

Manajemen Gangguan Jaringan Distribusi 20 kV Kota Surabaya berbasis Geographic Information System (GIS) menggunakan Metode Algoritma Genetika

Choirur Rochman, Ontoseno Penangsang, Ni Ketut Aryani

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

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: ontosenop@ee.its.ac.id, ketut.aryani@elect-eng.its.ac.id

Abstrak—Sistem Distribusi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi merupakan sub sistem tenaga listrik yang yang paling dekat dengan pelanggan yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik. Gangguan dalam operasi sistem tenaga listrik merupakan kejadian yang dapat menyebabkan bekerjanya pengaman tenaga listrik. Adanya gangguan pada suatu sistem tenaga listrik atau penyediaan listrik ini tidak dikehendaki, tetapi merupakan kenyataan yang tidak dapat dihindarkan. Kondisi tersebut tidak bisa dibiarkan dalam waktu lama karena akan membuat kerusakan pada peralatan-peralatan listrik dan menimbulkan kerugian yang besar bagi penyedia listrik. Tindakan untuk mengurangi penurunan tegangan yang cukup besar pada sistem tenaga listrik harus segera diupayakan karena keadaan tersebut jika dibiarkan secara terus-menerus maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan. Manajemen gangguan merupakan himpunan fungsi proses dari Identifikasi, Isolasi dan Restorasi gangguan. Pada Penelitian ini Isolasi dan restorasi dilakukan dengan metode algoritma genetika dan upaya load shedding pada jaringan yang mengalami drop tegangan. Untuk mendapatkan restorasi yang paling optimal dengan mendapatkan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi diharapkan dengan algoritma genetika dan *loadshedding* dapat mengatasi gangguan pada jaringan distribusi.

Kata Kunci—*Algoritma Genetika, Load Shedding, Manajemen Gangguan.*

I. PENDAHULUAN

SISTEM distribusi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi merupakan sub sistem tenaga listrik yang yang paling dekat dengan pelanggan yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (bulk power source) sampai ke konsumen. Jaringan distribusi tegangan menengah mempunyai tegangan antara 3 kV sampai 20 kV. Pada saat ini PLN hanya mengembangkan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV. Jaringan distribusi tegangan menengah sebagian besar berupa saluran udara tegangan menengah dan kabel tanah.

Jaringan distribusi menggunakan Geographic Information System (GIS). Yang merupakan sistem informasi geografis yang memuat database tentang tata ruang umum yang menggunakan sistem koordinat sebagai referensinya.

Dalam sistem distribusi tenaga listrik sering terjadi gangguan yakni penghalang dari suatu sistem yang sedang

beroperasi atau suatu keadaan dari sistem tenaga listrik yang menyimpang dari kondisi normal. Pengertian gangguan ialah keadaan sistem yang menyimpang dari keadaan normal, dimana keadaan ini dapat mengakibatkan terganggunya kelangsungan pelayanan tenaga listrik [1]. Gangguan dalam operasi sistem tenaga listrik merupakan kejadian yang dapat menyebabkan bekerjanya pengaman tenaga listrik. Adanya gangguan pada suatu sistem tenaga listrik atau penyediaan listrik ini tidak dikehendaki, tetapi merupakan kenyataan yang tidak dapat dihindarkan [2]. Kondisi tersebut tidak bisa dibiarkan dalam waktu lama karena akan membuat kerusakan pada peralatan-peralatan listrik dan menimbulkan kerugian yang besar bagi penyedia listrik.

