

# STUDI PENEMPATAN RECLOSER PADA JARING DISTRIBUSI 20 KV DI PENYULANG 21 TARAI PT. PLN (PERSERO) RAYON PANAM

Hardiyanto<sup>1</sup>, Arlenny<sup>2</sup>, Zulfahri<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email: hardiyanto.panam24@gmail.com<sup>1</sup>, arlenny@unilak.ac.id<sup>2</sup>, zulfahri@unilak.ac.id<sup>3</sup>

## ABSTRAK

Pengaman sistem distribusi tenaga listrik merupakan salah satu unsur dari pemenuhan pelayanan. Pemutus balik otomatis atau *recloser* merupakan salah satu peralatan pengaman Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV yang berfungsi untuk mengantisipasi gangguan sesaat sehingga pemadaman listrik dapat diantisipasi, penggunaan listrik pada saat ini telah meluas hampir keseluruh daerah. Jaring distribusi 20 kV sering mengalami gangguan baik secara eksternal maupun internal. Gangguan secara eksternal berupa surja yang diakibatkan oleh petir, sedangkan pada gangguan internal disebabkan oleh surja hubung yang disebabkan karena buka dan tutup *Circuit Breaker*. Gangguan bersifat sementara maupun permanen. Gangguan sementara akan hilang dengan sendirinya sedangkan permanen membutuhkan operator untuk menetralkan gangguan. Berdasarkan hasil program *Genetic Algorithm* penempatan *recloser* di penyulang 21 Tarai bisa dihitung perbandingan dengan menggunakan SAIDI dan SAIFI antara pemasangan *recloser* sebelum dan sesudah menggunakan program *Genetic Algorithm*, hasil yang diperoleh sesudah menggunakan program *Genetic Algorithm* jauh lebih kecil gangguan yang terjadi dibandingkan sebelum menggunakan program *Genetic Algorithm* dengan data SAIDI dan SAIFI turun nilai sebesar 2,0625 jam / tahun / pelanggan dan 8,274 kali / tahun / pelanggan.

**Kata kunci :** Penempatan *recloser*, Program *Genetic Algorithm*, Jaring distribusi 20 kV.

## ABSTRACT

*The safety of power distribution system is one element of service fulfillments. An automatic recharge or defined as *recloser* is one of the 20 kV Medium Voltage air-conditioning equipment which is set to anticipate a momentary interference of a power outage. The electricity consumptions in society has expanded almost across the regions.*

*The 20 kV electrical net feeder often experience externally and internally interferences. The external interference is a sudden surge of electricity caused by lightning, whereas the internal is caused by the open and the close *Circuit Breaker*. It can be for temporary and permanent interferences. The temporary interference can disappear by itself while the permanent one requires the operators to neutralize.*

*Based on the results of the Genetic Algorithm program, the placement of *recloser* at 20kV feeder 21 in Tarai can be calculated by comparing SAIDI and SAIFI data to measure the effects of before and after using the Genetic Algorithm program. The obtained results find that after using the Genetic Algorithm program, the interferences are becoming less as compared to the before use of Genetic Algorithm program with SAIDI and SAIFI data. There is a decrease by 2.0625 hours / year / customer and 8.274 times / a year / customer.*

**Keywords :** Placement of *Recloser*, Electrical Net Feeder, 20 kV.

## 1. PENDAHULUAN

Jaring distribusi di penyulang 21 Tarai panjang saluran 64 kms dengan jarak antara tiang ke tiang jaring distribusi rata-rata 50 meter. Jaring distribusi primer tegangan menengah (TM) dan juga jaring distribusi sekunder tegangan rendah (TR) pada umumnya beroperasi secara radial. Pengaman jaring distribusi 20 kV yang sering digunakan diantaranya adalah rele, *recloser* dan peralatan

lainnya. *Recloser* merupakan sebagai alat untuk memutus dan menghubungkan daerah jaring listrik yang terkena gangguan. Pengaman ini bekerja dengan pengaturan otomatis, pengaturan umumnya mengatur buka dan tutup kontak sebanyak tiga kali dan pada operasi pembukaan yang ke empat akan membuka selamanya (*lock out*).

Pensaklaran (*switching*) *recloser* pada sistem dalam waktu yang cepat mengakibatkan terjadinya

perubahan dari suatu keadaan menuju kepada keadaan yang tetap (*steady state*) kondisi ini sering dinamakan transien. Ketika pada keadaan transien terjadi perubahan tegangan, arus dan frekuensi dari keadaan normal. Perubahan yang terjadi diperkirakan dapat mengganggu peralatan yang terhubung dengan jala-jala listrik terutama peralatan rumah tangga terhadap perubahan tegangan, arus dan frekuensi.

Berdasarkan data *existing* ada dua *recloser* terpasang di penyulang 21 Tarai namun penempatan *recloser* dipasang agar mempermudah pelayanan teknik (YANTEK) menganalisa gangguan yang terjadi yaitu dengan cara hitung manual untuk penempatan di saluran. Tetapi dari hasil perhitungan manual nilai keandalan sistem SAIDI dan SAIFI terlalu tinggi karena penempatan belum optimal digunakan sebagai dasar optimasi penempatan *recloser*. Oleh sebab itu saya sebagai penulis mengangkat judul penelitian Studi Penempatan *Recloser* Pada Jaring distribusi 20 kV Di Penyulang 21 Tarai PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Rayon Panam dengan maksud agar melalui penelitian dari metoda *Genetic Algorithm* masalah tersebut akan dapat teratasi.

