**PENERAPAN ALGORITMA KUNANG – KUNANG UNTUK PENENTUAN LOKASI SERTA KAPASITAS KAPASITOR PADA JARINGAN DISTRIBUSI**

1Yoakim Simamora, 2Septianissa Azzahra

1, 2Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Institut Teknologi PLN

1yoakim@itpln.ac.id, 2septianissa@itpln.ac.id

**I N F O A R T I K E L**

Diterima : 29 November 2020

Direvisi : 14 Januari 2021

Disetujui : 21 Januari 2021

Kata Kunci :

Algoritma Kunang – Kunang, Jatuh Tegangan, Rugi Daya

**A B S T R A K**

Meningkatkanya pertumbuhan penduduk, pertumbuhan industri serta pertumbuhan ekonomi masyarakat Indonesia berbanding lurus dengan tingkat kebutuhan konsumen akan kebutuhan tenaga listrik, hal ini menyebabkan semakin luasnya topologi jaringan listrik dari pembangkit, sistem transmisi, sistem distribusi tegangan menengah hingga sistem distribusi tegangan rendah. Pada saat ini sistem distribusi yang masih sering digunakan adalah sistem distribusi radial, dampak dari penggunaan sistem distribusi radial adalah rugi daya aktif dan jatuh tegangan yang tinggi, salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan pemasangan kapasitor. Penelitian ini membahas tentang algoritma kunang-kunang (firefly algorithm) untuk memberi solusi yang tepat pada penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor. Algoritma kunang - kunang merupakan salah satu algoritma kecerdasan buatan yang terinspirasi dari perilaku berkedip kunang-kunang, tujuan utama dari perilaku berkedip kunang-kunang adalah untuk menarik kunang-kunang yang lain. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan rugi daya aktif pada jaringan distribusi radial. Skema ini akan di ujikan pada sistem distribusi IEEE 12,66 kV. Hasil simulasi sebelum dilakukan optimasi pemasangan kapasitor pada sistem distribusi IEEE 12,66 kV diperoleh rugi daya aktif sebesar 202,69 kW dengan tegangan minimum sebesar 0,91 pu. Optimasi ini dilakukan dengan 4 skenario yaitu pemasangan kapasitor dengan 2 kapasitor, 3 kapasitor, 4 kapsitor, dan 5 kapasitor, dari hasil simulasi yang telah dilakukan dengan 4 skenario diperoleh skenario dengan pemasangan 5 kapasitor mengahsilakn penurunan rugi daya aktif yang paling kecil yaitu sebesar 134,38 kW (33,7%) dengan tegangan minimum 0,94 pu.

1. Pendahuluan

Sistem distribusi adalah salah satu bagian penting dari sistem tenaga listrik, hal ini dikarenakan sistem distribusi merupakan bagian yang mendistribusikan tenaga listrik dari sumber daya listrik yang dihasiilkan oleh pembangkit hingga bisa sampai ke konsumen, mutu dalam sistem distribusi merupakan salah satu permaslahan mendasar yang terjadi, mutu pada sistem distribusi harus tetap dijaga agar kontinuitas pelayanan terhadap konsumen, penurunan mutu bisa terjadi karena *power factor*, rugi daya aktif pada jaringan, dan jatuh tegangan [1].

Pendekatan artificial intelligence menggunakan berbagai jenis metaheuristik telah diusulkan untuk optimisasi tujuan tunggal masalah penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor pada sistem distribusi radial. Nara pada tahun 1992 memperkenalkan *genetic algorithm* untuk penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor untuk meminimalkan kerugian daya. Zhu mengusulkan pendekatan Binary GeneticAlgorithm dengan proses mutasi adaptif untuk memecahkan penentuan lokasi dan kapasitaskapasitor jaring distribusi dengan tujuan minimal kerugian daya. Su menyajikan penentuan lokasi  
dan kapasitas kapasitor dengan Ant Colony Optimization (ACO) untuk pengurangan kerugian daya. Shariatkhah menggunakan harmony search algorithm dan dynamic programming untuk memecahkan penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor feeder distribusi untuk minimum kerugian daya. Wu Chang Wu menyajikan penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor menggunakan BinaryCoding Particle Swarm Optimization untuk mengurangi kerugian daya pada system Distribusi. Souza mengusulkan pendekatan artificial intelligence Copt-aiNet dan Opt-aiNet untuk meminimalkan rugi biaya pada jaringan distribusi [2].

