



**OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK MENGGUNAKAN
ALGORITMA GENETIKA UNTUK MENGURANGI RUGI DAYA PADA SISTEM
DISTRIBUSI DAYA LISTRIK (Studi Kasus : PT. PLN Rayon Bintan Center)**

Putri Ayu Andira¹, Eka Suswaini², Muhamad Radzi Rathomi^{3*}

^{1,2,3}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

^{1,2,3}Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100

*Corresponding Author: radzi@umrah.ac.id

Abstract— PT. PLN (Persero) is a BUMN that handles the electricity aspect and is the only electricity provider company in Indonesia. In the electric power distribution system, not all can be distributed to consumers, because it will be lost in the form of energy losses this cannot be avoided but can be minimized by installing bank capacitors. Power quality in the power system is very important and must be considered to maintain the stability and continuity of the electric power system. Therefore, this study was conducted in order to reduce energy losses and installation costs of bank capacitors to a minimum by optimizing the placement of bank capacitors using the Genetic Algorithm method. Based on the results of the tests that have been done, the best parameter that can produce the optimal results of bank capacitors is the number of generations 250 with an average fitness value of $4.98E-11$, the combination of P_c and P_m are 0.5 and 0.4 with an average fitness value of $4.95E-11$, and the number of chromosomes 60 with fitness values $4.97E-11$. From the results of this study Genetic Algorithms approach the optimum result, namely a savings of Rp. 9,892,815,215 or around 27% with the accuracy of 6 different bank capacitors.

Keywords— *Electricity Distribution, Bank Capacitors, Genetic Algorithms, Optimization.*

Intisari— PT. PLN (Persero) merupakan BUMN yang menangani aspek kelistrikan dan merupakan satu-satunya perusahaan penyedia listrik yang ada di Indonesia. Dalam sistem pendistribusian daya listrik, tidak seluruhnya dapat disalurkan kepada konsumen, karena akan hilang dalam bentuk rugi-rugi energi hal ini tidak dapat dihidari namun dapat diminimalkan yaitu dengan cara memasang kapasitor bank. Kualitas daya dalam sistem tenaga merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan untuk menjaga stabilitas dan kontinuitas sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan guna untuk mengurangi rugi energi dan biaya pemasangan kapasitor bank seminimal mungkin dengan melakukan optimasi penempatan kapasitor bank menggunakan metode Algoritma Genetika. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, parameter terbaik yang dapat menghasilkan hasil penempatan kapasitor bank yang optimal adalah jumlah generasi 250 dengan nilai fitness rata-rata $4.98E-11$, nilai kombinasi P_c dan P_m adalah 0.5 dan 0.4 dengan nilai fitness rata-rata $4.95E-11$, dan jumlah kromosom 60 dengan nilai fitness $4.97E-11$. Dari hasil penelitian ini Algoritma Genetika mendekati hasil optimum yaitu terjadi penghematan mencapai Rp. 9,892,815,215 atau sekitar 27% dengan penempatan 6 kapasitor bank yang berbeda-beda.

Kata kunci— *Distribusi Listrik, Kapasitor Bank, Algoritma Genetika, Optimasi*

I. PENDAHULUAN

PT. PLN (Persero) merupakan BUMN yang menangani aspek kelistrikan dan merupakan satu-satunya perusahaan penyedia listrik yang ada di Indonesia. Oleh sebab itu PLN terus berusaha meningkatkan kualitas pelayanan bagi setiap aspek dan komponen masyarakat Indonesia dalam penyedia listrik di Indonesia. Tugas utama PLN adalah penyalur tenaga listrik ke pelanggan atau masyarakat.

Energi listrik merupakan merupakan suatu bentuk energi yang sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini. Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat merupakan faktor yang membawa banyak pengaruh dibidang energi listrik. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan kapasitas energi setiap tahun. Perencanaan sistem distribusi energi listrik merupakan hal yang sangat penting dalam mengatasi pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang cukup pesat [1].