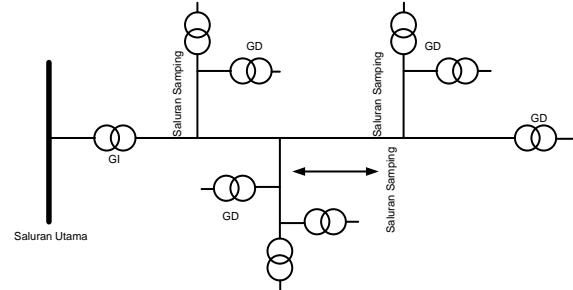
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Sistem Distribusi

Sistem tenaga listrik terdiri dari komponen-komponen listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban sistem yang merupakan satu kesatuan sehingga membentuk suatu sistem yang disebut sistem distribusi tenaga listrik. Untuk keperluan penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan, diperlukan berbagai peralatan listrik. Berbagai peralatan listrik ini dihubungkan satu sama lain mempunyai interrelasi dan secara keseluruhan membentuk suatu sistem tenaga listrik (Tanjung, 2014).

#### A. Sistem *radial*

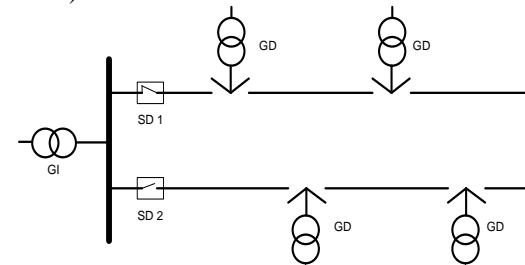
Pada saluran *radial* mempunyai satu jalan aliran daya ke beban. Sistem ini biasa dipakai untuk melayani daerah beban dengan kerapatan beban rendah dan sedang. Pada sistem saluran *radial* sebuah penyulang menyalurkan tenaga listrik yang terpisah antara penyulang satu dengan penyulang yang lainnya. Sistem ini mempunyai sebuah saluran yang ditarik dari suatu sumber daya atau Gardu Induk dan saluran dicabangkan untuk beban-beban yang dilayani. Suatu sistem distribusi primer dikatakan sebagai sistem *radial* apabila penyaluran daya dari sumber ke konsumen, tidak memungkinkan untuk mendapatkan masukan dari sumber lain, tetapi biasanya dibangun cabang dari penyulang utama ke daerah beban tersebut seperti pada Gambar 2.1. (Tanjung, 2014)



Gambar 2.1 Sistem *radial*

#### B. Sistem *loop*

Konfigurasi *loop* merupakan interkoneksi antar gardu distribusi yang membentuk suatu lingkaran tertutup (*loop*). Pada konfigurasi ini bisa terdapat lebih dari satu busbar GI, dan masing-masing penyulang membentuk suatu rangkaian tertutup dengan GI. Keuntungan dari konfigurasi *loop* ini adalah pasokan daya listrik dari GI lebih terjamin. Sebab jika salah satu GI mengalami gangguan maka penyulang akan tetap mendapatkan pasokan dari GI yang lain yang tidak mengalami gangguan. dan GI yang mengalami gangguan dapat diperbaiki tanpa takut akan mengganggu suplai daya ke gardu distribusi seperti pada Gambar 2.2. (Tanjung, 2014)



Gambar 2.2 *Loop* terbuka.

### 2.2. Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan adalah kemungkinan dari sistem untuk dapat bekerja optimal untuk waktu yang telah ditentukan dalam berbagai kondisi. Keandalan sistem distribusi erat kaitannya dengan masalah pemutusan beban yang merupakan akibat adanya gangguan pada sistem. Keandalan sistem distribusi berbanding terbalik dengan tingkat pemutusan beban sistem. Semakin tinggi frekuensi pemutusan beban pada sistem, maka keandalan sistem semakin berkurang, begitu juga sebaliknya (Wicaksono, 2012).

### 2.3 *Recloser*

*Recloser* adalah peralatan proteksi arus lebih secara otomatis membuka menutup kembali dan

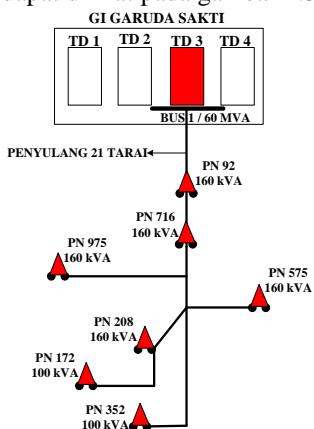
membuka terus (*lock out*) setelah beberapa kali untuk menghilangkan gangguan sementara atau kegagalan isolasi permanen. *Recloser* dapat bekerja secara otomatis untuk mengamankan sistem dari arus lebih yang diakibatkan adanya gangguan hubung singkat. Bekerjanya untuk menutup balik dan membuka secara otomatis dan dapat diatur selang waktunya. Gangguan yang bersifat temporer tidak menyebabkan *recloser* sampai *lock out*. Apabila gangguan bersifat permanen, maka setelah membuka dan menutup balik sebanyak *setting* yang ditentukan sebelumnya, *recloser* akan *lock out* sehingga seksi yang dianggap masih ada gangguan akan terisolasi (Wicaksono, 2012).

