

## Optimasi Aliran Daya Sistem Kelistrikan Nanggroe Aceh Darussalam Berbasis Distributed Generation Dengan Menggunakan Metode Algoritma Genetik

Teuku Hasannuddin, Said Aiyub, Fauzan  
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

### ABSTRAK

Penelitian ini merupakan suatu perancangan dan perhitungan optimasi keluaran daya pembangkit pada sistem interkoneksi 150 kV Nanggroe Aceh Darussalam yang telah diubah menjadi sistem kelistrikan yang bersifat desentralisasi dengan penambahan *distributed generation* (DG). Dengan adanya sistem interkoneksi yang berbasis *distributed generation* ini maka dapat dioptimalkan penggunaan energi dengan teknik menganalisa keluaran tiap-tiap pembangkit dengan menggunakan pemrograman algoritma genetik dan ketepatan peletakkan *distributed generation*. Sehingga pada akhirnya penggunaan energi yang sia-sia dapat dihindarkan atau dikurangi pada sistem interkoneksi 150 kV Nanggroe Aceh Darussalam. Dari hasil penelitian diperoleh sebuah kesimpulan bahwa optimasi energi akan optimal dengan penambahan *distributed generation*. Penggunaan daya dari setiap pembangkit sangat dipengaruhi oleh besarnya beban yang ada disekitar pembangkit tersebut. Oleh karenanya penempatan besarnya kapasitas dari pembangkit harus dikaji ulang pada sistem interkoneksi Sumut – Aceh untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Sebagai contoh pembangkit Nagan Raya hanya digunakan sebesar 12,752 MW dari kapasitasnya sebesar 2x110 MW dengan asumsi bahwa pembangkit *distributed generation* yang ditambahkan mempunyai koefisien biaya yang identik dengan pembangkit Nagan Raya. Rugi-rugi daya terbesar sebelum dilakukan optimasi terjadi pada saluran Pangkalan Brandan – Langsa sebesar 13,5 MW. Sedangkan rugi-rugi terkecil terjadi pada saluran Langsa – Tualang Cut sebesar 0,033 MW. Hal ini disebabkan oleh panjangnya saluran dan besarnya beban pada setiap gardu induk. Total rugi-rugi daya yang terjadi sebelum adanya optimasi sebesar 27,182 MW. Rugi-rugi daya (P) pada saluran sebelum dan setelah dilakukan optimasi dengan penambahan *distributed generation*, maka pengurangan rugi-rugi daya terbesar terjadi pada saluran Pangkalan Brandan – Langsa sebesar 12,01 MW atau sebesar 89%.

**Kata kunci:** energi, *distributed generation*, algoritma genetik

### I. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi listrik semakin hari semakin bertambah sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan perkembangan teknologi. Ini jelas terlihat pada sistem interkoneksi 150 kV Sumut – ACEH yang semakin hari semakin kritis. Untuk itu kesediaan akan energi ini perlu diperhatikan sehingga mampu mensuplai kebutuhan energi listrik tersebut kesegnap lapisan masyarakat Aceh.

Permasalahan yang terjadi dilapangan bahwa perencanaan suatu sistem tenaga listrik hanya mampu dilakukan untuk beberapa tahun mendatang dan bersifat sentralisasi. Ini disebabkan besarnya biaya investasi yang dibutuhkan untuk membangun sistem tenaga listrik yang berskala besar secara sekaligus. Persoalan lainnya adalah dengan membangun pembangkit yang berskala besar yang pada umumnya berpengerak mula turbin uap dan gas membutuhkan biaya operasi yang tinggi untuk bahan bakar dan juga tingkat polusi udara yang tinggi.

Sistem tenaga listrik yang bersifat sentralisasi juga memberi dampak terhadap kontinuitas penyaluran energi terhadap pelanggan. Hal ini seperti terjadi pada sistem *interkoneksi* 150 kV Sumut - Aceh yang terpusat di Belawan. Diantara gangguan tersebut adalah terputusnya pengiriman energi dari Belawan (Sumatera Utara) ke Aceh akibat tumbang tower 150 kV, sehingga sebagian Aceh terjadi black out.