Tindakan untuk mengurangi penurunan tegangan yang cukup besar pada sistem tenaga listrik harus segera diupayakan karena keadaan tersebut jika dibiarkan secara terus-menerus maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan. Hal tersebut dapat pula menjadi sebab kerusakan alat-alat yang bersangkutan. Penanganan tersebut disebut dengan manajemen gangguan. Di dalam sistem distribusi tenaga listrik, manajemen gangguan merupakan salah satu fungsi utama untuk mengurangi waktu pemadaman. Untuk kesempatan ini, metode dilakukan bervariasi di setiap Negara [3]. Dalam menyelesaikan suatu gangguan adalah mendapatkan lokasi gangguan, sehingga gangguan dapat segera dihilangkan. Pada gangguan permanen, pemulihan dapat dilakukan dengan mengisolasi gangguan dan melakukan restorasi pada jaringan distribusi yang ada. Dengan melakukan topologi jaringan yang dengan feeder yang ada dan dapat meng-cover daya beban sehingga dapat mendapatkan hasil optimal dan rugi-rugi daya minimal.

Dalam hal ini penelitian menitikberatkan pada manajemen gangguan dengan judul “Manajemen Gangguan Jaringan Distribusi 20 KV Kota Surabaya berbasis Geographic Information System (GIS) menggunakan Metode Isolasi dan Restorasi”.

Dalam penelitian ini, setelah lokasi gangguan diketahui, maka dilakukan isolasi lokasi daerah gangguan dan restorasi jaringan distribusi radial dengan rugi-rugi daya terendah ini akan dilakukan dengan metode algoritma genetika. Diharapkan mendapatkan hasil optimal dengan kombinasi switch yang mengacu pada pencarian rugi-rugi daya terkecil. Kemudian, hasil yang didapat akan ditampilkan secara geografis dan komunikatif.

II. SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DAN MANAJEMEN GANGGUAN

A. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi merupakan sub sistem tenaga listrik yang yang paling dekat dengan pelanggan yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (bulk power source) sampai ke konsumen. Jaringan distribusi tegangan menengah mempunyai tegangan antara 3 kV sampai 20 kV.

Desain sistem distribusi bervariasi mulai dari sistem radial sampai jaringan distribusi. Pertimbangan utama yang mempengaruhi desain adalah biaya dan keandalan.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. PLN sendiri menggunakan tegangan di level 20kV untuk penyaluran distribusi primer dan level tegangan 220/380V untuk penyaluran distribusi sekunder. Pada saat ini PLN hanya mengembangkan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV.

Sistem distribusi dibagi menjadi dua subdivisi :

1. Distribusi primer, berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari gardu induk (atau sumber lain) ke titik-titik beban dimana disini tegangan diturunkan kenilai tegangan yang dapat dimanfaatkan oleh para pelanggan.
2. Distribusi sekunder, adalah yang terdiri dari bagian pengoperasian sistem distribusi menuju ke meteran para pelanggan

Jaringan distribusi primer 20kV sering disebut Jaringan Distribusi Tegangan Menengah dan jaringan distribusi sekunder 380/220V sering disebut Jaringan Distribusi Tegangan Rendah.

B. Manajemen Gangguan Distribusi

Tindakan untuk mengurangi penurunan tegangan yang cukup besar pada sistem tenaga listrik harus segera diupayakan karena keadaan tersebut jika dibiarkan secara terus-menerus maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan. Hal tersebut dapat pula menjadi sebab kerusakan alat-alat yang bersangkutan. Penanganan tersebut disebut dengan manajemen gangguan. Di dalam system distribusi tenaga listrik, manajemen gangguan merupakan salah satu fungsi utama untuk mengurangi waktu pemadaman. Manajemen gangguan pada jaringan distribusi meliputi 3 hal:

1. Identifikasi lokasi gangguan
2. Mengisolasi gangguan
3. Merestorasi atau pemulihan sistem

Identifikasi lokasi gangguan adalah upaya menentukan gangguan yang terjadi dengan perkiraan akurat tentang lokasi gangguan. Setelah gangguan diketahui dan lokasi gangguan, maka segera dilakukan analisis yang mendasari tindakan pengisolasian gangguan ataupun merestorasi/pemulihan system.

