SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika

https://ejurnal.itats.ac.id/snestik dan https://snestik.itats.ac.id

Informasi Pelaksanaan :
SNESTIK II - Surabaya, 26 Maret 2022
Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:
DOI : 10.31284/p.snestik.2022.2890

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Perbaikan Jatuh Tegangan dengan Pemasangan Kapasitor di Gardu Induk Waru

Gusti Ayu Chandra Try Buana[1] Trisna Wati[2]

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informatika
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]
e-mail: chandra3buana@gmail.com

ABSTRACT

The Waru Substation uses a 150 kV transmission voltage system, but the results of the recording are only 146 kV. When referring to SPLN No. 72 of 1987 where the permissible voltage value is +5% at least -10%, the voltage value is still within the permissible limits but can be optimized again so that it is planned to install capacitors at the Waru Substation. The step to improve the voltage value is to install capacitors at the substation where the capacitor capacity will be determined using the PSO method. However, based on the results of the power flow simulation (25 buses) it is known that several buses experience a greater voltage drop than the Waru bus, so that 2 capacitors will be installed on bus C of 17.9 MVAR and bus G of 50.28 MVAR. After installing the capacitor, the voltage increase on bus C from 131.6 kV to 150.5 kV and bus G from 121.7 kV to 150.9 kV was obtained.

***Keywords**: transmission, voltage drop, reactive power, capacitor*

ABSTRAK

Pada Gardu Induk Waru menggunakan sistem tegangan transmisi 150 kV, namun pada hasil pencatatan tegangan hanya 146 kV. Apabila merujuk pada SPLN No. 72 tahun 1987 dimana nilai tegangan yang diizinkan adalah +5% minimal -10%, nilai tegangan masih dalam batas yang diizinkan namun dapat di optimalkan lagi sehingga direncanakan pemasangan kapasitor di Gardu Induk Waru. Langkah perbaikan nilai tegangan adalah dengan pemasangan kapasitor di Gardu Induk dimana kapasitas kapasitor akan ditentukan menggunakan metode PSO. Namun, berdasarkan hasil simulasi aliran daya (25 bus) diketahui beberapa bus mengalami jatuh tegangan yang lebih besar dibandingkan bus Waru, sehingga akan dipasang 2 buah kapasitor masing-masing di bus C sebesar 17,9 MVAR dan bus G sebesar 50,28 MVAR. Setelah pemasangan kapasitor diperoleh kenaikan tegangan pada bus C dari 131,6 kV menjadi 150,5 kV dan bus G dari 121,7 kV menjadi 150,9 kV.

Kata Kunci : Transmisi, jatuh tegangan, daya reaktif, kapasitor, PSO

PENDAHULUAN

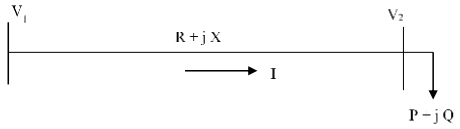
Latar Belakang

Sistem transmisi merupakan saluran udara tegangan tinggi yang menyalurkan tenaga listrik dari pusat pembangkitan ke pelanggan distribusi. Pada umumnya tegangan transmisi yang digunakan di Indonesia adalah 150 kV dan 70 kV. Nilai tegangan ini harus dijaga agar tetap pada standar yang diizinkan yaitu sesuai dengan SPLN No 72 Tahun 1978 yaitu +5% minimal -10% [1]. Salah satu cara untuk menjaga nilai tegangan ini adalah dengan pemasasngan kapasitor. Pada penelitian sebelumnya yaitu pemasangan kapasitor di Gardu Induk Sumenep dimana besar tegangan terbaca 138 kV. Perhitungan kapasitas shunt kapasitor dilakukan pada beban puncak dan didapatkan besaran kapasitas kapasitor adalah 46,36 MVAR.[2]

Selain itu terdapat penelitian pemasangan kapasitor pada saluran transmisi untuk memperbaiki jatuh tegangan dan perbaikan faktor daya dengan menggunakan kecerdasan buatan yaitu metode Algoritma Genetika. Diperoleh nilai kapasitas kapasitor sebesasr 200 MVAR dengan hasil perbaikan tegangan sisi terima naik sebesar 13.79% menjadi 147.147 kV[3]

Jatuh Tegangan

Setiap saluran transmisi memiliki kemampuan yang berbeda tergantung pada spesifikasi penghantar yang digunakan dengan variasi presentase jatuh tegangan (drop voltage) yang ditetapkan sesuai SPLN No. 72 tahun 1987 yaitu +5% minimal -10%.