Kapasitor merupakan komponen kompensator daya reaktif yang berfungsi untuk memperbaiki *power factor*. Kapasitor sebagai pengatur tegangan mampu untuk mengurangi rugi jaringan dan tegangan jatuh pada sistem distribusi. Daya reaktif yang dibutuhkan peralatan listrik  
dapat dengan mudah diperoleh dari kapasitor. Sehingga aliran daya reaktif dari pembangkit yang  
jauh dapat dihindari. Oleh karena itu kapasitor dapat mengurangi rugi jaringan akibat aliran daya  
reaktif [3].

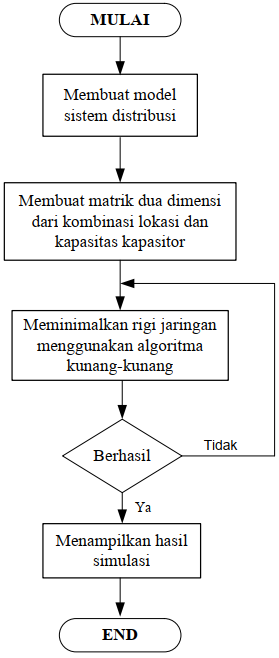
Penelitian ini menggunakan pemasangan kapasitor untuk meminimalkan rugi jaringan. Metode yang digunakan menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor adalah algoritma kunang-kunang (firefly algorithm). Skema ini akan diujikan pada sistem distribusi IEEE 12,66 kV. Diharapkan lokasi dan kapasitas kapasitor yang optimal mampu mengurangi rugi daya aktif pada jaringan [4].

1. metode penelitian
2. Metode Penelitian

Pemodelan sistem distribusi yang digunakan adalah sistem IEEE 33 bus 12,66 kV. Tahapan setelah mendapatkan pemodelan sistem distribusi adalah membuat matrik dua dimensi. Matrik dua dimensi ini terdiri dari nilai lokasi kapasitor dan kapasitas kapasitor. Lokasi penempatan kapasitor berdasarkan pada jumlah bus pada sistem  
distribusi. Nilai kapasitas kapasitor dibatasi oleh nilai faktor daya dan daya beban pada jaringan distribusi. Tahapan setelah mendapatkan matrik dua dimensi adalah melakukan optimalisasi kombinasi lokasi dan kapasitas kapasitor. Optimisasi kombinasi ini menggunakan algoritma  
kunang-kunang.

1. Langkah Penelitian

Langkah – langkah penelitian dibuat dalam diagram alir seperti Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan data sampai dengan menampilkan hasil simulasi. Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah penelitian yang jelas dan terperinci.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

1. Algoritma Kunang – Kunang

*Binary firefly algorithm* merupakan pengembangan dari metode algoritma *firefly*. Pengembangan yang dilakukan adalah data masukan dan keluaran berupa data *binary* yaitu “0” dan “1”. Data keluaran pada *Binary Firefly Algorithm* berupa data *binary* sehingga perlu fungsi tambahan yaitu fungsi *sigmoid*. Fungsi *sigmoid* dirumuskan seperti persamaan (1) [5].

(1)

(2)

*Firefly algorithm* pertama sekali dikembangkan oleh Dr Xin-She Yang di Universitas Cambridge pada tahun 2007. Algoritma kunang-kunang atau *Firefly algorithm* merupakan salah satu algoritma kecerdasan buatan atau algoritma metaheuristik yang terinspirasi dari perilaku berkedip kunang-kunang. Tujuan utama dari perilaku berkedip kunang-kunang adalah untuk menarik kunang-kunang yang lain. Algoritma kunang-kunang memiliki tiga perumusan ideal :

