

Minimisasi Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Radial 3 Fasa Menggunakan Genetika Algoritma Untuk Mendapatkan Lokasi Kapasitor Dan DG Yang Optimal

Dwi Setianto, Ontoseno Penangsang, Rony Seto Wibowo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: dwisetianto.antok@gmail.com, zenno_379@yahoo.com, ronyseto@ee.its.ac.id

Abstrak - Pada era ini kebutuhan energi semakin bertambah seiring dengan bertambahnya konsumen dan teknologi terutama pada kebutuhan energi listrik. Sistem distribusi listrik sangat berperan penting. Semakin banyaknya konsumen menyebabkan bertambah luasnya jaringan distribusi sehingga dapat menimbulkan rugi-rugi pada saluran distribusi. Untuk mengatasi hal ini maka dilakukan penambahan kapasitor dan *distributed generation* pada jaringan distribusi. Penambahan kapasitor berfungsi untuk mensupply daya reaktif sedangkan penambahan DG berfungsi untuk mensupply daya aktif pada jaringan. Hal ini diyakini dapat membantu untuk meminimalkan rugi-rugi yang terjadi pada jaringan. Penempatan dan penentuan besar dari DG dan kapasitor yang terpasang berpengaruh pada hasil. Untuk menentukan hal tersebut di gunakan metode GA (*Genetics algorithm*) yang merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk proses optimasi. Sehingga diperoleh rugi saluran yang minimal.

Dari hasil pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dengan sistem distribusi radial IEEE 33 bus didapat penempatan 3 kapasitor pada bus 25,30,12 dan 3 buah DG pada bus 7,30,14. Dari penempatan didapatkan rugi daya sebesar 14.9299 KW dengan besar persentase pengurangan sebesar 92.63% dari rugi awal sebesar 202.7 KW.

Kata Kunci : : *kapasitor, Distributed Generation, Genetics Algorithm*

I. PENDAHULUAN

Pada saat ini perkembangan sistem tenaga listrik semakin bertambah luas dan kompleks. Jaringan distribusi bertambah luas seiring dengan bertambahnya konsumen. Hal ini menambah kemungkinan terjadinya rugi-rugi pada jaringan distribusi. Rugi-rugi yang besar dapat menyebabkan bertambahnya biaya operasi pembangkitan listrik agar dapat melayani beban yang ada. Oleh sebab itu dilakukan perbaikan dengan menambahkan kapasitor dan DG (*distributed generation*).

Penentuan ukuran dan letak dari dua komponen ini menentukan efektivitasnya dalam mengatasi rugi-rugi saluran. Oleh sebab itu dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mengotimalkan penempatan dan penentuan besaran dalam pemasangan DG dan kapasitor. Metode yang digunakan untuk menentukan nilai yang paling optimal adalah dengan

menggunakan metode *genetic algorithm* (GA). Metode ini merupakan metode pendekatan untuk menentukan suatu objek yang belum diketemukan fungsi matematisnya dan merupakan salah satu metode dalam mencari nilai optimum.

Pada judul TA yang sebelumnya juga telah dibahas mengenai penempatan DG saja dengan metode yang sama dengan penempatan satu buah kapasitor untuk membuktikan bahwa kapasitor dapat menaikkan tegangan, akan tetapi tidak dilakukan optimasi pada pemasangan kapasitor[3]. Pada TA sebelumnya juga dibahas mengenai penempatan dari kapasitor dengan menggunakan metode PSO[4]. Tetapi masih belum ditemukan judul TA yang membahas mengenai optimasi penempatan DG dan kapasitor bersama. Oleh sebab itu maka penulis mengajukan judul mengenai optimasi penempatan DG dan kapasitor secara bersama beserta penentuan ukuran dari DG dan kapasitor dengan tujuan untuk meminimalkan rugi-rugi daya pada saluran distribusi.