#### 2.4 Genetic Algorithm

*Genetic Algorithm* adalah teknik pencarian heuristik yang didasarkan pada gagasan evolusi seleksi alam dan genetik. Algoritma ini memanfaatkan proses seleksi alamiah yang dikenal dengan proses evolusi, hanya individu yg kuat yang mampu bertahan. Proses seleksi alamiah ini melibatkan perubahan gen yang terjadi pada individu melalui proses perkembang biakan ini didasarkan pada analogi struktur genetika dan perilaku kromosom dalam populasi individu dengan menggunakan dasar sebagai berikut : (Carwoto, 2007).

#### 2.5 Sistem jaring distribusi 20 kV penyulang 21 Tarai.

Sistem distribusi penyulang 21 Tarai disuplai dari Gardu Induk Garuda Sakti dengan transformator daya tiga 60 MW untuk melayani daerah jalan kubang raya dan sekitarnya. Panjang saluran 64 kms dengan menggunakan sistem *radial*, lebih ekonomis, sederhana, dan mudah dalam pelaksanaan baik terhadap operasi maupun pemeliharaannya. Gambar *Single Line Diagram* penyulang 21 Tarai dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Single Line Diagram* penyulang 21 Tarai.

Dalam menyalurkan tenaga listrik ke pusat beban, suatu sistem distribusi harus disesuaikan dengan

kondisi setempat dengan memperhatikan faktor beban, lokasi beban, perkembangan dimasa mendatang, dan keandalan serta nilai ekonomisnya.

Tabel 2.1 Data Gangguan Sementara Penyulang 21 Tarai PT. PLN (Persero) Rayon Panam Dalam Satu Tahun 2016.

No	No Bus	Jumlah Gangguan sementara	Lama Pemadaman Gangguan Sementara/Jam
1	19	4	00:06:46 Jam
2	27	7	02:37:44 Jam
3	59	5	01:24:02 Jam

Sumber data : PT. PLN (Persero) Rayon Panam, 2016.

#### 2.6 Metode Pengumpulan Data

##### 2.6.1 Data Primer

- Data Primer didapatkan dengan :  
Melakukan pengamatan langsung dan atau turut serta dalam melakukan pengambilan data, dokumentasi ditempat melaksanakan penelitian.
- Melakukan wawancara dan diskusi untuk mengumpulkan informasi dan data yang dibutuhkan secara langsung dari pihak lain yang dapat memberikan masukan yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

##### 2.6.2 Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dengan :

- Melakukan pengumpulan referensi dari buku, jurnal, dan tulisan ilmiah lainnya yang berhubungan dengan penelitian.
- Melakukan pengambilan data dari tempat pelaksanaan penelitian seperti, *single line diagram*, dan data *setting*.

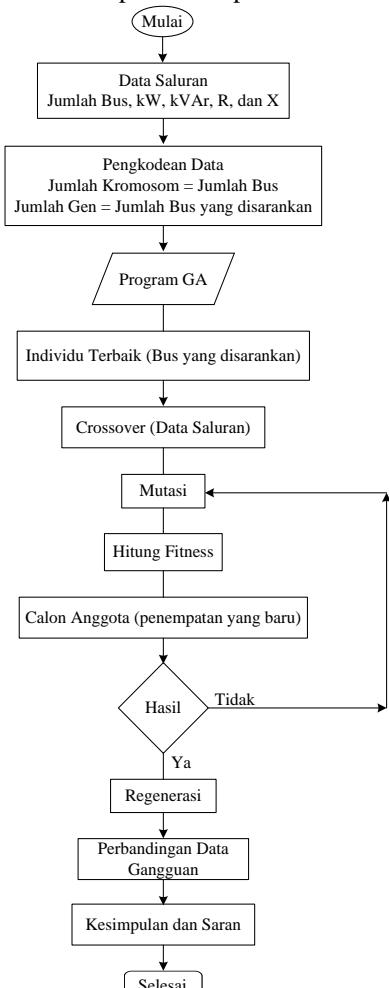
#### 2.7 Tahapan atau Langkah Penelitian

Tahapan atau langkah penelitian ada 7 yaitu :

- Melakukan pengambilan data gangguan, data beban dan data panjang saluran di penyulang 21 Tarai PT. PLN (Persero) Rayon Panam.
- Melakukan perhitungan aliran daya, SAIDI dan SAIFI serta keandalan pada penyulang 21 Tarai.
- Melakukan perhitungan daya aktif dan reaktif pada penyulang 21 Tarai.
- Melakukan program *Genetic Algorithm* menggunakan *software* MATLAB untuk penempatan *recloser* yang ideal.
- Setelah mendapatkan hasil program dilakukan regenerasi atau calon anggota baru dan di lakukan perhitungan ulang dan mutasi sampai regenerasi terbaik di dapatkan.

- f. Setelah dapat regenerasi terbaik dilakukan perbandingan hasil dengan data gangguan yang sering terjadi untuk penempatan *recloser* yang optimal.
- g. Dianalisa dari beberapa *running* program untuk kesimpulan dan saran penempatan *recloser* di penyulang 21 Tarai.

Data yang diperoleh pada penelitian ini adalah kualitatif sehingga data tersebut dituangkan atau ditranskripsikan secara tertulis. Diagram alir tahapan pembahasan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Diagram Alir Tahapan pembahasan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Program *Genetic Algorithm*.