|  |  |
| --- | --- |
| 1. | Semua kunang bersifat *unisex* yang menyebabkan satu kunang-kunang dapat tertarik dengan kunang-kunang lainnya tanpa memandang jenis kelamin. |
| 2 | Ketertarikan kunang-kunang yang satu dengan kunang-kunang lainnya berbanding lurus dengan tingkat kecerahan kunang-kunang tersebut, sehingga kunang-kunang dengan kecerahan yang redup (kurang terang) akan tertarik dan bergerak kearah ke kunang-kunang dengan tingkat kecerahan yang lebih terang. Tingkat kecerahan akan berkurang seiring dengan bertambahnya jarak, apabila tidak ada kunang-kunang yang lebih terang, maka kunang-kunang akan bergerak acak. |
| 3. | Tingkat Kecerahan kunang-kunang dideterminasikan oleh nilai fungsi tujuan dari masalah yang diberikan. Dalam masalah optimasi tingkat kecerahan cahaya berbanding lurus dengan nilai dari fungsi tujuan yang ingin dicapai. |

Fungsi keatraktifan dan intensitas cahaya mrupakan dua hal penting dalam algoritma *firefly*. Tingkat intensitas cahaya berpengaruh terhadap tingkat keatraktifan kunang-kunang. Fungsi keatraktifan terlihat pada persamaan (3).

𝛽(𝑟) = 𝛽0 ∗ 𝑒(-𝛾𝑟𝑚), (𝑚 ≥ 1) (3)

Nilai intensitas cahaya (γ) berpengaruh terhadap nilai keatraktifan kunang-kunang (β). Jarak antara kunang-kunang i dan j pada lokasi x, xi dan xj dapat ditentukan ketika dilakukan peletakan titik dimana kunang-kunang tersebut disebar secara acak. Jarak antar kunang-kunang mengaikuti persamaan berikut :

(4)

Dimana jarak diantara kedua kunang-kunang (rij) adalah selisih dari koordinat lokasi kunang-kunang i terhadap kunang-kunang. Pergerakan kunang-kunang i yang bergerak kearah kunang-kunang dengan tingkat kecerahan atau tingkat itensitas cahaya yang terbaik dapat dilihat melalui persamaan (5).

(5)

Dimana posisi awal kunang-kunang (xi), keadaan cuaca atau lingkungan (γ), jarak antar kunang-kunang (xi-xj), dan tingkat keatraktifan (β) dapat memengaruhi pergerakan kunang-kunang (xi baru) [6].

1. Biaya Pemasangan Kapasitor

Pada penelitian mempertimpangkan biaya pemasangan kapasitor pada sistem distribusi IEEE 33 bus 12,66 kV sesuai dengan referensi jurnal [7]. Perhitungan biaya pemasangan kapasitor sesuai dengan persamaan (6).

Total biaya = ( x ) + ( x ) (6)

Dimana “” adalah rugi daya aktif, “” adalah konstanta biaya rugi jaringan, “” adalah konstanta biaya pemasangan kapasitor, dan “” adalah kapasitas kapasitor yang akan dipasang.

Tabel I

Data konstanta biaya pemasangan kapasitor

| No | Kapasitas Kapasitor (kVAR) | Biaya Kapasitor ($/kVAR) |
| --- | --- | --- |
| 1 | 150 | 0,5 |
| 2 | 350 | 0,35 |
| 3 | 450 | 0,253 |
| 4 | 600 | 0,22 |
| 5 | 800 | 0,276 |
| 6 | 900 | 0,183 |
| 7 | 1050 | 0,228 |
| 8 | 1200 | 0,17 |
| 9 | 1350 | 0,207 |
| 10 | 1500 | 0,201 |
| 11 | 1650 | 0,193 |
| 12 | 1800 | 0,87 |
| 13 | 1950 | 0,211 |
| 14 | 2100 | 0,176 |

Tabel I merupakan data biaya pemsangan kapasitor yang digunakan pada sistem distribusi IEEE 33 bus 12,66 kV.