Gambar 1 Aliran daya

$\Delta V = V1 - V2$ ……..…..(2)

$\Delta V = \frac{RP}{V2} + \frac{XQ}{V2}$ ……..…….…….…….....(3)

Nilai resistansi R disini sangat kecil sehingga dapat diabaikan, maka :

$\Delta V = \frac{XQ}{V2}$ ……..…….....(4)

Kapasitor

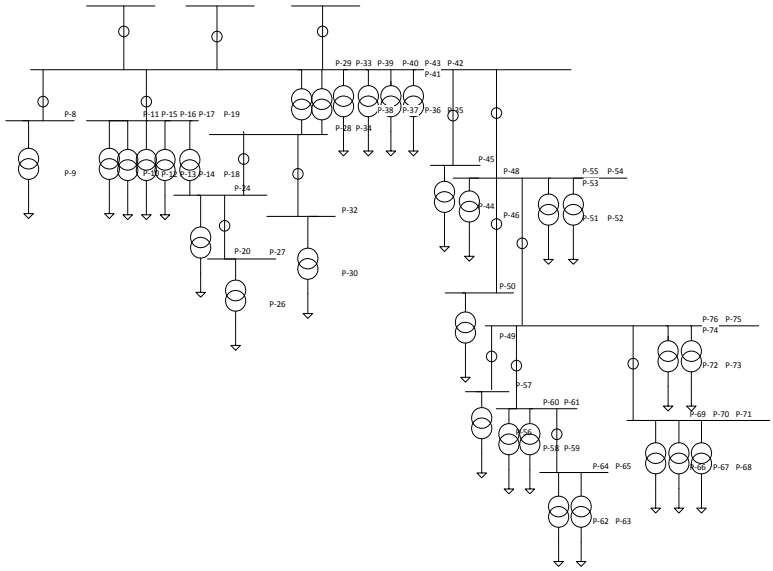
Kapasitor yaitu peralatan dengan kemampuan untuk menyimpan energi di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Satuan kapasitor adalah Farad (F)[4]. Untuk mengatur profil tegangan pada system penyaluran adalah memasang kapasitor pada bus, baik pada sistem transmisi maupun distribusi, disepanjang saluran, atau pada Gardu Induk dan beban[2].

Particle Swarm Optimization

Particle Swarm Optimization (PSO) yaitu metode optimisasi berbasis kecerdasan kelompok atau populasi. Dalam ruang pencarian masing-masing partikel bergerak (*search space*) dan mengingat posisi terbaik (Pbest) yang pernah dilalui atau ditemukan terhadap sumber makanan atau nilai fungsi objektif (*fitness*). Nilai fungsi objektif yang terbaik suatu partikel dari keseluruhan kawanan menjadi penyelesaian terbaik dari fungsi objektif (Gbest). Algoritma PSO diuji dan terbukti sangatlah efektif jika digunakan dalam menyelesaikan penentuan nilai *capacitor bank* pada sistem[5].

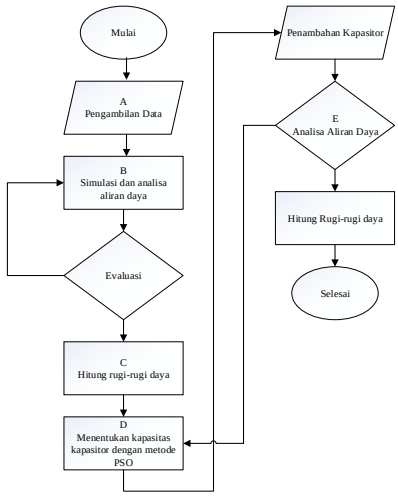
Single Line Diagram

Sub sistem penyaluran tenaga listrik tegangan sistem 70 dan 150 kV. Berikut ini akan dilampirkan gambar diagram satu garis sistem penyaluran tenaga listrik 150 kV dari sumber kemudian beberapa jalur dilkukan penurunan tegangan dari tegangan tinggi menjadi rendah.