A. Hasil program pertama.

Hasil program GA yang disarankan 7 bus secara acak dengan hasil kandidat yang terbaik 3 bus seperti pada Tabel 3.1.

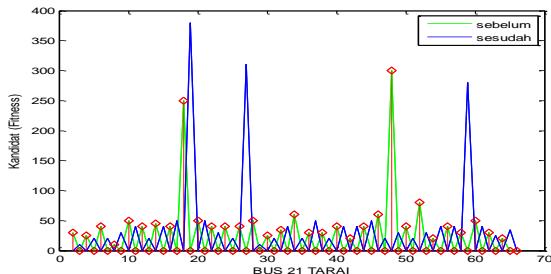
2	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000
3	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
4	1.000	0.000	656	492	0.000	0.000	0.000
5	1.000	0.000	160	128	0.000	0.000	0.000
6	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
7	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000
8	1.000	0.000	80	0	0.000	0.000	0.000
9	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
10	1.000	0.000	576	432	0.000	0.000	0.000
11	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
12	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
13	1.000	0.000	288	216	0.000	0.000	0.000
14	1.000	0.000	644	498	0.000	0.000	0.000
15	1.000	0.000	288	416	0.000	0.000	0.000
16	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
17	1.000	0.000	80	60	0.000	0.000	0.000
18	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
19	1.000	0.000	1.336	1.002	0.000	0.000	380.000
20	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
21	1.000	0.000	160	120	0.000	0.000	0.000
22	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
23	1.000	0.000	80	100	0.000	0.000	0.000
24	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
25	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000
26	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
27	1.000	0.000	1.484	1.113	0.000	0.000	310.000
28	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
29	1.000	0.000	1.200	900	0.000	0.000	0.000
30	1.000	0.000	160	120	0.000	0.000	0.000
31	1.000	0.000	1.152	924	0.000	0.000	0.000
32	1.000	0.000	896	672	0.000	0.000	0.000
33	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
34	1.000	0.000	256	192	0.000	0.000	0.000
35	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	0.000
36	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
37	1.000	0.000	576	432	0.000	0.000	0.000
38	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
39	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	0.000
40	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
41	1.000	0.000	240	180	0.000	0.000	0.000
42	1.000	0.000	568	426	0.000	0.000	0.000
43	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
44	1.000	0.000	160	120	0.000	0.000	0.000
45	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
46	1.000	0.000	360	270	0.000	0.000	0.000
47	1.000	0.000	2.64,8	285	0.000	0.000	0.000
48	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
49	1.000	0.000	384	288	0.000	0.000	0.000
50	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
51	1.000	0.000	2.832	1.794	0.000	0.000	0.000
52	1.000	0.000	80	60	0.000	0.000	0.000
53	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
54	1.000	0.000	128	96	0.000	0.000	0.000
55	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
56	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000
57	1.000	0.000	80	60	0.000	0.000	0.000
58	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
59	1.000	0.000	536	612	0.000	0.000	280.000
60	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	0.000
61	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	0.000
62	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
63	1.000	0.000	256	96	0.000	0.000	0.000
64	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
65	1.000	0.000	64	128	0.000	0.000	0.000
66	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000
Total		66.065	49.867	0.000	0.000	0.000	970.000

Tabel 3.1 Hasil Program *Genetic Algorithm*.

Bus	Mag	Degree	kW	kVAr	MW	MVAr	Kandidat
1	1.000	0.000	48.000	36.000	0.000	0.000	

Dari hasil program *Genetic Algorithm* yang disarankan 7 bus secara acak, di dapatkan bus 19, 27 dan 59 untuk penempatan *recloser* penyulang 21 Tarai.

Berdasarkan hasil plot dibawah penempatan *recloser* sebelum menggunakan program GA warna hijau pada bus 18 dan 48 seperti Gambar 3.1 setelah menggunakan program GA penempatan *recloser* pada bus 19, 27 dan 59 warna biru seperti pada Gambar 4.1, bisa disimpulkan bahwa penempatan *recloser* dipindahkan menurut program GA dari bus 18 ke bus 19 dari bus 26 ke bus 27 dan bus 58 ke bus 59.



Gambar 3.1. Hasil *Running Program* Penempatan *Recloser*.

#### B. Hasil program kedua.

Hasil program GA yang disarankan di setiap percabangan 22 bus dengan hasil kandidat yang terbaik 11 bus seperti pada Tabel 3.2

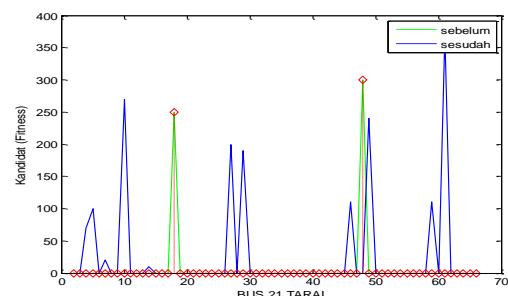
Tabel 3.2. Hasil Program *Genetic Algorithm*.