Oleh karenanya sentralisasi sistem tenaga listrik mulai ditinggalkan dan beralih kepada *desentralisasi* sistem tenaga listrik. Desentralisasi sistem tenaga listrik juga dinamai dengan *distributed generation* yaitu penempatan pembangkit listrik secara tersebar pada setiap kota ataupun pada daerah yang mengalami kekurangan daya dan dimungkikan juga pada pusat beban. Pembangkit tersebut dapat berfungsi sebagai penyuplai energi pada saat beban normal, beban puncak ataupun difungsikan sebagai standby generator yang akan difungsikan pada saat terjadi gangguan sehingga keandalan sistem terjaga. Generator ini biasanya berskala kecil yaitu lebih kecil dari 50 MW dan dari jenis tenaga diesel, sel

surya, mikro hidro , turbin angin atau yang lainnya.( white paper on distributed generation ,2000) [1] . Namun demikian tidak tertutup kemungkinan bahwa generator tersebut memiliki kapasitas yang besar sesuai dengan kebutuhan daya pada daerah tersebut.

## II. Tinjauan Pustaka

Hasanuddin (2012), untuk sistem interkoneksi 150 kV Aceh – Sumut bahwa efisiensi akan optimal dengan penambahan *distributed generation*. Namun demikian tidak selamanya penambahan *distributed generation* akan mendapatkan efisiensi energi, tetapi sangat dipengaruhi oleh tingkat penetrasi *distributed generation* yang diberikan dalam sistem tersebut. dapat disimpulkan bahwa tingkat penetrasi yang optimal dalam penggunaan energi adalah pada penetrasi 20% sampai dengan 100% dari daya pikul beban setiap gardu induk. Efisiensi energi yang optimal terjadi pada tingkat penetrasi 90% dengan besar energi yang terbuang adalah sebesar 0,309 MW dari sebelumnya energy yang terbuang sebelum adanya *distributed generation* sebesar 27,248. Sehingga dengan adanya penambahan *distributed generation* mampu meminimalisasikan energy yang terbuang sebesar 26,939 MW atau 9,7% dari 278 MW kebutuhan daya listrik Aceh. [2]

Yassir (2013), penerapan algoritma genetik untuk optimasi pada sistem 500 kV Jawa Bali mampu mereduksi biaya total pembangkitan sebesar Rp. 881.051.779/jam atau sebesar 13,4% dengan rugi-rugi total sebesar 190,33 MW. [3]

Mithulananthan dkk (2004), peletakan *distributed generation* akan dapat mengurangi rugi-rugi daya pada jaringan bila peletakan dan ukuran dari dari generator tersebut sesuai dengan kondisi sistem tersebut. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan pengurangan rugi-rugi daya sebesar 80,72% dari total rugi-rugi sebesar 386,5 kW. [4]

## III. Metode Penelitian

Objek yang diteliti dalam penelitian ini adalah sistem tenaga listrik interkoneksi 150 kV Sumut - NAD yang terdiri dari 10 gardu induk tegangan tinggi (gitet). Penelitian ini dilakukan untuk mengatur optimasi penggunaan energi 150 kV Sumut - NAD pada saat sebelum dan sesudah pemasangan *distributed generation* dengan menggunakan metode algoritma genetik.

### Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengamati pemakaian energi dan biaya pembangkitan pada sistem interkoneksi 150 kV Sumut – Aceh. Adapun tahap-tahap penelitian yang dilakukan sebagai berikut;