Sistem pendistribusian daya listrik, tidak seluruhnya dapat disalurkan kepada konsumen, karena akan hilang dalam bentuk rugi-rugi energi. Rugi-rugi pada sistem distribusi tenaga listrik yang biasanya diukur pada kurun waktu tertentu untuk mengukur efisien atau tidaknya suatu pengoperasian sistem tenaga listrik [2].

Keadaan ini berdampak pada efesiensi pendistribusian listrik menjadi tidak optimal karena penggunaan daya kompleknya tidak maksimal hal ini tidak dapat dihidari namun dapat diminimalkan yaitu dengan cara memasang kapasitor bank yang berfungsi mensupply daya reaktif agar penggunaan daya komplek menjadi optimal. Namun harga kapasitor bank tergolong cukup mahal penempatannya tidak dapat disamaratakan karena ada nya perbedaan level beban dan rentang waktunya. Maka dari itu penelitian ini akan melakukan optimasi penempatan kapasitor bank menggunakan algoritma Genetika agar mendapatkan harga yang minimum serta masalah kerugian energi akibat daya komplek yang tidak maksimal dapat teratasi.

Algoritma Genetika memiliki perbedaan dalam empat hal dengan motede optimasi lainnya yaitu Alogoritma Genetika ini berkerja dengan

struktur-struktur variable, banyak menggunakan banyak titik pencarian (multi point), dan informasi yang dibutuhkan adalah fungsi objektif saja sehingga menjadikan implementasinya lebih sederhana, dan serta menggunakan operator stokastik dengan pencarian terbimbing [2].

II. LANDASAN TEORI

A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam sistem tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Suatu sistem distribusi menghubungkan semua beban yang terpisah satu dengan yang lain dengan saluran transmisi. Hal ini terjadi pada gardu induk (substation) dimana juga dilaksanakan transformasi tegangan dan fungsi-fungsi pemutusan dan penghubungan beban (switching). Fungsi dari pendistribusian listrik adalah:

- 1) Pembagi atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan).
- 2) Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan kumpulan komponen tenaga listrik yang secara Bersama-sama membentuk sistem penyaluran daya atau tenaga listrik ke konsumen, sistem distribusi merupakan salah satu hal penting dari tiga bagian utama sistem tenaga listrik [2].

B. Jaringan Distribusi Sistem Radial

Jaringan distribusi sistem radial merupakan hal paling sederhana untuk bentuk dasar dan banyak digunakan, radial artinya yaitu dimana saluran ini ditarik dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabang ke titik-titik beban yang dilayani. Kelebihan dari sistem radial adalah selainsederhana adalah biaya investasinya yang lebih murah namun sistem ini memiliki kekurangan yaitu kualitas pelayanan didtribusi daya yang buruk dikarenakan rugi daya dan

tegangannya cenderung besar. Selain itu sistem radial yang penyaluran daya nya dari titik beban hanya ada satu saluran megakibatkan saluran tersebut bila mengalami gangguan maka seluruh saluran sesudah titik gangguan akan mengalami *black out* secara total. Karena kekurangannya ini maka sistem ini harus dilakukan tindakan dan penanganan yang tepat [2].

C. Kapsitor Bank (Bank capasitor)

Perbaikan faktor daya dan pengaturan tegangan jaringan, para engineer menggunakan kapasitor bank dengan sistem kompensasi daya reaktif yang ditawarkannya. Dalam ilmu listrik faktor daya merupakan perbandingan antara daya semu dengan daya sebenarnya atau daya nyata. Dengan menggunakan kapasitor bank dapat memperbaiki faktor daya dan memaksimalkan penggunaan daya komplek atau daya yang disediakan. Pada saluran transmisi, beban yang bersifat induktif akan menyerap daya reaktif, yang kemudian akan dapat menimbulkan jatuh tegangan di sisi penerima. Disinilah kapasitor bank berfungsi dalam mengkompensasi daya reaktif dan memastikan tegangan terjaga pada levelnya pada saat beban penuh [3].

