kapasitor dengan kapasitas yang ditentukan secara otomatis dapat mengurangi susut daya pada saluran. Dari 10 kali percobaan yang

dilakukan, lokasi penempatan kapasitor yang dominan adalah bus 10 dengan kapasitas kapasitor 1000 KVAR. Proses

analisa *ant colony* pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil run menggunakan metode *ant colony optimization*

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil simulasi optimasi penempatan dan kapasitas kapasitor pada sistem distribusi penyulang Tabanan, dapat disimpulkan :

1. Hasil perhitungan sebelum penempatan kapasitor menggunakan *software* MATLAB diperoleh susut daya sebesar 0,421 MW.
2. Hasil simulasi optimasi penempatan kapasitor dengan kapasitas 1000 KVAR pada bus 10 menggunakan metode *Ant Colony Optimization* diperoleh susut daya sebesar 0,145 MW. Hal tersebut menunjukkan bahwa terjadi penurunan susut daya sebesar 2,2%.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] A.S Pabla dan Abdul Hadi. 1991. Sistem Distribusi Daya Listrik. Penerbit Erlangga. Jakarta.

[2] Permata. M. G. A. A., Antonius. I. W., Widyadi. S. 2019. "Optimasi Pemasangan Kapasitor Pada Sistem Jaringan Listrik Distribusi Di Bali Menggunakan Metode *Quantum Genetic Algorithm*". *Jurnal SPEKTRUM Vol. 6, No. 1*

[3] Gunantara Nyoman, Agus Dharma. 2017. "Optimal Path Pair Routes through Multi-Criteria Weights in Ad Hoc

Network Using Genetic Algorithm" *International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS)*. Vol. 9, No. 1.

[4] Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. USA : McGraw-Hill.

[5] Kwang. Y. L., Mohammed. A., El-Sharkawi. 2007. *Modern Heuristic Optimization Techniques*. Hal 89. IEEE Press. Washington.

[6] PT. PLN (Persero) area Bali Selatan. 2016.

[7] SPLN 72 : 1987. Spesifikasi desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR), PLN 1987.

[8] Tzong Su. C., Chung-Fu C., Ji-Pyng. C. 2005. *Optimal Capacitor Placement in Distribution Systems Employing Ant Colony Search Algorithm*. Taylor & Francis Paper. Hal. 931-947