1. Mengumpulkan data-data sistem interkoneksi 150 kV Sumut-Nad menyangkut parameter jaringan, kebutuhan daya setiap GI, daya keluaran setiap pembangkit.
2. Dari data yang diperoleh dilakukan analisis awal dan menyusunnya secara sistematis untuk kemudian di inputkan dalam program simulasi.
3. Membuat program optimalisasi dengan metode algoritma genetik untuk diagram interkoneksi Sumut – Nad pada software MatLab.
  - Menentukan jumlah populasi (jumlah pembangkit dan besaran daya aktif reaktif
  - Melakukan kawin silang untuk mendapatkan generasi terbaru dengan nilai fitness maksimum
  - Melakukan mutasi untuk mendapatkan generasi terbaru dengan nilai fitness maksimum
  - Menghitung rugi – rugi dari nilai daya pembangkit yang optimum
  - Menghitung pembiayaan pembangkit dengankoeffisien alpha dan betha yang sesuai dengan perencanaan pembangkit listrik.
  - Menghitung aliran daya sistem dengan adanya *distributed generation*
4. Menentukan lokasi penempatan *distributed generation*, yaitu *distributed generation* dipasang pada tegangan menengah 20 kV (sistem distribusi). menentukan besarnya tingkat penetrasi bila diperlukan dengan menggunakan persamaan berikut;
 
$$PL = \frac{P_{DG}}{P_{BebanPuncak}} \cdot 100\%, \quad \text{Valerijis}$$
 Knazkins [5], dimana *PL* adalah tingkat penetrasi.
5. Simulasi aliran daya sistem tenaga listrik interkoneksi 150kV Sumut- NAD untuk mengetahui tegangan dan daya yang dibangkitkan oleh generator-generator pada beban puncak sistem tanpa *distributed generation*.
6. Menghitung pemakaian energi tanpa adanya *distributed generation*
7. Simulasi aliran daya sistem tenaga listrik interkoneksi 150kV Sumut- NAD untuk mengetahui tegangan,rugi-rugi pada jaringan dan daya yang dibangkitkan oleh generator dengan *distributed generation*
8. Menghitung pemakaian energi dan biaya pembangkitan dengan adanya *distributed generation*
9. Simulasi optimalisasi aliran daya sistem tenaga listrik interkoneksi 150kV Sumut- NAD untuk mengetahui tegangan,rugi-rugi pada jaringan

dan daya yang dibangkitkan oleh generator dengan *distributed generation*

10. Menghitung pemakaian energi dan biaya pembangkitan dengan adanya *distributed generation* dan optimalisasi aliran daya.
11. Menyusun hasil perhitungan penggunaan energi pada sistem interkoneksi 150 kV Sumut – NAD dengan *distributed generator* dan tanpa *distributed generator* kemudian mengambil sebuah kesimpulan penggunaan energi pada sistem tersebut.

#### IV. Hasil dan Pembahasan

##### 1. Perhitungan Impedansi Saluran.

Impedansi saluran dihitung berdasarkan jenis dan ukuran penghantar yang digunakan antar gardu induk dikalikan dengan panjang/jarak antar gardu induk tersebut. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Impedansi} = \text{jenis/ukuran penghantar} \times \text{jarak}$$

$$= (\text{resistansi (ohm/km)} + j \text{ reaktansi (ohm/km)}) \times L \text{ (km)}$$

Dengan memasukkan data pada Bab IV ke persamaan diatas didapat impedansi saluran antar gardu induk pada sistem interkoneksi Aceh dengan ukuran kabel 240 mm<sup>2</sup> seperti ditunjukkan pada tabel 5.1 berikut ini.

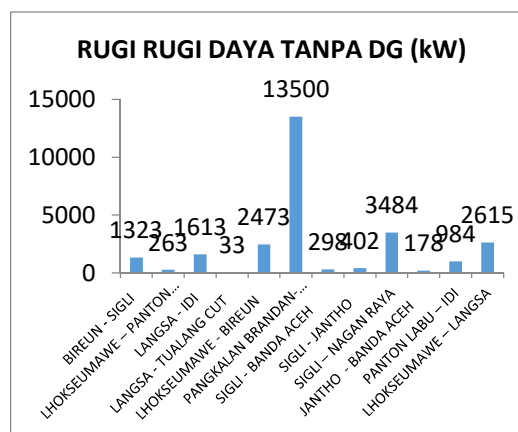
NAMA GARDU INDUK	Panjang Saluran (KM)	Impedansi (OHM)
GI SIGLI to GI BIREUN	198,4	13,5904 + j393824
GI LHOKSEUMAW E to GI LANGSA	128,49	17,6031 + j51,0105
GI IDI to GI LHOKSEUMAW E	82,19	11,26 + j32,6294
GI IDI to GI LANGSA	46,3	6,3431 + j18,3811
GI LANGSA to GI TUALANG CUT	24,12	3,3044 + j9,5756
GI LHOKSEUMAW E to GI BIREUN	122,6	8,3981 + j24,3361