Bus	Mag	Degree	kW	kVAr	MW	MVAr	Kandidat
1	1.000	0.000	48.000	36.000	0.000	0.000	0.000
2	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000
3	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
4	1.000	0.000	656	552	0.000	0.000	70.000
5	1.000	0.000	160	128	0.000	0.000	100.000
6	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
7	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	20.000
8	1.000	0.000	80	0	0.000	0.000	0.000
9	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
10	1.000	0.000	576	432	0.000	0.000	270.000
11	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
12	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
13	1.000	0.000	288	216	0.000	0.000	0.000
14	1.000	0.000	644	498	0.000	0.000	10.000
15	1.000	0.000	288	416	0.000	0.000	0.000
16	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
17	1.000	0.000	80	60	0.000	0.000	0.000
18	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
19	1.000	0.000	1.336	1.002	0.000	0.000	380.000
20	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
21	1.000	0.000	160.	120	0.000	0.000	0.000
22	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
23	1.000	0.000	8	100	0.000	0.000	0.000
24	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
25	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000
26	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
27	1.000	0.000	1.484	1.113	0.000	0.000	200.000
28	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
29	1.000	0.000	1.200	900	0.000	0.000	190.000

30	1.000	0.000	160	120	0.000	0.000	0.000	
31	1.000	0.000	1.152	924	0.000	0.000	0.000	
32	1.000	0.000	896	672	0.000	0.000	0.000	
33	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
34	1.000	0.000	256	192	0.000	0.000	0.000	
35	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	0.000	
36	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
37	1.000	0.000	576	432	0.000	0.000	0.000	
38	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
39	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	0.000	
40	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
41	1.000	0.000	240	180	0.000	0.000	0.000	
42	1.000	0.000	568	426	0.000	0.000	0.000	
43	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
44	1.000	0.000	160	120	0.000	0.000	0.000	
45	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
46	1.000	0.000	360	270	0.000	0.000	110.000	
47	1.000	0.000	264,8	285	0.000	0.000	0.000	
48	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
49	1.000	0.000	384	288	0.000	0.000	240.000	
50	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
51	1.000	0.000	2.832	1.794	0.000	0.000	0.000	
52	1.000	0.000	80	60	0.000	0.000	0.000	
53	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
54	1.000	0.000	128	96	0.000	0.000	0.000	
55	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000	
56	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000	
57	1.000	0.000	80	60	0.000	0.000	0.000	
58	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
59	1.000	0.000	536	612	0.000	0.000	110.000	
60	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	0.000	
61	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	370.000	
62	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
63	1.000	0.000	256	96	0.000	0.000	0.000	
64	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000	
65	1.000	0.000	64	128	0.000	0.000	0.000	
66	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000	
		Total		66.065	49.867	0.000	0.000	1.690.000

Dari hasil *running program* *Genetic Algorithm* di setiap percabangan kandidat yang terpilih adalah bus 4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 29, 49, 59 dan 61 untuk penempatan *recloser* penyulang 21 Tarai.

Berdasarkan hasil plot dibawah penempatan *recloser* sebelum menggunakan program GA warna hijau pada bus 18 dan 48 seperti Gambar 3.2 setelah menggunakan program GA penempatan *recloser* pada bus 4, 5, 7, 10, 14, 19, 27, 29, 49, 59 dan 61 bahwa warna biru bisa disimpulkan penempatan *recloser* pada penyulang 21 Tarai dengan menggunakan program *Genetic Algorithm*.



Gambar 3.2. Hasil *Running Program* Penempatan *Recloser*.

C. Hasil program ketiga.

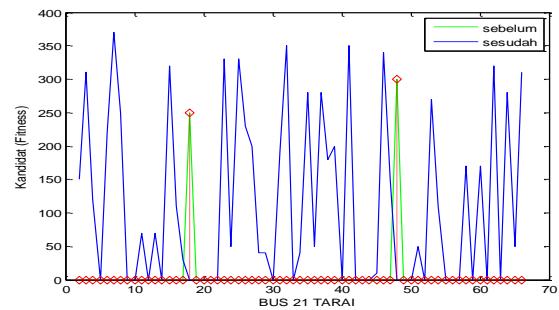
Hasil *running* program *Genetic Algorithm* yang disarankan 66 bus dengan hasil kandidat yang terbaik 41 bus seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Hasil Program *Genetic Algorithm*.

Bus	Mag	Degree	kW	kVAr	MW	MVAr	Kandidat
1	1.000	0.000	48.000	36.000	0.000	0.000	320.000
2	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	150.000
3	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	310.000
4	1.000	0.000	656	552	0.000	0.000	120.000
5	1.000	0.000	160	128	0.000	0.000	0.000
6	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	220.000
7	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	370.000
8	1.000	0.000	80	0	0.000	0.000	250.000
9	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
10	1.000	0.000	576	432	0.000	0.000	50.000
11	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	70.000
12	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
13	1.000	0.000	288	216	0.000	0.000	70.000
14	1.000	0.000	644	498	0.000	0.000	0.000
15	1.000	0.000	288	416	0.000	0.000	320.000
16	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	110.000
17	1.000	0.000	80	60	0.000	0.000	30.000
18	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
19	1.000	0.000	1.336	1.002	0.000	0.000	0.000
20	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
21	1.000	0.000	160	120	0.000	0.000	0.000
22	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
23	1.000	0.000	80	100	0.000	0.000	330.000
24	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	50.000
25	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	330.000
26	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	230.000
27	1.000	0.000	1.484	1.113	0.000	0.000	200.000
28	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	40.000
29	1.000	0.000	1.200	900	0.000	0.000	40.000
30	1.000	0.000	160	120	0.000	0.000	0.000
31	1.000	0.000	1.152	924	0.000	0.000	190.000
32	1.000	0.000	896	672	0.000	0.000	350.000
33	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
34	1.000	0.000	256	192	0.000	0.000	40.000
35	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	280.000
36	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	50.000
37	1.000	0.000	576	432	0.000	0.000	280.000
38	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	180.000
39	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	200.000
40	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
41	1.000	0.000	240	180	0.000	0.000	350.000
42	1.000	0.000	568	426	0.000	0.000	0.000
43	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
44	1.000	0.000	160	120	0.000	0.000	0.000
45	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	10.000
46	1.000	0.000	360	270	0.000	0.000	340.000
47	1.000	0.000	2.64,8	285	0.000	0.000	150.000
48	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
49	1.000	0.000	384	288	0.000	0.000	0.000
50	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	0.000
51	1.000	0.000	2.832	1.794	0.000	0.000	50.000
52	1.000	0.000	80	60	0.000	0.000	0.000
53	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	270.000
54	1.000	0.000	128	96	0.000	0.000	110.000
55	1.000	0.000	40	30	0.000	0.000	0.000
56	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	0.000
57	1.000	0.000	80	60	0.000	0.000	0.000
58	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	170.000
59	1.000	0.000	536	612	0.000	0.000	0.000