Pemasangan kapasitor bank adalah usaha yang dilakukan untuk memberikan supply daya reaktif. Sehingga penggunaan kapasitor bank akan mengurangi penyerapan daya reaktif sistem oleh beban. Hal ini dilakukan agar jatuh tegangan dan rugi-rugi jaringan yang terjadi dapat dikurangi. Ukuran kapsitor bank standard adalah 150, 300, 450, 600, 900, dan 1200 kVAR [4]. Secara umum fungsi kapasitor pada sistem tenaga adalah :

1. Menyuplai daya reaktif sehingga memaksimalkan penggunaan daya kompleks (KVA).
2. Memperbaiki power factor.
3. Mengurangi jatuh tegangan .
4. Menghindari kelebihan beban trafo.
5. Memberi tambahan daya tersedia.
6. Menghindari kenaikan arus dan suhu pada kabel.
7. Menghemat daya atau efisien.

D. Rugi-rugi Energi pada Jaringan Distribusi

Dalam memperhitungkan rugi energi atau susut energi membutuhkan parameter seperti *load faktor* atau faktor beban ini merupakan perbandingan antara beban rata dengan beban puncak yang diukur pada periode waktu tertentu [5] seperti pada Persamaan 1 dibawah ini:

$$FB = \frac{BR}{BP} \quad (1)$$

Dimana :

FB= Faktor beban

BR= Beban pemakaian rata-rata dalam KW

BP = Beban pemakaian puncak KW

Nilai faktor beban digunakan untuk untuk mendapatkan nilai loss factor atau faktor susut ditentukan dari pola beban harian pada sistem, faktor susut dihitung memnggunakan Persamaan 2 dibawah ini:

$$FS = 0.15 FB + (1 - 0.15)FB^2 \quad (2)$$

Dari Persamaan 1 dan Persamaan 2 untuk perhitungan susut energi didapat Persamaan 3 berikut ini:

$$\text{Susut Energi} = \text{ENS} * FS * \text{waktu} \quad (3)$$

Dimana ENS adalah energi yang tidak disalurkan, nilai ini didapat dari energi yang disalurkan dikurangi dengan energi yang terpakai.

E. Algoritma Genetika

Algoritma genetika sebagai metode algoritma pencarian berdasarkan mekanisme seleksi alam dan gentika alam. Algoritma genetika memberikan suatu pilihan bagi penentuan nilai parameter dengan meniru cara reproduksi genetika, pembentukan kromosom baru serta seleksi alami seperti yang terjadi pada makhluk hidup [6]. Variabel dan parameter yang digunakan pada algoritma genetika adalah:

1. Fungsi *fitness* yang dimiliki oleh masing-masing individu untuk menentukan tingkat kesesuaian individu dengan kriteria yang ingin dicapai.
2. Populasi merupakan jumlah individu yang dilibatkan pada setiap generasi.

3. Probabilitas terjadinya proses *crossover* atau persilangan pada suatu populasi.
4. Probabilitas terjadinya proses mutasi pada setiap individu.
5. Jumlah generasi yang dipakai menentukan berapa lama proses penerapan algoritma genetika.

F. Struktur Algoritma Genetika

Struktur Algoritma Genetika adalah sebagai berikut [7]:

- 1) Membangkitkan populasi awal, proses membangkitkan sejumlah individu secara acak atau melalui prosedur tertentu. Syarat-syarat yang harus dipenuhi untuk menunjukkan suatu solusi harus benar-benar diperhatikan dalam pembangkitan setiap individunya.
- 2) Seleksi, Seleksi dilakukan untuk mendapatkan calon induk yang baik. “Induk yang baik akan menghasilkan keturunan yang baik”. Semakin tinggi nilai fitness suatu individu semakin besar kemungkinannya untuk terpilih.
- 3) Menghitung nilai *fitness* bertujuan untuk mengukur masing-masing kualitas kromosom dan menandakan seberapa optimal solusi yang diperoleh. Sebelum menghitung nilai *fitness* lakukan proses menghitung fungsi *multionjektif* terlebih dahulu. Dalam topik penempatan kapasitor optimal, masalahnya adalah menemukan lokasi, jumlah dan ukuran kapasitor untuk meminimalkan kehilangan daya total jaringan, kehilangan daya puncak dan biaya instalasi kapasitor sementara semua kendala operasional terpenuhi pada level pemuatan tertentu.
- 4) *Crossover*, salah satu operator dalam Algoritma Genetika yang melibatkan dua induk untuk menghasilkan keturunan yang baru. *Crossover* dilakukan dengan melakukan pertukaran gen dari dua induk secara acak. Macam-macam *crossover* yang banyak digunakan antara lain, pertukaran gen secara langsung dan pertukaran gen secara aritmatika. Proses *crossover*