II. JARINGAN DISTRIBUSI RADIAL, KAPASITOR DAN DISTRIBUTED GENERATION

A. Jaringan Distribusi Radial

Jaringan distribusi dengan topologi radial merupakan jaringan yang paling banyak digunakan dalam mendistribusikan tenaga listrik adapun kelebihan dan kekurangan dari topologi ini yaitu

Kelebihan :

- Bentuknya sederhana.
- Biaya investasinya murah.

Kekurangan :

- Kualitas pelayanan dayanya relatif jelek, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar.
- Kontinuitas pelayanan daya kurang terjamin sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu alternatif saluran sehingga bila saluran tersebut mengalami gangguan maka akan mengalami "black out" secara total.

Besarnya rugi daya inilah yang menjadi permasalahan dalam tugas akhir ini. Yaitu semakin luas jaringan maka semakin besar rugi daya yang timbul.

B. Kapasitor

Kapasitor merupakan salah satu komponen yang sering digunakan dalam sistem distribusi listrik. adapun keuntungan dari penggunaan kapasitor yaitu sebagai berikut:

- Meningkatkan kemampuan pembangkitan generator.
- Meningkatkan kemampuan penyaluran daya pada jaringan transmisi.
- Meningkatkan kemampuan penyaluran daya gardu-gardu distribusi.
- Mengurangi rugi-rugi pada sistem distribusi.
- Menjaga kualitas tegangan pada sistem distribusi.
- Meningkatkan kemampuan feeder dan peralatan yang ada pada sistem distribusi.

C. Distributed Generation

Distributed generation (DG) memiliki berbagai definisi memiliki maksud yang sama yaitu *distributed generation* (DG) adalah pembangkit tenaga listrik yang berdiri sendiri diluar pembangkit utama pada jaringan, kadang terhubung dengan sistem distribusi utama untuk memenuhi kebutuhan konsumen dan memiliki kapasitas pembangkitan lebih kecil daripada pembangkit energy listrik utama.

Distributed Generation dibagi berdasarkan kapasitasnya yaitu

Tabel 1 Jenis Distributed Generation

Jenis DG	Kapasitas Pembangkitan
Micro DG (DG Mikro)	1 Watt – 5kW
Small DG (DG Kecil)	5kW – 5MW
Medium DG (DG sedang)	5MW – 50 MW
Large DG (DG Besar)	50MW – 300 MW

III. OPTIMASI PENENTUAN LOKASI DISTRIBUTED GENERATION DAN KAPASITOR DENGAN ALGORITMA GENETIKA

A. Constrains

Pada penelitian ini menggunakan batasan dari kondisi yang optimal yaitu sebagai berikut :

Constrain *power balance*: Batasan ini diberikan berguna untuk membatasi agar daya dari kapasitor ataupun DG yang disuntikkan ke dalam sistem tidak melebihi dari beban pada sistem.

$$\sum_{k=1}^{nd} P_k^{DG} \leq \sum_{k=2}^n P_k + \sum_{k=1}^{nb} P_{Loss,k,k+1} \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^{nc} Q_k^C \leq 0.8 * \sum_{k=2}^n Q_k \quad (2)$$

Constrain batas kapasitas : batasan yang membatasi dari daya yang dikeluarkan atau yang mampu disuntikkan ke sistem yaitu dibatasi mampu mensupply hingga kapasitas 1 MW dan 1 MVAR

$$P_{k,min}^{DG} \leq P_k^{DG} \leq P_{k,max}^{DG} \quad (3)$$

$$Q_{k,min}^C \leq Q_k^C \leq Q_{k,max}^C \quad (4)$$

Constrain tegangan: batasan untuk membatasi tegangan pada tiap bus agar memenuhi syarat yaitu antara 0.95 pu sampai 1.05 pu

$$|V_1 - V_k| \leq \Delta V_{max} \quad (5)$$

B. Fungsi objektif

Pada tugas akhir ini adalah memaksimalkan selisih rugi daya awal dengan rugi daya setelah pemasangan. Dengan memaksimalkan selisih maka sama dengan meminimalkan rugi daya yang dihasilkan setelah pemasangan DG dan kapasitor