III. ALGORITMA GENETIKA PADA PROSES OPTIMASI RESTORASI JARINGAN DISTRIBUSI

Pada penelitian ini, dilakukan melakukan restorasi pada sistem jaring distribusi radial untuk meminimalisasi rugi daya nyata pada sistem. Pengolahan data menggunakan software Magik. Langkah awal untuk optimisasi pada mencari kombinasi switch untuk dipilih Ploss terkecil.

Restorasi jaringan mempunyai Ploss terendah menjadi kandidat menjadi pengalihan beban, penyulang yang terkena gangguan, ke penyulang pendukung. Ketika telah ditemukan jaringan distribusi yang optimal untuk dilakukan restorasi, *loadflow* akan menghitung nilai rugi daya tegangan yang baru. Untuk mencari Ploss terendah *loadflow* akan menghitung nilai rugi daya tegangan yang baru.

Perumusan matematika masalah optimisasi adalah sebagai berikut,

1. *Obj. Function* (fungsi yang nilainya akan dioptimisasi) yang digunakan untuk Optimasi rugi-rugi daya aktif adalah :

$$Obj. Function = \min \sum_{i=1}^n P_{Loss} \quad (1)$$

P_{Loss} adalah total kerugian daya aktif pada sistem.

$$P_{Loss} = \sum_{i=1}^n V_i \times I_i \quad (2)$$

V_i = Drop tegangan

I_i = Magnitud arus

2. Batasan tegangan yang diijinkan berada pada $\pm 5\%$ tegangan nominal.

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{maks} \quad (3)$$

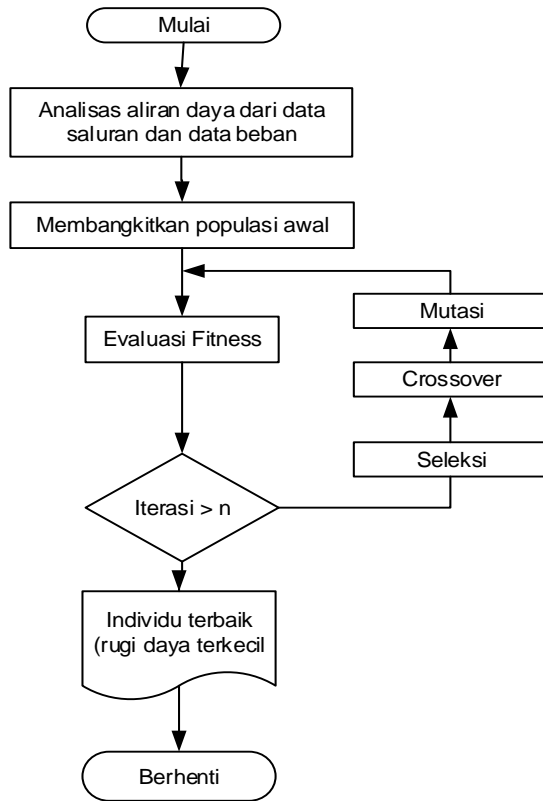
i = nomor bus , untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$V_{min} = 21 \text{ V}$$

$$V_{maks} = 18 \text{ V}$$

$$P_{min} \leq P \leq P_{maks}$$

Perumusan matematika masalah optimisasi untuk aplikasi restorasi jaringan adalah sebagai berikut, Proses optimisasi menggunakan algoritma genetika dilakukan dengan langkah sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir algoritma genetika