- dilakukan pada setiap individu dengan probabilitas *crossover* yang ditentukan.
- 5) Mutasi Gen, operator yang menukar nilai gen dengan nilai inversinya, misalnya gennya bernilai 0 menjadi 1. Setiap individu mengalami mutasi gen dengan probabilitas mutasi yang ditentukan. Mutasi dilakukan dengan 1 0 memberikan nilai inversi atau menggeser nilai gen pada gen yang terpilih untuk dimutasikan.
 - 6) Syarat Berhenti yaitu setelah melewati iterasi (generasi) akan didapatkan individu terbaik. Individu terbaik inimempunyai susunan kromosom yang bisa dikonfersikan menjadi solusi terbaik atau mendekati optimum. Maka dapat disimpulkan bahwa Algoritma Genetika menghasilkan solusi optimum dengan melakukan pencarian diantara sejumlah alternatif titik optimum berdasarkan fungsi Probabilistik.

III. PENGUJIAN DAN ANALISA

A. Pengujian Jumlah Kromosom

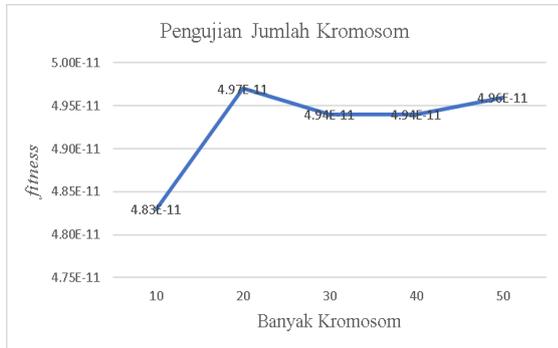
Pengujian jumlah kromosom bertujuan untuk mendapatkan jumlah kromosom yang optimal dengan nilai fitness terbaiknya. Jumlah kromosom yang diujikan yaitu kelipatan 10 dimulai dari 10 sampai dengan 50. Lalu dilakukan percobaan sebanyak 3 kali dan didapatkan rata-rata nilai fitness pada masing-masing jumlah kromosom yang diujikan. Selain jumlah kromosom, ada beberapa parameter lain sebagai inputan yaitu jumlah generasi, *crossover rate* dan *mutation rate*. Jumlah generasi yang digunakan pada pengujian ini yaitu 100, dengan nilai *crossover rate* dan *mutation rate* yaitu 0,8 dan 0,3. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Analisis uji coba jumlah kromosom

Banyak Kromosom	Generasi = 100 Pc = 0.8, Pm = 0.3			Rata-rata
	1	2	3	
10	4.67E-11	4.88E-11	4.95E-11	4.83E-11
20	4.95E-11	4.98E-11	4.96E-11	4.97E-11
30	4.92E-11	4.95E-11	4.96E-11	4.94E-11
40	4.95E-11	4.92E-11	4.94E-11	4.94E-11

50	4.96E-11	4.99E-11	4.93E-11	4.96E-11
----	----------	----------	----------	----------

Dari data Tabel 1 dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa dalam pengujian ini nilai rata-rata fitness mengalami naik turun seperti yang ditunjukkan grafik pada Gambar 1