$$\text{Maximize } F = \max(\Delta P_L^{DG} + \Delta P_L^C) \quad (6)$$

Dimana ,

$$\Delta P_L^{DG} = P_{T,loss} - P_{T,loss}^{DG} \quad (7)$$

$$\Delta P_L^C = P_{T,loss} - P_{T,loss}^C \quad (8)$$

C. Penerapan Algoritma Genetika (AG)

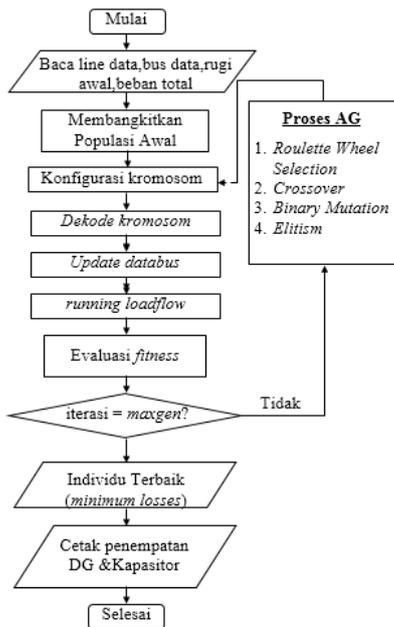
Algoritma genetika ini ditemukan oleh John Holland dan dikembangkan oleh muridnya David Goldberg. Algoritma Genetika adalah algoritma yang memanfaatkan proses seleksi alamiah yang dikenal dengan proses evolusi. Dalam proses evolusi, individu secara terus-menerus mengalami perubahan gen untuk menyesuaikan dengan lingkungan hidupnya. “Hanya individu-individu yang kuat yang mampu bertahan”. Proses seleksi alamiah ini melibatkan perubahan gen yang terjadi pada individu melalui proses perkembangbiakan. Dalam algoritma genetika ini, proses perkembang-biakan ini menjadi proses dasar yang menjadi perhatian utama, dengan dasar berpikir:

“ Bagaimana mendapatkan keturunan yang lebih baik”.

Algoritma genetika digunakan untuk menemukan nilai yang paling optimal dari suatu fungsi. Dengan menggunakan prinsip evolusi yang ada di alam, dalam AG memiliki istilah-istilah yang sama dengan proses seleksi ilmiah yang ada di alam.

Keberagaman pada evolusi biologis adalah variasi dari kromosom antar individu organisme. Variasi kromsoma akan mempengaruhi laju reproduksi dan tingkat kemampuan organisme untuk tetap hidup.

Berikut adalah gambar dari diagram alir penerapan algoritma genetika dalam menentukan penempatan dan ukuran dari kapasitor dan DG untuk menghasilkan rugi daya yang minimal.



Gambar 1 flowchart algoritma genetika

Tahap dari algoritma genetika pada tugas akhir ini adalah

1. Pembacaan data awal : pembacaan line data bus data dan rugi daya sistem awal.
2. Membangkitkan populasi awal : dalam membangkitkan populasi variabel yang diperlukan adalah jumlah DG, jumlah kapasitor, jumlah individu, generasi maksimal. Kromosom yang dibangkitkan secara acak dan dilakukan konfigurasi kromosom dimana kromosom mengandung informasi lokasi penempatan dan kapasitas dari kapasitor atau DG yang di optimalkan.
3. Dekode kromosom : kromosom dalam bentuk biner diterjemahkan ke dalam desimal
4. Update data bus : kromosom yang diterjemahkan dimasukkan ke dalam database loadflow
5. Running loadflow : jalankan loadflow untuk mengetahui rugi daya yang dihasilkan. Loadflow yang digunakan menggunakan metode backward/forward dengan Zbr dan K-matrik
6. Evaluasi fitness : hasil dari running loadflow akan dievaluasi apakah sudah memenuhi constrain yang ditetapkan. Jika tidak memenuhi constrain maka tidak akan diambil sebagai solusi
7. Lakukan pengecekan apabila belum mencapai iterasi maksimal maka lakukan proses AG :
 - Seleksi : pemilihan calon orang tua yang akan mengalami proses evolusi dengan metode *roulette wheel*
 - *Cross over* : proses *cross over*/pindah silang yaitu dengan menyilangkan 2 kromosom induk. Proses *cross over* terjadi berdasarkan dari nilai probabilitas *cross over*(Pc) yang telah ditentukan yaitu sebesar 0.95.
 - Mutasi : proses mutasi dalam tugas akhir ini yaitu menggunakan mutasi biner dengan