GI LANGSA to GI PANGKALAN BRANDAN	156,54	10,7230 + j31,0732
GI SIGLI to GI BANDA ACEH	183,3	12,5561 + j36,3851
GI SIGLI to GI NAGAN RAYA	346	23,7010 + j68,6810
GI BANDA ACEH to GI JANTHO	31,2	4,2744 + j12,3864
GI JANTHO TO GI SIGLI	60,39	8,2734 + j23,9748
GI LHOKSEUMAW E TO GI PANTON LABU	30	4,1100 + j11,91
GI PANTON LABU TO GI IDI	20,0564	6,9212 + j20,0564

##### Rugi-Rugi Daya Pada Penyulang

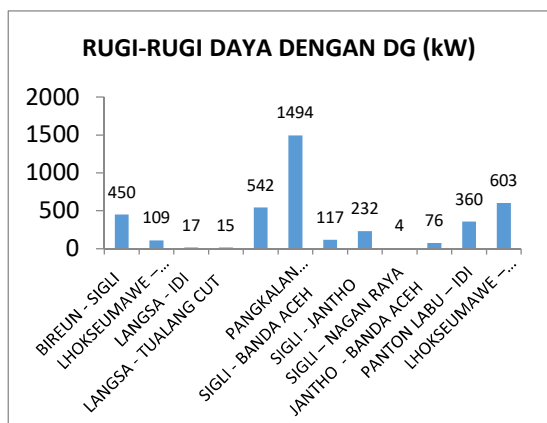
Rugi-rugi daya yang terjadi pada setiap penyulang sistem tenaga listrik interkoneksi 150 kV Sumut – NAD sebelum dan setelah pemasangan *distributed generation* dapat di jelaskan sebagai berikut:

Grafik 5.1. menunjukkan rugi-rugi daya (P) pada saluran dimana sebelum dilakukan optimasi yaitu tanpa penambahan *distributed generation*, maka rugi-rugi daya terbesar terjadi pada saluran Pangkalan Brandan – Langsa sebesar 13,5 MW. Sedangkan rugi-rugi terkecil terjadi pada saluran Langsa – Tualang Cut sebesar 0,033 MW. Hal ini disebabkan oleh panjangnya saluran dan besarnya beban pada setiap gardu induk. Total rugi-rugi daya yang terjadi sebelum adanya optimasi sebesar 27,182 MW.



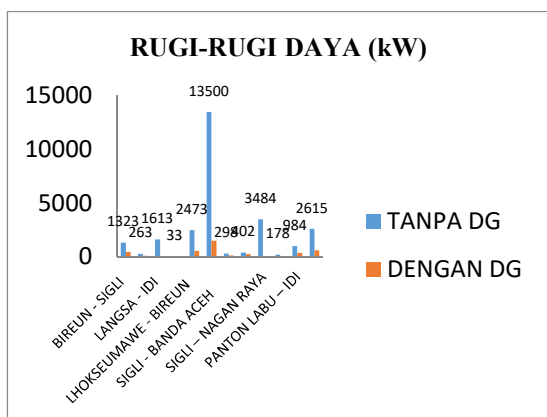
Grafik 5.1. Rugi-rugi daya sebelum optimasi

Grafik 5.2. menunjukkan rugi-rugi daya (P) pada saluran dimana setelah dilakukan optimasi dengan penambahan distributed generation, maka rugi-rugi daya terbesar terjadi pada saluran Pangkalan Brandan – Langsa sebesar 1,494 MW. Sedangkan rugi-rugi terkecil terjadi pada saluran Sigli – Nagan Raya sebesar 0,004 MW. Hal ini disebabkan oleh penambahan pembangkit pada setiap gardu induk. Total rugi-rugi daya yang terjadi setelah adanya optimasi sebesar 4,172 MW. Ini berarti telah terjadi penyusutan rugi-rugi daya sebesar 23,01 MW atau sebesar 85%.