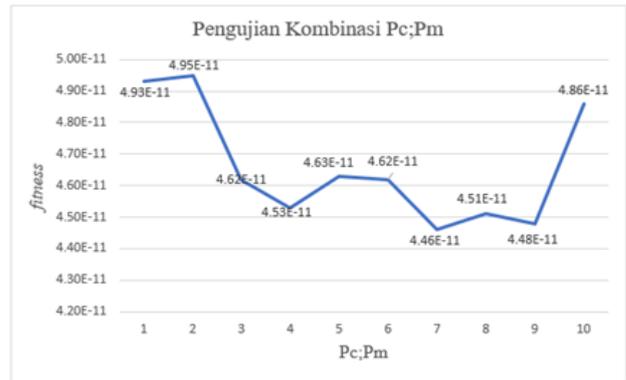


Gambar 1. Hasil Pengujian Jumlah Kromosom

Dari hasil pengujian pada Tabel 1 dan ditunjukkan pada grafik gambar 1 menunjukkan bahwa rata-rata nilai fitness terbaik terdapat pada jumlah kromosom 20 dengan rata-rata nilai fitness sebesar 4.97E-11. Sedangkan rata-rata nilai fitness terkecil terdapat pada jumlah kromosom 10 dengan rata-rata nilai fitness sebesar 4.83E-11. Dalam rentang jumlah kromosom 10 sampai dengan 50, rata-rata nilai fitness yang dihasilkan mengalami kenaikan dan penurunan. Pada saat jumlah kromosom 30 sampai dengan jumlah kromosom 40 rata-rata nilai fitness yang dihasilkan mengalami penurunan dan pada kromosom 5 nilai fitness mengalami kenaikan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa jumlah kromosom yang besar tidak selalu memberikan hasil yang optimal.

B. Pengujian Kombinasi Pc dan Pm

Pengujian kombinasi Probabilitas crossover dan Probabilitas mutasi dilakukan sebanyak 3 kali dan didapatkan ratarata nilai fitness. Nilai Pc dan Pm yang digunakan dalam pengujian ini mulai dari 0 sampai dengan 1. Jumlah generasi yang digunakan pada pengujian ini sebesar 100, dan Jumlah kromosom yang digunakan jumlah kromosom terbaik pada pengujian sebelumnya yaitu 20. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2

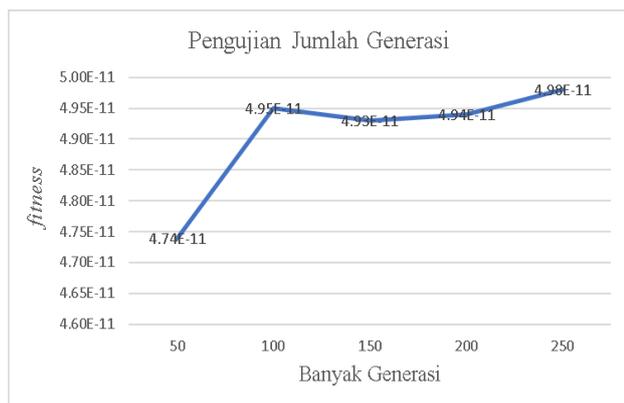


Gambar 2. Hasil Pengujian Kombinasi Pc;Pm

Dari Gambar 2 dapat dilihat hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata nilai fitness terbaik terdapat pada nilai Pc 0,5 dan nilai Pm 0,4 dengan rata-rata nilai fitness sebesar 4.95E-11. Sedangkan rata-rata nilai fitness terkecil terdapat pada nilai Pc 0,3 dan nilai Pm 0,3 dengan rata-rata nilai fitness sebesar 4.62E-11. Dari percobaan kombinasi Pc dan Pm terjadi kenaikan dan penurunan nilai fitness secara bervariasi, hal ini dapat disimpulkan bahwa pengujian probabilitas crossover dan probabilitas mutasi sangat mempengaruhi nilai fitness pada setiap kali percobaan. bahwa dalam pengujian ini nilai rata-rata fitness mengalami naik turun.