Flowchart Algoritma Genetika Optimasi Rugi Daya

1. Membangkitkan populasi awal berupa populasi yang terdiri dari kumpulan individu yang dibangkitkan secara acak, dimana satu individu dalam populasi merepresentasikan satu solusi.
2. Evaluasi fitness atau evaluasi setiap individu $f(x)$ dalam populasi. Evaluasi individu digunakan untuk mengevaluasi atau memperoleh nilai fitness terbaik dari individu pada setiap generasi atau iterasi. Nilai fitness ini menyatakan baik tidaknya suatu solusi (individu).
3. Membangkitkan populasi baru dengan menggunakan operator dalam algoritma genetika dengan langkah-langkah berikut:
 - a. Seleksi. Seleksi digunakan untuk memilih 2 individu sebagai calon induk yang akan dipilih untuk proses selanjutnya yaitu proses *crossover*.
 - b. Crossover. Dua induk atau orang tua dengan melakukan operasi pertukaran pada gen-gen yang bersesuaian untuk membentuk suatu individu baru (anak-anak). Pada penelitian ini, metode pindah silang menggunakan metode pindah silang satu titik.
 - c. Mutasi. Dengan probabilitas mutasi, bermutasi keturunan baru pada setiap lokus (posisi dalam kromosom).
4. Gunakan populasi yang dihasilkan individu baru untuk menjalankan proses selanjutnya.
5. Jika kondisi akhir terpenuhi, berhenti, dan kembali solusi terbaik dalam populasi.
6. Lanjut ke langkah 2.

B. Geographical Information System (GIS)

Penelitian ini menggunakan software *GIS Smallworld* PLN Area Distribusi JawaTimur yaitu software aplikasi yang menyediakan pengelolaan aset geospasial utilitas listrik untuk mendukung perencanaan jaringan, desain, pemeliharaan dan operasi pada PT. PLN Area Distribusi Jawa Timur, seperti pada gambar 2

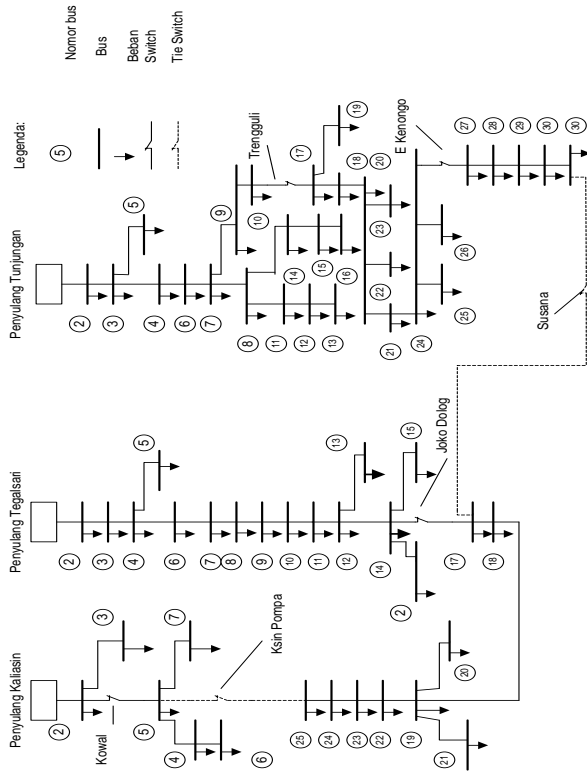


Gambar 2. Tampilan awal *GIS Smallworld* PLN Distribusi Jawa Timur

Setelah memilih gardu induk “Kupang” dengan penyulang “Kaliasin”, penyulang “Tegalsari” dan gardu induk “Simpang” dengan penyulang “Tunjungan Plasa” maka dapat di *trace* topologi jaringan sistem tenaga listrik seperti pada gambar 3.6

IV. SIMULASI DAN ANALISIS

Pada penelitian ini simulasi yang telah dilakukan dengan *software Smallworld* Emacs pada jaringan distribusi radial Kaliasin, Tegal Sari, dan Tunjungan Plaza. Simulasi dilakukan pada tiga kasus, pertama dalam kondisi normal dan hasil dibandingkan dengan software lainnya sebagai acuan. Kedua, dalam kondisi gangguan dimana penyulang tunjungan mengalami gangguan pada bus 2 sehingga dilakukan manajemen gangguan. Ketiga, penyulang tunjungan mengalami gangguan dan penyulang Kaliasin mengalami *overload*. Berikut adalah diagram satu garis dan data saluran dari penyulang Kaliasin, penyulang Tegal Sari, dan penyulang Tunjungan Plaza dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Diagram satu garis penyalang Kaliasin Tegalsari, dan Tunjungan

Penyalang Surabaya pada kasus 1

Pada kasus pertama, dapat diketahui bahwa pada tegangan penyalang Kaliasin, Tegalsari dan Tunjungan pada setiap bus masih berada standar yang telah ditentukan yaitu lebih dri 19 KV.