1. Penerapan Algoritma Kunang – Kunang untuk Penentuan Lokasi dan Kapasitas Kapasitor

Perancangan *coding* simulasi optimalisasi pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Matlab 2014a dengan metode algoritma kunang – kunang. Simulasi ini dirancang dengan 4 tahap utama yaitu tahap pertama menentukan kondisi awal sistem distribusi IEEE 33 bus 12,66 kV dalam hal ini kondisi rugi jaringan dan profil tegangan tahap awal, tahap kedua adalah validasi hasil *coding* matlab dengan perangkat lunak ETAP 12.6, tahap ketiga optimalisasi penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor pada jaringan distribusi, dan tahap keempat menampilkan keadaan setelah diperoleh lokasi dan kapasitas kapasitor yang paling optimal. Langkah penerapan algoritma kunang – kunang dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Mulai

Input impedansi saluran dan data beban

*Running Load Flow*

Nilai awal rugi daya dan level tegangan

Input parameter, alpha beta, gamma

Menentukan lokasi serta kapasitas kapasitor

*Running Load Flow*

Memperoleh rugi daya dan level tegangan mula - mula



Gambar 2 Diagram alir penerapan algoritma kunang-kunang



*Updat*e Lokasi dan Kapasitas Kapasitor

*Running* *Load Flow*

Rugi daya aktif baru

Nilai rugi daya lebih baik dari sebelumnya?

Tidak

Ya

Tampilkan *output*

Berhenti

Gambar 3 Diagram alir penerapan algoritma kunang-kunang (lanjutan)

Gambar 2 dan Gambar 3 adalah diagram alir penerapan algoritma kunang – kunang untuk penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor pada sistem distribusi IEEE 33 bus, urutan langkah – Langkah penerapan algoritma kunang – kunang pada sistem distribusi IEEE 33 bus adalah sebagai berikut:

|  |  |
| --- | --- |
| Langkah 1 : | Memasukkan data dari sistem distribusi yaitu resistansi (R), reaktansi (X), konfigurasi sistem distribusi dan beban di tiap bus. |
| Langkah 2 : | *Running load flow* pertama untuk menentukan nilai rugi daya dan level tegangan awal |
| Langkah 3 : | Memasukkan parameter alpha, beta dan gamma. |
| Langkah 4 : | Menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor menggunakan algoritma kunang - kunang |
| Langkah 5 : | *Running load flow* setelah diperoleh lokasi dan kapasitas kapasitor untuk memperoleh rugi daya dan level tegangan mula – mula. |
| Langkah 6 : | *Update* lokasi dan kapsitas kapasitor. |
| Langkah 7 : | Evaluasi hasil *update* lokasi dan kapsitas kapasitor, apabila hasil rugi daya dan level tegangan lebih baik maka lokasi dan kapasitas kapasitor yang baru menggantikan lokasi dan kapasitas kapasitor sebelumnya |
| Langkah 8 : | Cek kriteria penghentian iterasi. Jika kriteria belum dipenuhi maka kembali ke langkah 6. Kriteria penghentian menggunakan jumlah iterasi maksimum. |

1. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini menjelaskan tentang hasil analisis dan simulasi menggunakan algoritma pemrograman. Algoritma aliran daya dirancang menggunakan perangkat lunakMATLAB versi 2014a, setelah itu hasil-hasil simulasi aliran daya berupa tegangan tiap bus, arus pada saluran, dan rugi daya aktif pada jaringan akan divalidasi menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6. Sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem IEEE 33-bus dengan level tegangan 12,66 kV. Data pembebanan dan data impedansi saluran disajikan pada tabel II dan tabel III, sedangkan *single line diagram* sistem distribusi IEEE 33 bus 12,66 kV disajikan pada Gambar 4. Aliran daya pada sistem distribusi radial dihitung dengan metode BIBC-BCBV [8].