mengganti nilai invers dari gen dalam kromosom yang terpilih. Proses ini terjadi berdasarkan akan probabilitas mutasi yang ditentukan yaitu sebesar 0.05

- Elitism : proses ini adalah proses untuk mengambil nilai fitness yang paling baik pada tiap generasi untuk dibandingkan dengan nilai fitness terbaik pada generasi selanjutnya. Elitism ini berguna agar individu yang memiliki nilai fitness terbaik tidak berubah saat terjadi proses evolusi pada generasi berikutnya.

Tahap ke-7 akan terus berlangsung selama generasi belum maksimal. Dan akan mengulangi dari tahap ke-2 sampai ke-7

8. Cetak hasil : hasil dari proses AG akan ditampilkan yaitu individu yang mempunyai nilai fitness terbaik hingga iterasi maksimal dan akan menjadi solusi.

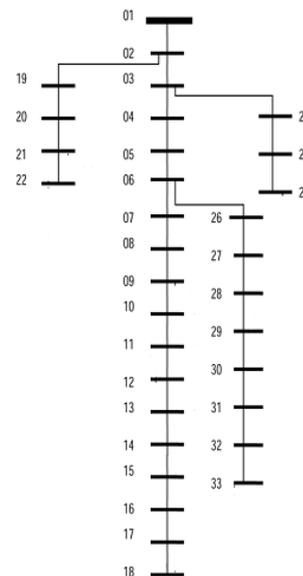
IV. SIMULASI DAN ANALISIS

Pada tahap simulasi mendalam tugas akhir ini digunakan 4 skenario pengujian dalam menentukan lokasi penempatan yang optimal dan untuk mengetahui besar rugi daya yang dihasilkan oleh masing-masing skenario. Skenario tersebut adalah sebagai berikut:

1. Simulasi sistem tanpa pemasangan kapasitor dan DG (base case)
2. Simulasi sistem dengan penempatan DG dengan kapasitas yang optimal
3. Simulasi sistem dengan penempatan kapasitor dengan kapasitas yang optimal
4. Simulasi sistem dengan penempatan DG dan kapasitor dengan ukuran yang optimal

A. Sistem Distribusi IEEE 33 Bus

Sistem distribusi yang digunakan pada pengujian tugas akhir ini yaitu menggunakan sistem distribusi IEEE 33 bus yang dimodelkan 3phasa seimbang dengan tegangan base sebesar 12.66KV . Berikut adalah gambar dari sistem distribusi IEEE 33 bus.



Gambar 2 sistem distribusi radial IEEE 33bus

Tabel 2 Data IEEE 33 bus

No	Sending Bus	Receiv. Bus	A/B/C		Nominal Load at Receiving Bus	
			Resist. Ω	React. Ω	P (kW)	Q (kVAR)
			1	1	2	0.0922
2	2	3	0.493	0.2511	90	40
3	3	4	0.366	0.1864	120	80
4	4	5	0.3811	0.1941	60	30
5	5	6	0.819	0.707	60	20
6	6	7	0.1872	0.6188	200	100
7	7	8	0.7144	0.2351	200	100
8	8	9	1.03	0.74	60	20
9	9	10	1.044	0.74	60	20
10	10	11	0.1966	0.065	45	30
11	11	12	0.3744	0.1298	60	35
12	12	13	1.468	1.155	60	35
13	13	14	0.5416	0.7129	120	80
14	14	15	0.591	0.526	60	10
15	15	16	0.7463	0.545	60	20
16	16	17	1.289	1.721	60	20
17	17	18	0.732	0.574	90	40
18	2	19	0.164	0.1565	90	40
19	19	20	1.5042	1.3554	90	40
20	20	21	0.4095	0.4784	90	40
21	21	22	0.7089	0.9373	90	40
22	3	23	0.4512	0.3083	90	50
23	23	24	0.898	0.7091	420	200
24	24	25	0.896	0.7011	420	200
25	6	26	0.203	0.1034	60	25
26	26	27	0.2842	0.1447	60	25
27	27	28	1.059	0.9337	60	20
28	28	29	0.8042	0.7006	120	70
29	29	30	0.5075	0.2585	200	600
30	30	31	0.9744	0.963	150	70
31	31	32	0.3105	0.3619	210	100
32	32	33	0.341	0.5302	60	40