C. Pengujian Jumlah Generasi

Pengujian jumlah generasi bertujuan untuk mendapatkan jumlah generasi yang optimal dengan nilai fitness terbaiknya. Jumlah generasi yang diujikan yaitu kelipatan 50 dimulai dari 50 sampai dengan 250. Lalu dilakukan percobaan sebanyak 3 kali dan didapatkan rata-rata nilai fitness pada masing-masing jumlah generasi yang diujikan. Jumlah kromosom yang digunakan pada pengujian ini adalah jumlah kromosom terbaik dari hasil pengujian sebelumnya yaitu 20, dengan nilai probabilitas crossover dan probabilitas mutasi dari hasil pengujian sebelumnya dengan cr 0,5 dan mr 0,4. Hasil pengujian dapat dilihat dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 3

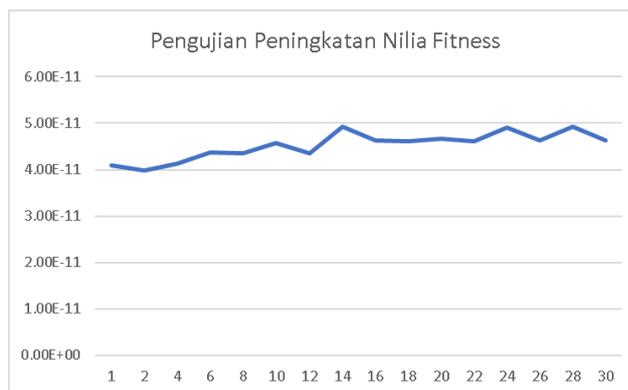


Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Jumlah Generasi

Dari hasil pengujian pada Gambar 3 menunjukkan bahwa rata-rata nilai fitness terbaik terdapat pada jumlah generasi 100 sampai dengan 250 dengan rata-rata nilai fitness sebesar $4.98E-11$. Sedangkan rata-rata nilai fitness terkecil terdapat pada jumlah generasi 50 dengan rata-rata nilai fitness sebesar $4.74E-11$. Dari percobaan jumlah generasi dapat disimpulkan bahwa peningkatan jumlah generasi seiring dengan peningkatan nilai fitness. Namun pada titik tertentu nilai fitness mengalami penurunan namun tidak menurun secara signifikan, dikarenakan area pencarian sudah mendapatkan area yang optimal.

D. Pengujian Peningkatan Nilai Fitness

Pengujian peningkatan nilai fitness dilakukan sebanyak 1 kali dan didapatkan peningkatan nilai fitnessnya. Pengujian peningkatan nilai fitness ini dilakukan berdasarkan jumlah generasi. Jumlah generasi yang digunakan yaitu dari 1 sampai 30. Sedangkan parameter yang lain yang digunakan yaitu parameter terbaik dari hasil pengujian sebelumnya. Jumlah kromosom sebesar 20, nilai P_c dan P_m yaitu 0.4 dan 0.3. Pengujian peningkatan nilai fitness dapat dilihat pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisa dan pembahasan hasil yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan beberapa hal diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) Dari hasil pengujian pada penelitian ini Algoritma Genetika dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah Optimasi Penempatan Kapasitor Bank dengan biaya seminimal mungkin dengan pengurangan rugi energi yang maksimal.
- 2) Optimasi pada penelitian ini parameter algoritma genetika sangat berpengaruh dalam menghasilkan nilai fitness. Parameter terbaik yang dapat menghasilkan hasil Penempatan Kapasitor Bank yang optimal adalah jumlah generasi 250 dengan nilai fitness rata-rata $4.98E-11$, nilai kombinasi P_c dan P_m adalah 0.5 dan 0.4 dengan nilai fitness rata-rata $4.95E-11$, dan jumlah kromosom 60 dengan nilai fitness $4.97E-11$.
- 3) Setelah melakukan pengujian terhadap jumlah kromosom, kombinasi terhadap nilai P_c dan P_m serta jumlah generasi didapat solusi yang optimal dengan melakukan pengujian 3 kali nilai fitness mengalami kenaikan karena area pencarian sudah optimal.
- 4) Untuk pengujian terhadap kenaikan fitness dengan parameter yang sudah dioptimalkan dengan menggunakan jumlah generasi mulai dari sampai 30 dengan rata-rata nilai fitness mengalami naik turun, lalu jumlah generasi selanjutnya mengalami penurunan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa jumlah generasi

yang besar maupun kecil tidak selalu memberikan hasil fitness terbaik.