60	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	170.000
61	1.000	0.000	200	150	0.000	0.000	0.000
62	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	320.000
63	1.000	0.000	256	96	0.000	0.000	0.000
64	1.000	0.000	0	0	0.000	0.000	280.000
65	1.000	0.000	64	128	0.000	0.000	50.000
66	1.000	0.000	208	156	0.000	0.000	310.000
Total			66.065	49.867	0.000	0.000	7.760.000

Dari hasil program *Genetic Algorithm* di setiap bus kandidat yang terpilih adalah bus 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 45, 46, 47, 51, 53, 54, 58, 60, 62, 64, 65 dan 66 untuk penempatan *recloser* penyulang 21 Tarai. Hasil plot yang terbaik dari 66 kandidat yang disarankan untuk penempatan *recloser* seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Hasil *Running Program* Penempatan *Recloser*.

Berdasarkan hasil plot diatas penempatan *recloser* sebelum menggunakan program GA warna hijau pada bus 18 dan 48 seperti Gambar 3.3 setelah menggunakan program GA penempatan *recloser* pada bus 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 45, 46, 47, 51, 53, 54, 58, 60, 62, 64, 65 dan 66 untuk penempatan *recloser* penyulang 21 Tarai dengan menggunakan program *Genetic Algorithm*.

### 3.2 Perhitungan SAIDI, SAIFI dan Keandalan.

#### A. Hasil *running* program pertama

Perhitungan SAIDI dan SAIFI dan tingkat keandalan jaring distribusi penyulang 21 Tarai pemasangan *recloser* sesudah menggunakan program *Genetic Algorithm* dengan memilih gangguan sementara.

1. SAIDI dan SAIFI sesudah menggunakan program *Genetic Algorithm* seperti pada Lampiran yaitu penempatan *recloser* pada bus 19, 27 dan 59, dan gangguan sementara yang sering terjadi pada bus 19 seperti pada Tabel 3.2 adalah 4 kali dengan total waktu padamaman 00:06:46 jam, jumlah banyak pelanggan pertahun yang padam 1513 dan jumlah total pelanggan penyulang 21 Tarai 22805 dengan demikian dapat dihitung dengan persamaan 2.1, 2.2 :

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam} \times \text{Lama Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$= \frac{1513 \times 6,767}{22805}$$

$$= 0,449 \text{ menit/tahun/pelanggan.}$$

$$= 0,0075 \text{ jam/tahun/pelanggan.}$$

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam} \times \text{Jumlah Gangguan}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$= \frac{1513 \times 4}{22805}$$

$$= 0,265 \text{ Kali/tahun/pelanggan.}$$

2. SAIDI dan SAIFI pada bus 27 dan gangguan sementara yang sering terjadi pada bus 27 seperti pada tabel 3.2 adalah 7 kali dengan total waktu pemadaman 02:37:44 jam, jumlah banyak pelanggan pertahun yang padam 1602 dan jumlah total pelanggan penyulang 21 Tarai 22805 dengan demikian dapat dihitung dengan persamaan 2.1, 2.2 :

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam} \times \text{Lama Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$= \frac{1602 \times 2,629}{22805}$$

$$= 0,185 \text{ jam/tahun/pelanggan.}$$

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam} \times \text{Jumlah Gangguan}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$= \frac{1602 \times 7}{22805}$$

$$= 0,50 \text{ Kali/tahun/pelanggan.}$$

3. SAIDI dan SAIFI pada bus 59, dan gangguan sementara yang sering terjadi pada bus 59 seperti pada tabel 3.2 adalah 5 kali dengan total waktu pemadaman 01:24:02 jam, jumlah banyak pelanggan pertahun yang padam 7562 dan jumlah total pelanggan penyulang 21 Tarai 22805 dengan demikian dapat dihitung dengan persamaan 2.1, 2.2 :

$$SAIDI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam} \times \text{Lama Padam}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$= \frac{7562 \times 1,4}{22805}$$

$$= 0,464 \text{ jam/tahun/pelanggan.}$$

$$SAIFI = \frac{\text{Jumlah Pelanggan Padam} \times \text{Jumlah Gangguan}}{\text{Jumlah Total Pelanggan}}$$