Gambar 2 *Single Line Diagram* sebelum dipasang kapasitor

METODE



Gambar 3 Diagram alir penelitian

Langkah penyelesaian PSO :

1. Memasukkan nilai batas atas dan batas bawah
   xmin ; xmax = 2 MVAR ; 60 MVAR
   ymin ; ymax = 135 kV ; 157,5
2. Inisialisasi parameter
   Wmin ; Wmax = 0,4 ; 0,9
   C_1 ; C_2 = 2 ; 2

Inisialisasi
Posisi partikel (x=xmin+rand()*(xmax-xmin))
Kecepatan (v=zeros)

3. Melakukan iterasi pertama
4. Pencarian nilai terbaik (maksimum pada tiap partikel) dari iterasi partikel Pbest. Kemudian nilai terbaik dari setiap partikel yaitu Gbest merupakan nilai kapasitas kapasitor terbaik
5. Terima jika perubahan posisi memenuhi Batasan dan tolak jika tidak memenuhi Batasan
6. Memperbarui kecepatan (v) setiap partikel dimana nilai awal yang digunakan adalah bilangan acak
   $V_{in} = wV_{in} + c1\ r1\ (P_{ibest} - C_{in}) + c2\ r2\ (g_{best} - C_{in})$
7. Memperbarui posisi partikel dimana dari posisi awal (acak) akan terus diperbarui setiap kali melakuakn iterasi
   $C_{in} = C_{in} + V_{in}$
8. Lakukan iterasi selanjutnya hingga iterasi maksimum tercapai
9. Nilai Gbest adalah nilai optimal untuk besarnya kapasitas kapasitor

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data simulasi aliran daya

Tabel 1 Nilai tegangan kirim dan terima pada tegangan 150 kV

No	Saluran	Tegangan kirim (kV)	Tegangan Terima (kV)
1	Bus A – Bus B	150	146,4
2	Bus B – Bus C	146,4	131,6
3	Bus B – Bus D	146,4	136,8
4	Bus B – Bus E	146,4	146,3
5	Bus B – Bus M	146,4	146,3
6	Bus B – Bus F	146,4	140,1
7	Bus F – Bus H	140,1	139,5
8	Bus F – Bus G	140,1	121,7
9	Bus G – Bus L	121,7	121,6
10	Bus L – Bus I	121,7	121,3
11	Bus G – Bus K	121,7	120,2
12	Bus I – Bus J	121,3	120,9

Tabel 2 Nilai tegangan kirim dan terima pada tegangan 70 kV

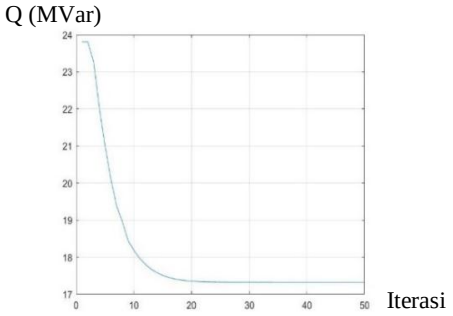
No	Saluran	Tegangan kirim (kV)	Tegangan Terima (kV)
1	Bus B – Bus N	70	67,65
2	Bus D – Bus N	70	63,69
3	Bus D – Bus Q	63,69	61,54
4	Bus N – Bus O	67,65	64,91

Pada tabel 1 dan 2 dapat dilihat bahwa nilai tegangan kirim dengan tegangan terima memiliki selisih yang cukup banyak. Selain itu pada bus-bus yang letaknya jauh, nilai tegangan yang diterima sangat jauh dari standar yang diizinkan sehingga perlu dilakukan suatu Langkah perbaikan.

Menentukan Kapasitas Kapasitor dengan Metode *PSO*

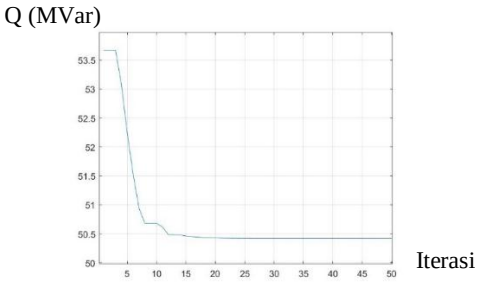
1. Kapasitas Kapasitor di Bus C dengan *PSO*

Kapasitas kapasitor di bus C dengan metode PSO yaitu diperoleh nilai 17,9606 MVAR. Selama proses iterasi nilai berubah-ubah hingga pada iterasi ke 28 sudah konvergen.



2. Kapasitas Kapasitor di Bus G dengan PSO

Kapasitas kapasitor di bus G adalah sebesar 50,2808 MVAR dimana nilai konvergen diperoleh pada iterasi k-30.