Tabel II

Data Impedansi Saluran Distribusi IEEE 33 Bus

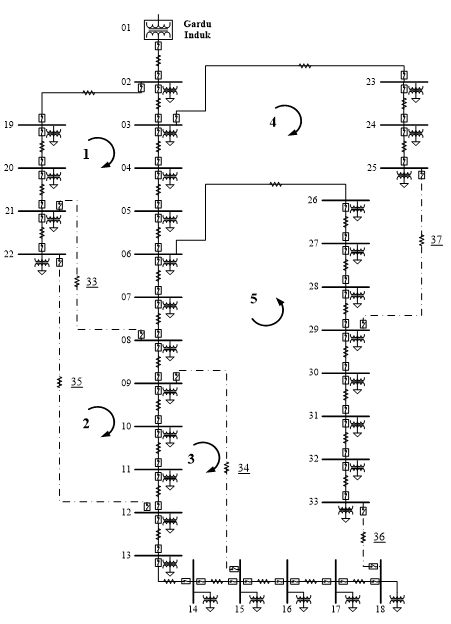
| **Cabang**  **nomer** | **Saluran** | | **Impedansi** | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **dari** | **Ke** | **R (ohm)** | **X (ohm)** |
| 1 | 1 | 2 | 0,0920 | 0,0470 |
| 2 | 2 | 3 | 0,4930 | 0,2510 |
| 3 | 3 | 4 | 0,3660 | 0,1840 |
| 4 | 4 | 5 | 0,3810 | 0,1940 |
| 5 | 5 | 6 | 0,8190 | 0,7070 |
| 6 | 6 | 7 | 0,1870 | 0,6190 |
| 7 | 7 | 8 | 0,7110 | 0,2350 |
| 8 | 8 | 9 | 1,030 | 0,740 |
| 9 | 9 | 10 | 1,0440 | 0,740 |
| 10 | 10 | 11 | 0,1970 | 0,0650 |
| 11 | 11 | 12 | 0,3740 | 0,1240 |
| 12 | 12 | 13 | 1,4680 | 1,1550 |
| 13 | 13 | 14 | 0,5420 | 0,7130 |
| 14 | 14 | 15 | 0,5910 | 0,5260 |
| 15 | 15 | 16 | 0,7460 | 0,5450 |
| 16 | 16 | 17 | 1,2890 | 1,7210 |
| 17 | 17 | 18 | 0,7320 | 0,5740 |
| 18 | 2 | 19 | 0,1640 | 0,1560 |
| 19 | 19 | 20 | 1,5040 | 1,3550 |
| 20 | 20 | 21 | 0,4090 | 0,4780 |
| 21 | 21 | 22 | 0,7080 | 0,9370 |
| 22 | 3 | 23 | 0,4510 | 0,3080 |
| 23 | 23 | 24 | 0,8980 | 0,7090 |
| 24 | 24 | 25 | 0,8960 | 0,7110 |
| 25 | 6 | 26 | 0,2030 | 0,1030 |
| 26 | 26 | 27 | 0,2840 | 0,1450 |
| 27 | 27 | 28 | 1,0590 | 0,9340 |
| 28 | 28 | 29 | 0,8040 | 0,7010 |
| 29 | 29 | 30 | 0,5070 | 0,2580 |
| 30 | 30 | 31 | 0,9740 | 0,9630 |
| 31 | 31 | 32 | 0,310 | 0,3620 |
| 32 | 32 | 33 | 0,3410 | 0,5300 |

Tabel III

Data Beban Sistem Distribusi IEEE 33 Bus

| **No Bus** | **Beban** | |
| --- | --- | --- |
| **P (MW)** | **Q (MVAR)** |
| 2 | 0,1 | 0,06 |
| 3 | 0,09 | 0,04 |
| 4 | 0,12 | 0,08 |
| 5 | 0,06 | 0,03 |
| 6 | 0,06 | 0,02 |
| 7 | 0,20 | 0,10 |
| 8 | 0,20 | 0,10 |
| 9 | 0,06 | 0,02 |
| 10 | 0,06 | 0,02 |
| 11 | 0,045 | 0,03 |
| 12 | 0,06 | 0,35 |
| 13 | 0,06 | 0,35 |
| 14 | 0,12 | 0,08 |
| 15 | 0,06 | 0,01 |
| 16 | 0,06 | 0,02 |
| 17 | 0,06 | 0,02 |
| 18 | 0,09 | 0,04 |
| 19 | 0,09 | 0,04 |
| 20 | 0.09 | 0,04 |
| 21 | 0,09 | 0,04 |
| 22 | 0,09 | 0,04 |
| 23 | 0,09 | 0,05 |
| 24 | 0,42 | 0,20 |
| 25 | 0,42 | 0,20 |
| 26 | 0,06 | 0,25 |
| 27 | 0,06 | 0,25 |
| 28 | 0,06 | 0,02 |
| 29 | 0,12 | 0,07 |
| 30 | 0,20 | 0,60 |
| 31 | 0,15 | 0,07 |
| 32 | 0,21 | 0,10 |
| 33 | 0,06 | 0,04 |
| Jumlah | 3,715 | 2,300 |