Pada pengujian digunakan 3 buah kapasitor dan 3 buah DG yang dioptimalkan secara terpisah kemudian keduanya dioptimalkan secara simultan. Dengan ukuran kapasitas maksimal sebesar 1MW untuk masing-masing DG dan

1MVAR untuk kapasitor. Pembatasan ini dilakukan karena apabila pemasangan DG melebihi 3 kandidat bus maka akan terjadi penurunan persentase rugi daya[1].

Pada data sistem beban total daya pada sistem sebesar 3.7MW dan 2.3Mvar menghasilkan rugi daya nyata pada saluran sebesar 202.7KW.

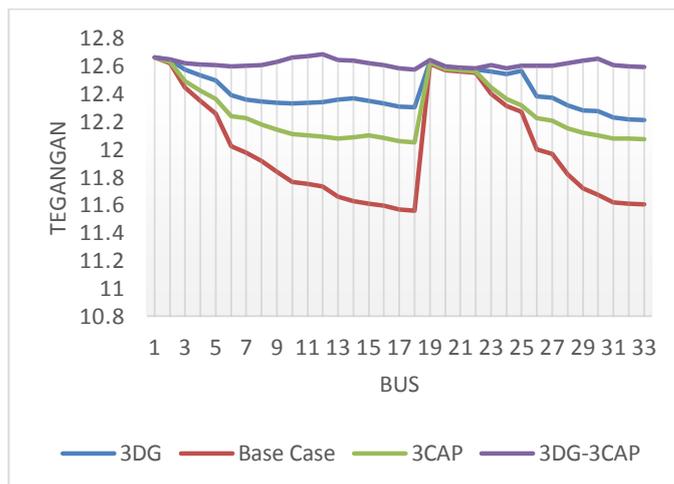
Setelah dilakukan optimasi didapatkan hasil seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 3 Data pengujian optimalisasi

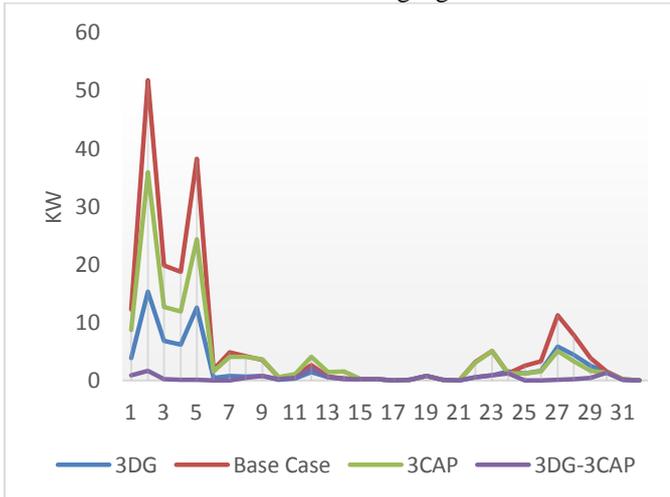
No	Keterangan	Lokasi	Size (MW)	Rugi daya (KW)	Penurunan (%)
1	Tanpa DG dan Kapasitor	-	-	202.7	-
2	Dengan penempatan DG	25	0.9	72.7457	64.11
		30	0.96		
		14	0.78		
3	Dengan penempatan kapasitor	32	0.36	141.8137	30.03
		15	0.66		
		30	0.78		
4	Dengan penempatan DG dan kapasitor	DG		14.9299	92.63
		25	0.84		
		30	0.96		
		12	0.96		
		Kapasitor			
		7	0.24		
		30	0.96		
14	0.36				