V. SARAN

Dari hasil Penelitian yang dilakukan studi kasus optimasi yaitu hanya pada Gardu Induk Air Raja saran yang akan diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah pengembangan untuk Studi kasus yang lebih luas dengan mengoptimasi penempatan kapasitor bank untuk pemakaian listrik seluruh Gardu Induk pulau bintang menggunakan Algoritma Genetika.

Dari hasil penelitian ini Algoritma Genetika mendekati hasil optimum yaitu terjadi penghematan mencapai Rp. 9,892,815,215 atau sekitar 27% dengan penempatan 6 kapasitor bank yang berbeda-beda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih yang tidak terhingga yang kami ucapkan kepada Universitas Maritim Raja Ali Haji dan PT. PLN Rayon Bintang Center yang telah memberikan dukungan sarana penelitian, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dan terpublikasi.

VI. REFERENSI

- [1] W. Sukerayasa, "Optimasi Pemasangan dan Kapasitas Kapasitor Shunt Pada Jaringan Distribusi Penjulung Menjangan," *Optimasi Pemasangan dan Kapasitas Kapasitor Shunt Pada Jaringan Distribusi Penjulung Menjangan*, 2017.
- [2] N. J. S. risky and Y. Dian, "Peningkatan Kualitas Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Dengan Optimasi Konfigurasi," *Peningkatan Kualitas Jaringan Distribusi Tegangan Menengah Dengan Optimasi Konfigurasi*, vol. 4, no. 1, pp. 1-6, 2017.
- [3] A. B. A. Rahman, O. Penangsang and N. K. Aryani, "Optimalisasi Penempatan Kapasitor Bank untuk Memperbaiki Kualitas Daya Pada Sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia Aceh Menggunakan Metode Genetic Algorithm (GA)," *Optimalisasi Penempatan Kapasitor Bank untuk Memperbaiki Kualitas Daya Pada Sistem Kelistrikan PT. Semen Indonesia Aceh Menggunakan Metode Genetic Algorithm (GA)*, vol. 5, no. 2, 2016.
- [4] S. Singh, C. Kistanna and A. R. Rao, "Optimal capacitor allocation in distribution systems using genetic algorithm," *Optimal capacitor allocation in distribution systems using genetic algorithm*, 2017.
- [5] V. Gerald, R. S. Hartati and A. I. Weking, "Analisis Energi Listrik Terselamatkan pada Penyulang Bangli PT . PLN (Persero) Area Bali Timur dengan Beroperasinya PLTS Kayubihi," *Analisis Energi Listrik Terselamatkan pada Penyulang Bangli PT . PLN (Persero) Area Bali Timur dengan Beroperasinya PLTS Kayubihi*, vol. 15, no. 1, 2016.
- [6] A. W. Widodo and W. . F. Mahmudy, "Pemanfaatan Algoritma Genetika Untuk Optimasi 0 / 1 Multi-Dimensional Knapsack Problem Dalam Pendistribusian Produk (Studi Kasus UD . TOSA)," *Pemanfaatan Algoritma Genetika Untuk Optimasi 0 / 1 Multi-Dimensional Knapsack Problem Dalam Pendistribusian Produk (Studi Kasus UD . TOSA)*, 2017.
- [7] V. Witary, N. Rachmat and Inayatullah, "Optimasi Penjadwalan Perkuliahan dengan Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus : AMIK MDP , STMIK GI MDP dan STIE MDP)," *Optimasi Penjadwalan Perkuliahan dengan Menggunakan Algoritma Genetika (Studi Kasus : AMIK MDP , STMIK GI MDP dan STIE MDP)*, pp. 1-7, 2013.