Tabel II dan Tabel III merupakan data pembebanan impedansi saluran, sedangkan *single line diagram* sistem distribusi IEEE 33 bus 12,66 kV disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 *Single line diagram* sistem distribusi IEEE 33 bus 12,66 kV

1. Kondisi Awal Sistem Distribusi IEEE 33-Bus Sebelum Pemasangan Kapasitor

Pada bagian ini dilakukan analisis *load flow* menggunakan metode BIBC-BCBV dengan sistem distribusi IEEE 12,66 kV pada keadaan sebelum dilakukan pemasangan kapasitor. Level tegangan setiap bus sistem distribusi IEEE 33-bus pada keadaan sebelum pemasangan kapasitor dapat dilihat pada Gambar 5. Pada bagian ini juga dilakukan validasi algoritma aliran daya BIBC-BCBV, hasil aliran daya dibandingkan dengan *software* ETAP 12.6, dari hasil validasi diperoleh bahwa hasil analisis aliran daya menggunakan metod BIBC-BCBV mendekati hasil aliran daya pada *software* ETAP 12.6, hasil aliran daya tahap awal ini merupakan kondisi awal sebelum dilakukan optimasi [9].

Gambar 5 Grafik level tegangan sistem IEEE 33 bus sebelum penempatan kapasitor

Dari hasil simulasi *load flow* menggunankan sistem distribusi IEEE 33-bus pada kondisi sebelum pemasangan kapasitor diperoleh kondisi awal total kerugian daya aktif pada jaringan sebesar 202,6845 kW dan total kerugian daya reaktif sebesar 135,1414 kVAR serta tegangan minimum terjadi di bus-18 sebesar 0,9131 pu. Seteleh itu hasil dari simulasi *load flow* di validasi menggunakan *software* ETAP 12.6, dari hasil running *load flow* menggunakan  *software* ETAP 12.6 diperoleh total kerugian daya aktif sebesar 203 kW dan total kerugian daya reaktif sebesar 135 kVAR. rugi daya aktif pada jaringan disstribusi yang cukup besar, sehingga diperlukan satu cara untuk dapat memperbaiki kondisi *undervoltage* dan meminimalkan rugi jaringan, pada penilitian ini langkah yang digunakan adalah pemasangan kapasitor pada sistem distribusi IEEE 33 bus.

1. Hasil Optimasi Sistem Radial IEEE 33 Bus Setelah Pemasangan Kapasitor

Pada tahap ini dilakukan optimasi penentuan lokasi dan kapasitas kapasitor pada sistem distribusi IEEE 33 bus. Penempatan dan penentuan kapasitas kapasitor bertujuan untuk perbaikan *undervoltage* dan meminimalkan rugi daya aktif pada sistem distribusi IEEE 33 bus. Pada tahap ini akan dilakukan 4 skenario penempatan dan penentuan kapasitas kapasitor, yaitu dengan melakukan variasi penempatan dan penentuan kapasitas kapasitor dengan 2 kapasitor sampai dengan 5 kapasitor. Adapun tujuan dari skenario pemasangan kapasitor adalah untuk mendapatkan perbaikan rugi daya aktif dan jatuh tegangan yang paling optimal [10], [11].

Tabel IV

Hasil Simulasi dengan Jumlah Kapasitor Berbeda

| Kapasitor | | Tegangan | | Losses (kW) |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Daya (kVAR) | Lokasi | Max  (pu) | Min  (pu) |
| 600, 1050 | 9, 30 | 1 | 0,9286 | 136, 18 |
| 350, 800, 450 | 11, 30, 8 | 1 | 0,9351 | 135,34 |
| 150, 800, 350, 350 | 14, 30, 31, 8 | 1 | 0,9364 | 135,03 |
| 150, 600, 350, 350, 350 | 31,30, 28, 12, 8 | 1 | 0,94 | 134,38 |

Dari tabel IV diperoleh tegangan minimum dengan pemasangan 5 kapasitor sebesar 0,94 pu, terjadi perbaikan tegangan minimum dari yang sebelumnya sebesar 0,9131.