Tabel 1. Perbandingan rugi-rugi daya

Penyalang	Magik		Etap	
	P (KW)	Q (KVAR)	P (KW)	Q (KVAR)
Kaliasin	1.374	0.7211	1.3	0.7
Tegalsari	8.300	4.482	7.7	4
Tunjungan	24.05	12.74	22.9	11.8
Total	33.724	17.9431	31.9	16.5

Dari Tabel 1 dapat dilihat error dari pada data losses dari Magik dan Etap tingkatkan error 5.7%-5.1% etap sebagai acuan. Berikut merupakan hasil tampilan dari GIS, semua dalam keadaan normal.

Tabel 2. Kombinasi Switch Kondisi Normal

No	Switch	Status
1	Kowal	Close
2	Ksin Pompa	Open
3	Joko Dolog	Close
4	Susana	Open
5	E Kenongo	Close
6	Trengguli	Close

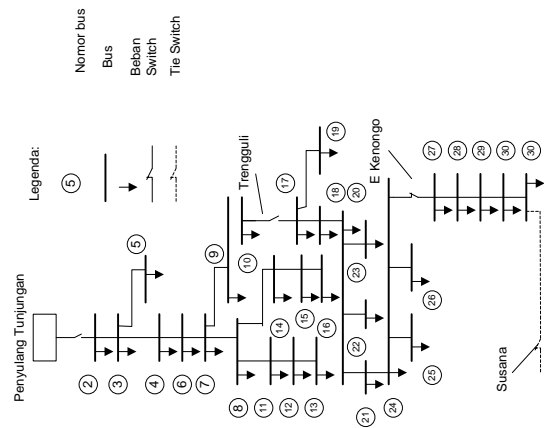
Dapat dilihat pada tabel 2, Pada switch Kowal, Joko Dolog, E Kenongo, serta Trengguli dalam posisi close karena sebagai

penghubung dalam penyalang masing-masing. Sedangkan tie switch Ksin Pompa Susana dalam status open untuk menjaga penyalang tetap dalam sistem radial

Pada penyalang Kaliasin dalam kondisi normal dan total rugi-rugi penyalang kaliasin adalah 1.374 KW dan 0,7211 KVAR. Pada penyalang Tegalsari dalam kondisi normal dan total rugi-rugi penyalang Tegalsari adalah 8.3 KW dan 4,482 KVAR. Pada penyalang Tunjungan Dalam kondisi normal dan total rugi-rugi daya penyalang Tunjungan adalah 24,05 KW dan 12,74 KVAR

Penyalang Surabaya pada kasus ke-2

Pada penyalang kasus ke-2 penyalang tunjungan mengalami gangguan hubung singkat pada penyalang tunjungan pada lokasi pada bus 2, sehingga diperlukan proses isolasi dan retorasi agar permasalahan tersebut dapat teratasi. Jika dilakukan proses isolasi gangguan maka CB penyalang tunjungan dan switch trengguli harus dibuka.



Gambar 4. Diagram satu garis proses isolasi dan restorasi

Proses membukanya CB penyalang dan switch trengguli mengakibatkan layanan daya pada penyalang Tegalsari sehingga beban pada penyalang Tegalsari tidak dapat terlayani. Supaya beban tunjungan dapat terlayani kembali maka dilakukan restorasi maka dilakukan dilakukan proses optimasi algoritma genetika mencari rugi-rugi daya terkecil.