Tabel 3 Aliran daya setelah pemasangan kapasitor di bus C & G pada tegangan 150 kV

No	Bus	Tegangan (kV)	Arus (A)	Daya Aktif (W)	Daya Reaktif (VAR)
1	Bus B	149	82,3	21.381	425
2	Bus C	150,5	32	7.966	2.178
3	Bus D	145,2	59,4	15.250	1.531
4	Bus E	149	19,9	4.983	1.253
5	Bus F	148,5	336,1	86.458	7.113
6	Bus G	150,9	247	59.700	21.698
7	Bus H	147,9	24,6	5.965	2119
8	Bus I	150,6	89,1	22.083	7.385
9	Bus J	150,3	43,9	10.985	3.197
10	Bus K	149,7	80,7	20.015	6.635
11	Bus L	150,9	8,1	1.994	715
12	Bus M	149	13	2.989	1.518

Tabel 4 Aliran daya setelah pemasangan kapasitor di bus C & G pada tegangan 70 kV

No	Bus	Tegangan (kV)	Arus (A)	Daya Aktif (W)	Daya Reaktif (VAR)
1	Bus N	69,27	36,5	9.267	1.704
2	Bus O	67,18	59,8	6.996	1.596
3	Bus P	67,49	23,8	4.800	3.585
4	Bus Q	6544	35,6	3.977	1.231

Setelah dilakukan pemasangan kapasitor pada bus C dan bus G maka terjadi kenaikan tegangan yang signifikan pada setiap bus. Nilai tegangan yang terbaca naik sehingga memenuhi standar yang diizinkan. Pembacaan tegangan sebelum dan setelah pemasangan kapasitor dapat dilihat pada Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Perbandingan tegangan sisi 150 kV

No	Bus	Tegangan sebelum (kV)	Tegangan Setelah (kV)	Kenaikan tegangan (kV)	Persentase (%)
1	Bus B	146,4	149,1	2,7	1,81
2	Bus C	131,6	150,4	20,8	13,65
3	Bus D	136,8	145,9	9,1	6,24
4	Bus E	146,3	149,1	2,8	1,88
5	Bus F	140,1	148,7	8,6	5,78
6	Bus G	121,7	151,3	29,6	19,56
7	Bus H	139,5	148,1	8,6	5,81
8	Bus I	121,3	151	29,7	19,67
9	Bus J	120,9	150,7	29,8	19,77
10	Bus K	120,2	150,1	29,9	19,92
11	Bus L	121,6	151,3	29,7	19,63
12	Bus M	146,3	149,1	2,8	1,88

Tabel 6 Perbandingan rugi-rugi daya sisi 70 kV

No	Bus	Tegangan sebelum (kV)	Tegangan Setelah (kV)	Kenaikan tegangan (kV)	Persentase (%)
1	Bus N	67,65	69,36	1,71	2,47
2	Bus O	64,91	67,33	2,42	3,59
3	Bus P	63,69	67,81	4,12	6,08
4	Bus Q	61,54	65,77	4,23	6,43

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Dengan metode PSO diperoleh kapasitas kapasitor yang dibutuhkan yaitu sebesar 17,961 MVAR untuk bus C dan 50,28 MVAR untuk bus G.
2. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor di bus C dan bus G, terjadi kenaikan tegangan pada bus C menjadi 150,4 KV dan bus G menjadi 151,3 KV.

DAFTAR PUSTAKA

[1] G. I. Pati, B. Gi, and J. Menggunakan, "1, 2,3)," pp. 80–85, 1987.

[2] M. F. Hakim, S. S. Wibowo, L. Pamuji, P. T. Listrik, J. T. Elektro, and N. Malang, "Kompensator Daya Kapasitif Di Gardu Induk (Gi) Sumenep Untuk Perbaikan Jatuh Tegangan," pp. 81–94, 2016.

[3] J. Landang, S. Silimang, and M. Tuegeh, "Optimasi Penempatan Kapasitor Pada Jaringan Transmisi Teling-Tomohon Menggunakan Kecerdasan Buatan," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 8–16, 2015, doi: 10.35793/jtek.4.2.2015.6815.

[4] D. A. N. Daya, A. Pada, B. Listrik, and D. I. Minimarket, *Pengaruh Penambahan Kapasitor Terhadap Tegangan, Arus, Faktor Daya, dan Daya Aktif pada Beban Listrik di Minimarket*, vol. 9, no. 2. 2017.

[5] F. A. Anggara, O. Zebua, and K. Hasan, "Optimasi Penempatan dan Kapasitas Bank Kapasitor Untuk Mereduksi Rugi-Rugi Daya Menggunakan Kombinasi Metode Loss Sensitivity Factors dan Particle Swarm Optimization (PSO)," *Electrician*, vol. 12, no. 2, p. 48, 2019, doi: 10.23960/elc.v12n2.2080.