Gambar 6 Grafik perbandingan jumlah kapasitor dan *losses* (kW)

Dari Gambar 6 dapat dilihat hasil optimasi pemasangan kapasitor dengan 4 skenario, optimasi dengan pemasangan 5 kapasitor menunjukkan hasil yang paling baik yaitu dengan penurunan rugi-rugi daya menjadi 134,38 kW atau berkurang 33,7% dari rugi daya pada kondisi awal yaitu sebesar 202,69 kW.

Gambar 7 Grafik level tegangan sistem IEEE 33 bus sebelum dan sesudah penempatan kapasitor

Gambar 7 merupakan grafik perbandingan profil tegangan sistem distribusi IEEE 33 bus sebelum pemasangan kapasitor dan sesudah pemasangan 5 kapasitor menggunakan metode algoritma kunang – kunang. Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa tegangan minimum sebelum dilakukan optimasi adalah 0,91 pu, setelah dilakukan pemasangan 5 kapasitor terjadi perbaikan tegangan minimum menjadi 0,94 pu.

Tabel V

Biaya Pemasangan Kapasitor

| Parameter | Normal | Jumlah Kapasitor | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 | 3 | 4 | 5 |
| *Losses* (kW) | 202,69 | 136,18 | 135,34 | 135,03 | 134,38 |
| Biaya Rugi Jaringan ($) | 34051,92 | 22878,24 | 22737,12 | 22685,04 | 22575,84 |
| Kapasitas Kapasitor (kVAR) | ------- | 600, 1050 | 350, 800, 450 | 150, 800, 350, 350 | 150, 600, 350, 350, 350 |
| Biaya Kapasitor ($/kVAR) | ------- | 371,4 | 457,15 | 540,18 | 574,5 |
| Total Biaya ($) | ------- | 23249,64 | 23194,27 | 23225,22 | 23150,4 |
| Penghematan Biaya (%) | 0,00 % | 31, 72 % | 31, 8% | 31,79% | 32,02 % |

Tabel V menjelaskan tentang total biaya pemasangan kapasitor pada sistem distribusi IEEE 33 bus 12,66 kV. Faktor yang mempengaruhi biaya pemasangan adalah kapasitas kapasitor dan rugi jaringan. Biaya rugi jaringan diperoleh dengan cara mengalikan konstanta biaya rugi jaringan dengan rugi jaringan. Sesuai dengan jurnal referensi besarnya konstanta biaya rugi jaringan adalah sebesar 168 $/kW [7]. Biaya pemasangan kapasitor diperoleh dengan cara mengalikan konstanta biaya pemasangan kapasitor dengan kapasitas kapasitor. Tabel I menjelaskan tentang konstanta biaya pemasangan kapasitor. Kondisi awal atau kondisi normal menghabiskan biaya rugi jaringan sebesar 34051,92 $. Hasil pemasangan kapasitor yang optimal adalah pemasangan dengan 5 buah kapasitor. Total biaya pemasangan 5 buah kapasitor mengeluarkan biaya yang paling minimal yaitu 23150,4 $ dengan penghematan biaya sebesar 32,02%.

Tabel vi

Hasil Simulasi Perbandingan Dengan Metode Berbeda

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Algoritma | Kapasitor | | | Iterasi ke | Losses (kW) |
| Lokasi | Kapasitas | Total  (kVAR) |
| PSO | 31, 30, 28, 12, 8 | 150, 600, 350, 350, 350 | 1800 | 8 | 134,38 |
| *Firefly* | 31, 30, 28, 12, 8 | 150, 600, 350, 350, 350 | 1800 | 5 | 134,38 |

Tabel VI menjelaskan tentang hasil simulasi perbandingan metode algoritma kunang – kunang dengan metode algoritma *particle swarm optimization.* Metode algoritma kunang – kunang mendapatkan nilai rugi – rugi daya aktif yang paling optimum pada iterasi ke 5, sedangkan algoritma *particle swarm optimization* mendapatkan rugi – rugi daya aktif pada iterasi ke 8 dengan pemasangan 5 kapasitor. Perbedaan ini diakibatkan konstanta pada algoritma kunang – kunang. Nilai konstanta alpha, gamma, betta sangat berpengaruh pada kecepatan metode algoritma kunang – kunang memperoleh hasil rugi daya aktif yang paling optimum.