Tabel 3. Optimasi GA kasus 2

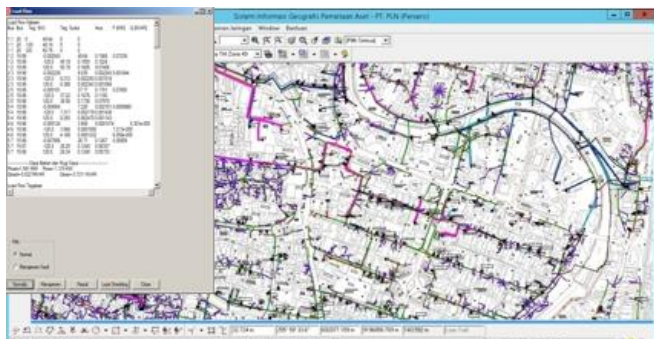
Penyalang	P Losses (KW) Percobaan		
	1	2	3
Kaliasin	0.03432	1.374	27.5
Tegalsari	45.48	31.17	2.932
Total	45.51432	32.544	30.432

Dari hasil percobaan tersebut maka total P losses aktif terkecil didapat nilai 30.432 kW. Pada aliran daya setiap peyulang dapat diketahui setelah melakukan optimasi pada proses restorasi maka beban pada bus 17 sampai bus 30 dari penyalang tunjungan sudah kembali terlayani. Tegangan pada penyalang setelah terjadi restorasi terhadap beban penyalang kaliasin masih berada pada standar yang ditentukan lebih dari 19 KV

Tabel 4.
Status Switch

No	Switch	Normal	Status Isolasi	Restorasi
1	Kowal	Close	Close	Close
2	Ksin Pompa	Open	Open	Close
3	Joko Dolog	Close	Close	Open
4	Susana	Open	Open	Close
5	Trengguli	Close	Close	Close
6	E Kenongo	Close	Open	Open

Dari tabel 4, terdapat perbedaan status dalam kondisi normal dan kondisi isolasi, serta kondisi restorasi. Proses isolasi karena gangguan terjadi pada penyulang tunjungan, maka switch E Kenongo diubah menjadi open. Setelah itu dilakukan restorasi Tie switch Ksin Pompa dan Susana menjadi tertutup untuk mengalirnya listrik dari penyulang kaliasin menuju beban dari penyulang tunjungan. Sementara itu, switch joko dolog berubah menjadi open untuk menjaga jaringan tetap dalam kondisi radial.



Gambar 5 Setelah proses isolasi dan restorasi

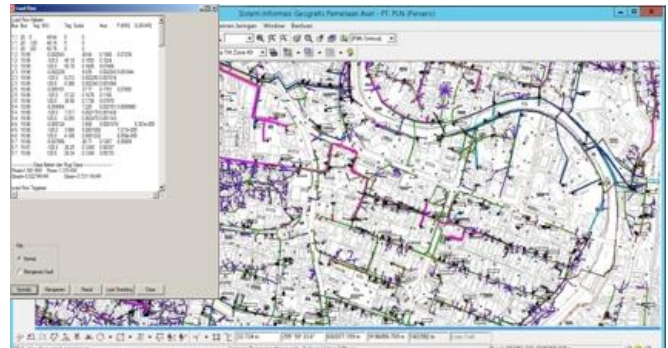
Penyulang Surabaya pada Kasus 3

Pada kasus ke-3, dilakukan pengkondisian untuk membua penyulang pendukung setelah dilakukan proses isolasi dan restorasi mengalami overload ialah dengan memperbesar nilai impedansi saluran dan menambahkan beban pada penyulang Tunjungan.