$$= \frac{7562 \times 5}{22805}$$

$$= 1,65 \text{ Kali/tahun/pelanggan.}$$

Tingkat keandalan penyulang 21 Tarai pada penempatan *recloser* di bus 19 dengan jumlah gangguan yang sering terjadi adalah 4 kali dengan rata-rata sama dengan jumlah gangguan dibagi jumlah jam dalam satu tahun yaitu 8760 jam. Dengan total waktu pemadaman dalam satu tahun (t) adalah 00:06:46 jam dengan demikian tingkat keandalan bisa dihitung dengan persamaan 2.3 :

$$\lambda = 4 / 8760 = 0,000457 \text{ kali / jam}$$

$$t = 0,113 \text{ jam}$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$= e^{-0,000457 \times 0,113}$$

$$= e^{-0,0000516}$$

$$= 0,999948$$

Jadi nilai tingkat keandalan dalam satu tahun adalah 0,999948

4. Tingkat keandalan penyulang 21 tarai pada penempatan *recloser* di bus 27 dengan jumlah gangguan yang sering terjadi adalah 7 kali dengan rata-rata sama dengan jumlah gangguan dibagi jumlah jam dalam satu tahun yaitu 8760 jam. Dengan total waktu pemadaman dalam satu tahun (t) adalah 02:37:44 jam dengan demikian tingkat keandalan bisa dihitung dengan persamaan 2.3 :

$$\lambda = 7 / 8760 = 0,000799 \text{ kali / jam}$$

$$t = 2,629 \text{ jam}$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$= e^{-0,000799 \times 2,629}$$

$$= e^{-0,0021}$$

$$= 0,9979$$

Jadi nilai tingkat keandalan dalam satu tahun adalah 0,9979

5. Tingkat keandalan penyulang 21 Tarai pada penempatan *recloser* di bus 59 dengan jumlah gangguan yang sering terjadi adalah 5 kali dengan rata-rata sama dengan jumlah gangguan dibagi jumlah jam dalam satu tahun yaitu 8760 jam. Dengan total waktu pemadaman dalam satu tahun (t) adalah 01:24:02 jam dengan demikian tingkat keandalan bisa dihitung dengan persamaan 2.3 :

$$\lambda = 5 / 8760 = 0,00057 \text{ kali / jam}$$

$$t = 1,4 \text{ jam}$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$= e^{-0,00057 \times 1,4}$$

$$= e^{-0,0008}$$

$$= 0,9992$$

Jadi nilai tingkat keandalan dalam satu tahun adalah 0,9992

#### B. Hasil SAIDI, SAIFI dan Keandalan dari *Running* Program Kedua.

Perhitungan SAIDI, SAIFI dan Keandalan kandidat terbaik pada bus percabangan dipenyulang 21 Tarai, beberapa bus tidak memiliki data gangguan seperti pada Tabel 3.4.

Bus	SAIDI (Jam/tahun/ pelanggan)	SAIFI (Kali/tahun/ pelanggan)	Keandalan R(t)
4	0	0	0
5	0	0	0
7	0	0	0
10	0	0	0
14	0	0	0
27	0,185	0,50	0,9979
29	0	0	0
46	0	0	0
49	0	0	0
59	0,464	1,65	0,9979

#### C. Hasil SAIDI, SAIFI dan Keandalan dari *Running* Program Ketiga.

SAIDI, SAIFI dan Keandalan kandidat terbaik pada semua bus di penyulang 21 Tarai, beberapa bus tidak memiliki data gangguan seperti pada Tabel 3.5

Bus	SAIDI (Jam/tahun/ pelanggan)	SAIFI (Kali/tahun/ pelanggan)	Keandalan R(t)
1	12,29	27	0,9627
2	4,141	16	0,9626
3	4,1	15,84	0,9626
4	0	0	0
6	3,947	15,25	0,9626
7	0	0	0
8	3,906	15,093	0,9926
10	0	0	0
11	3,765	14,548	0,9926
13	0	0	0
15	3,505	13,545	0,9926
16	3,431	13,256	0,9926
17	3,422	13,225	0,9926
23	3	8,959	0,9948
24	2,990	8,908	0,9948
25	2,984	8,890	0,9948
26	2,928	8,725	0,9948
27	0,185	0,492	0,9948
28	0,920	3,284	0,9992
29	0	0	0
31	0	0	0
32	0	0	0
34	0	0	0
35	0	0	0
36	0,631	2,255	0,9992
37		0	0
38	0,587	2,098	0,9992
39	0	0	0
41	0	0	0
45	0,505	1,807	0,9992
46	0,505	1,807	0,9992
47	0,482	0,721	0,9992
51	0	0	0
53	0,182	0,651	0,9992

54	0	0	0
58	0,150	0,537	0,9992
60	0	0	0
62	0	0	0
64	0	0	0
65	0	0	0
66	0	0	0

Berdasarkan Tabel 3.6 dibawah hasil yang terbaik untuk penempatan *recloser* pada *running* program pertama dengan SAIDI dan SAIFI turun sebesar 2,0625 Jam / tahun / pelanggan dan 8,274 Kali / tahun / pelanggan. Walaupun SAIDI *running* kedua lebih kecil dari pada *running* pertama namun tidak sesuai dengan data gangguan yang sering terjadi di penyulang 21 Tarai seperti pada Tabel 2.1