1. kesiimpulan

Dari simulasi dan optimasi yang telah dilakukan tentang penerapan algoritma kunang-kunang dalam penentuan lokasi dan kapsitas kapasitor pada sistem distribusi IEEE 33 bus, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Dari analisis dan simulasi yang telah dilakukan, algoritma kunang-kunang mampu menentukan lokasi dan kapasitas kapasitor terbaik sehingga diperoleh rugi daya paling kecil dan perbaikan tegangan, dari ke 4 skenario yang telah ditentukan, skenario dengan pemasangan 5 kapasitor memperoleh rugi-rugi daya aktif sebesar 134,38 kW atau terjadi perbaikan sebesar 33,7 % dari rugi daya awal sebesar 202,69 kW, tegangan minimum setelah pemasangan kapasitor juga megalami perbaikan yaitu menjadi 0,94 pu dari sebelumnya 0,9131 pu.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terimakasih penulis ucapkan untuk lembaga penelitian dan pengabdian masyarakat Institut Teknologi PLN, yang telah memberi dukungan dan masukan sehingga luaran penelitian ini dapat berjalan.

Daftar RUJUKAN

[1] Saadat, Hadi., *Power System Analysis Second Edition, McGraw-Hill Education (Asia),* Singapura, 2004.

[2] M. A. Yahya *et al.*, “Ant Colony Optimization Technique in Optimal Capacitor Placement and Sizing Problem in Unbalanced Electrical Distribution System,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 785, pp. 78–82, 2015, doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.785.78.

[3] C. S. Lee, H. V. H. Ayala, and L. D. S. Coelho, “Capacitor placement of distribution systems using particle swarm optimization approaches,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 64, pp. 839–851, 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.07.069.

[4] A. A Eajal and M. E. El-Hawary, “Optimal capacitor placement and sizing in unbalanced System With Harmonics Consideration Using Particle Swarm Optimization,” in IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 25, no. 3, pp. 1734–1741, 2010, doi: 10.1109/TPWRD.2009.2035425.

[5] Y. Simamora, I. Hajar, and A. Fernandes, “Penerapan Algoritma Kunang – Kunang (Firefly Algorithm) untuk Optimasi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 11, no. 2, pp. 71–79, 2019, doi: 10.33322/energi.v11i2.498.

[6] Rio afrianda Yoakim Simamora, Sigit sukamajati, “Optimasi Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial,” *J. Energi Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 102–111, 2018.

[7] Y. Mohamed Shuaib, M. Surya Kalavathi, and C. Christober Asir Rajan, “Optimal capacitor placement in radial distribution system using Gravitational Search Algorithm,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 64, pp. 384–397, 2015, doi: 10.1016/j.ijepes.2014.07.041.

[8] J. H. Teng, “A network-topology-based three-phase load flow for distribution systems,” *Proc. Natl. Sci. Counc. Repub. China, Part A Phys. Sci. Eng.*, vol. 24, no. 4, pp. 259–264, 2000.

[9] T. H. Chen and N. C. Yang, “Three-phase power-flow by direct ZBR method for unbalanced radial distribution systems,” *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 3, no. 10, pp. 903–910, 2009, doi: 10.1049/iet-gtd.2008.0616.

[10] M. Sedighizadeh, M. Dakhem, M. Sarvi, and H. H. Kordkheili, “Optimal reconfiguration and capacitor placement for power loss reduction of distribution system using improved binary *particle swarm optimization*,” *Int. J. Energy Environ. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2014, doi: 10.1007/s40095-014-0073-9.

[11] R. Setiawan and R. Hidayat, “Optimasi Termal Konsumsi Listrik Heat Exchanger Berbasis Kombinasi Metode Bell-Delaware Dan Algoritma *Ant Colony*,” Barometer, vol. 4, no. 1, pp. 155–162, 2019.