Grafik 5.2. Rugi-rugi daya setelah optimasi

Grafik 5.3. menunjukkan perbandingan rugi-rugi daya (P) pada saluran sebelum dan setelah dilakukan optimasi dengan penambahan distributed generation, maka pengurangan rugi-rugi daya terbesar terjadi pada saluran Pangkalan Brandan – Langsa sebesar 12,01 MW atau sebesar 89%.



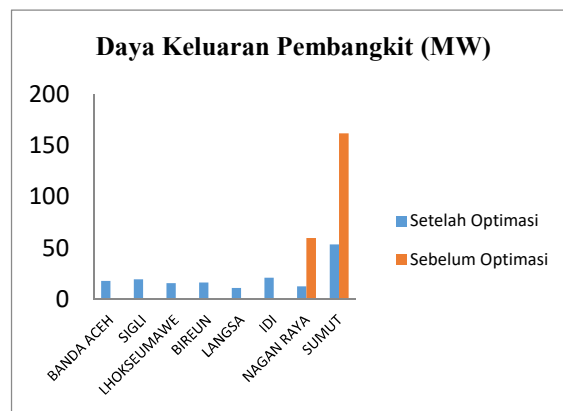
Grafik 5.3. Perbandingan rugi-rugi daya setelah/sebelum optimasi

### 5.2.2. Daya pembangkitan pada generator

Dari data hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi perbedaan keluran daya pada tiap-

tiap pembangkit sebelum dan sesudah dilakukan optimasi seperti terlihat pada Grafik 5.4. Dimana pada Pembangkit Sumut terjadi penurunan keluran daya pembangkit dari 161,68 MW menjadi 53,629 MW atau sebesar 108,05 MW. Ini berarti telah terjadi penurunan sebesar 67%. Pada pembangkit Nagan Raya juga terjadi penurunan keluran daya pembangkit dari 60,07 MW menjadi 12,752 MW atau sebesar 47,32 MW. Ini berarti telah terjadi penurunan sebesar 79%.

Penurunan daya pada pembangkit Nagan Raya tidaklah diinginkan mengingat kapasitas dari pembangkit Nagan Raya sebesar 2 x 110 MW. Penurunan ini dilakukan untuk mendapatkan rugi – rugi daya terkecil pada jaringan. Oleh karenanya untuk mengoptimalkan pembangkit Nagan Raya maka perlu adanya penambahan Gardu induk untuk wilayah tengah dan selatan propinsi Aceh.



Grafik 5.4. Daya Keluaran Pembangkit setelah/sebelum optimasi

### Daftar Pustaka

- [1] Anonim.,2000, “White Paper on Distributed Generation. 2000”, National Rural Electric Cooperative Association. Bakirtzis G., Biskas P. N., Zoumas C. E., dan Petridis V.,2002, “Optimal Power Flow by Enhanced Genetic Algorithm,” IEEETransaction on Power System, Vol. 17, No. 2, pp. 229-236.
- [2] Hasanuddin, 2012, “Efisiensi Penggunaan Energi Listrik Pada Sistem Interkoneksi 150kV Nanggroe Aceh Darussalam Menggunakan Distributed Generation”, Laporan Penelitian, Politeknik Negeri Lhokseumawe
- [3] Yassir, 2013, “Algoritma Genetika Sebagai Solusi Optimal Power Pada Sistem Kelistrikan 500 kV Jawa Bali”, Jurnal Transmisi Vol 15 No.3, Semarang,Indonesia

- [4] Mithulananthan,2004, “Distributed Generator Placement in Power Distribution System Using Genetic Alogaritm to Reduce Losses”, Thammasat Int.J.Sc.Tech Vol.9,No3.
- [5] Valerijs., K., 2004, “Stability of Power Sistems with Large Amounts of Distributed Generation”, KTH Institution, Stockholm, Sweden.