Tabel 3.6 Kesimpulan SAIDI, SAIFI Dan Fitness

Running	Bus yang disarankan	Penempatan (Bus)	Fitness (Ribuan)	SAIDI Jam/tahun/pelanggan	SAIFI Kali/tahun/pelanggan
Sebelum Program GA		18 dan 48		2,719	10,689
I	5, 11, 19, 27, 39, 53 dan 59	19, 27 dan 59	380, 310 dan 280	0,6565	2,412
II	4, 5, 7, 10, 14, 27, 29, 31, 37, 41, 42, 44, 46, 49, 51, 54, 59, 61, 63 dan 65	4, 5, 7, 10, 14, 27, 29, 31, 37, 41, 42, 44, 46, 49, 51, 54, 59, 61, 63 dan 65	70, 100, 20, 270, 10, 380, 200, 190, 110, 240, 110 dan 370	0,649	2,415
III	1 sampai 66	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 45, 46, 47, 51, 53, 54, 58, 60, 62, 64, 65 dan 66	320, 150, 310, 120, 220, 370, 250, 50, 70, 70, 320, 110, 30, 330, 50, 330, 230, 200, 40, 40, 190, 350, 40, 280, 50, 280, 180, 200, 350, 10, 340, 150, 270, 110, 170, 170, 320, 280, 50 dan 310	58,556	192,891

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil *running* program *Genetic Algorithm* dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- Setelah dilakukan tiga kali pemrograman menggunakan metoda *Genetic Algorithm*, maka hasil terbaik untuk penempatan *recloser* pada penyulang 21 Tarai adalah pada bus 19, 27 dan bus 59 dari hasil program pertama yang dilakukan, karna

- hasil yang didapat lebih mendekati dengan data gangguan di penyulang 21 Tarai.
- Adapun hasil perhitungan SAIDI dan SAIFI sesudah menggunakan program *Genetic Algorithm* lebih kecil gangguannya dibandingkan sebelum menggunakan program *Genetic Algorithm*, turun sebesar 2,0625 Jam / tahun / pelanggan dan 8,274 kali / tahun / pelanggan. Dengan data SAIDI dan SAIFI sebelum menggunakan Program *Genetic Algorithm* sebesar 2,719 jam / tahun / pelanggan dan 10,689 kali / tahun / pelanggan. SAIDI dan SAIFI sesudah menggunakan program GA = 0,6565 jam / tahun / pelanggan dan 2,412 kali / tahun / pelanggan.

#### 4.2 Saran

Berdasarkan hasil yang di peroleh untuk penempatan *recloser* pada penyulang 21 Tarai menggunakan dengan metoda *Genetic Algorithm* dari perbandingan data gangguan maka disarankan kepada PT. PLN (Persero) Rayon Panam penyulang 21 Tarai untuk penempatan *recloser* pada bus 19, bus 27 dan bus 59 di lampiran *single line diagram* penyulang 21 Tarai pada jaring distribusi 20 kV tenaga listrik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Carwoto, 2007, *Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penempatan Kapasitor Shunt Pada Penyulang Distribusi Tenaga Listrik*, Jurnal ISSN 0854-9254.
- Erliwati, Syafii, Muhammad, N. 2015. *Koordinasi Sistem Proteksi Arus Lebih Pada Penyulang Distribusi 20 kV GI Pauh Limo*, Jurnal Teknik Elektro, Vol 4, No 2, ISSN 2302-2949.
- Nugroho Henry, Setiono Iman, 2015, *Koordinasi Recloser Dengan FCO ( Fuse Cut Out) Sebagai Pengaman Terhadap Gangguan Arus Lebih Pada Penyulang Dengan 1 Phasa Di Gardu Induk Sanggrahan Magelang*, Seminar Nasional Teknologi Informasi, ISBN: 979-26-0280-1.
- Pandjaitan Bonar, 2014, *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit Andi.
- Pasaribu Petrus Jogi Riko, Dinzi Riswan, 2016. *Studi koordinasi Fuse Dan Recloser Pada Jaringan Distribusi 20 kV yang terhubung Dengan Distributed Generation (Studi kasus: Penyulang PM. 6 Gardu Induk Pematang Siantar)*, Jurnal Singuda Ensikom Vol 14, No 39, ISSN 2337-3237.
- P. Katti Mandar, Jangam Shetti, Ajay Rege, 2012. *Modeling Of Auto Recloser For Smart Grid*, International Journal of Modern Engineering Research Vol. 2, Issue.5 ISSN: 2249-6645.

Putra Ario, Firdaus 2017. *Analisa Penggunaan Recloser Untuk Pengaman Arus Lebih Pada Jaringan Distribusi 20 kV Gardu Induk Garuda Sakti*, Jurnal Teknik Elektro, Vol 4, No 1, ISSN 2322-3949.

Subiyanto, 2005, *Simulasi Optimasi Aliran Daya System Tenaga Listrik Sebagai Pendekatan Efisiensi Biaya Operasi*, Jurnal ISSN 1693-6930.

Tanjung, A. 2014. *Rekonfigurasi Sistem Distribusi 20 KV Gardu Induk Teluk Lembu Dan PLTMG Langgam Power Untuk Mengurangi Rugi Daya dan Drop Tegangan*. Sains, Teknologi, Dan Indsutri, Vol 11, No 2, ISSN 1693-2390.

Wicaksono Hengki Projo, Satriyadi Hernanda, Ontoseno P. 2012. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section Technique*. Jurnal Teknik Its, Vol 1, No 1, ISSN 2301-9271.