Tabel 5.
Sebelum loadshedding

Bus	Fase	Tegangan		Arus	Rugi Daya	
		Mag.	Sudut		P(kW)	Q(kVAR)
27	A	19.29	-0.1789	54.25	4.684	3.354
	B	19.27	-120.4	43.92	4.851	1.773
	C	19.2	119.9	43.46	4.668	1.864
28	A	19.25	-0.3687	81.82	10.39	6.596
	B	19.22	-120.6	83.12	10.28	6.872
	C	19.15	119.7	83.71	10.75	6.686
29	A	19.22	0.1307	142.3	21.8	2.593
	B	19.44	-120.4	143.8	2.359	1.079
	C	19.37	119.9	158	2.558	1.208
30	A	18.87	0.1373	102.6	16.78	8.817
	B	19.09	-120.4	97.39	16.94	7.398
	C	19.02	120	99.35	16.5	8.294
31	A	18.58	0.571	52.3	8.844	0.3933
	B	18.79	-120	54.19	9.168	0.4108
	C	18.98	120	52.14	0.873	0.4381

Pada tabel 5 di atas dari proses optimasi dipilih penyulang Kaliasin penyokong dari penyulang Tunjungan yang mengalami gangguan permanen, di dapatkan rugi daya 487.6 kW dan 230.4kVAR tabel 5

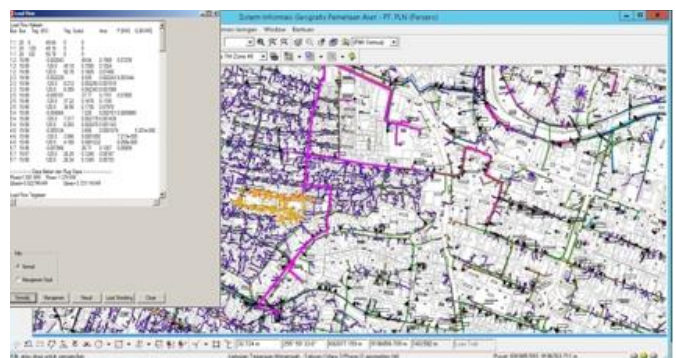


Gambar 6. Sebelum load shedding

Overload dapat di atasi dengan load shedding (pelepasan beban). Dalam penentuan pelepasan beban maka beban harus diklasifikasikan sesuai dengan prioritas.

Tabel 6 Setelah load shedding

Bus	Bus	Teg.	Teg. Sudut	Arus	Daya Aktif	Daya Raktif
18	19	19.94	0.0129	15.80	0.0003	0.0002
18	19	19.94	-120.0	16.14	0.0003	0.0003
18	19	19.94	120.0	16.07	0.0003	0.0002
19	20	19.94	0.0130	10.01	0.0010	0.0005
19	20	19.94	-120.0	10.43	0.0011	0.0007
19	20	19.94	120.0	10.35	0.0011	0.0005
20	21	19.94	0.0130	5.715	0.00002	0.00001
20	21	19.94	-120.0	5.792	0.00002	0.00002
20	21	19.94	120.0	5.885	0.00002	0.00001



Gambar 7. Setelah load shedding

Rugi daya setelah *Load shedding* bernilai 9.4KW dan 4.08 KVAR. Untuk ,mengurangi beban yang tidak terlayani maka dilakukan loadshedding pada sistem yang mengalami undervoltage.

V. KESIMPULAN

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

- Hasil dari proses isolasi dan restorasi pada penyulang yang mengalami gangguan sangat efektif digunakan untuk meningkatkan keberlangsungan pelayanan daya listrik.
- Algoritma genetika dapat mengoptimalkan pencarian rugi daya terkecil, sehingga mendapatkan solusi restorasi terbaik.
- Penggabungan antara perhitungan secara matematis menggunakan analisis aliran daya, dan algoritma genetika, serta *GIS* dapat memudahkan pemantauan manajemen gangguan pada sistem jaringan distribusi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulasno, "Analisis Sistem Tenaga Listrik", Satya Wacana, Semarang, 1993
[2] Marsudi, Djiteng, "Operasi Sistem Tenaga Listrik", Graha Ilmu, Yogyakarta, 2006
[3] Fault Manajemen in Electrical Distribution Systemcired, 1995