Dari ketiga skenario pengujian didapat hasil penurunan rugi daya nyata pada sistem secara berturut-turut dari skenario II,III,IV sebesar 72.7457 KW, 141,8137 KW dan 14.9299 KW. Penurunan rugi daya terbesar terdapat pada skenario ke IV dimana daya dapat berkurang hingga 92.63% dari rugi daya nyata awal sistem.

Dari ketiga pengujian dapat dilihat profil tegangan pada masing-masing bus dan rugi daya pada masing-masing cabang yaitu sebagai berikut



Gambar 3 Profil tegangan



Gambar 4 Rugi daya saluran.

Dengan pengujian berikut diatas menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode algoritma genetika dapat menentukan penempatan dari kapasitor dan DG untuk meminimalkan rugi daya nyata sistem.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari simulasi dan analisis pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menempatkan DG dapat meminimalkan rugi daya lebih banyak dibandingkan dengan menempatkan kapasitor.
2. Hasil optimasi penempatan 3 DG dan 3 kapasitor yang ditempatkan secara simultan didapatkan DG pada bus 25,30 dan 12 sedangkan kapasitor pada bus 7,30 dan 14.
3. Pada penempatan optimal 3 DG dan 3 kapasitor yang ditempatkan secara simultan dengan metode AG dapat menurunkan rugi daya dari 202.7KW menjadi 14.9299 KW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mohamed Imran, M. Kowsalya, D.P. Kothari, "Optimal Distributed Generation and Capacitor placement in Power Distribution Networks for Power Loss Minimization", IEEE (2014)
- [2] H. Moradi Mohammad, Zeinalzadeh Arasch, Mohammadi Younes, Abedini Mohammad, "An Efficient Hybrid Method For Solving The Optimal Sizing And Sizing Problem Of DG And Shunt Capacitor Banks Simultaneously Based On Imperialist Competitive Algorithm And Genetic Algorithm", Electrical Power and Energy System 54,2014
- [3] Meysam Kalantari, Ahad Kazemi, "Placement of Distributed Generation unit and Capacitor Allocation in Distribution Systems using Genetic Algorithm", IEEE (2011), 978-1-4244-8782-0/11

- [4] Utari, "Penempatan Distributed Generation Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Mengurangi Rugi – Rugi Daya dan Meningkatkan Keandalan", Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2012.
- [5] Wijaksono, Yohanes Andri "Penentuan Lokasi Dan Nilai Kapasitor Pada Sistem Distribusi Radial Terdistorsi Menggunakan Metode Particle Swarm Optimization" Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2013.
- [6] Wijaya ,Radika Hendri "Penempatan dan Penentuan Kapasitas Optimal dari *Distributed Generation* (DG) dengan Mempertimbangkan *Maximum Loadability* Menggunakan *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm-II* (NSGA-II)" Tugas Akhir Teknik Elektro ITS 2012.
- [7] Basuki, Achmad, "Algoritma Genetika", PENS-ITS, Surabaya, 2003

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Dwi Setianto dan dilahirkan di Surabaya – Jawa Timur pada Tahun 1991. Penulis memulai pendidikan di Sekolah Dasar Negeri Ketintang 1 Surabaya dan melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 12 Surabaya dan SMA Negeri 5 Surabaya. Pada tahun 2009, penulis melanjutkan pendidikan jenjang Diploma di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya dengan konsentrasi bidang studi Teknik Elektronika. Pada tahun 2013 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan diploma dan pada saat itu juga melanjutkan pendidikan untuk jenjang sarjana. Pendidikan sarjana ditempuh di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di jurusan teknik elektro dengan konsentrasi bidang studi sistem tenaga.