

Perencanaan Penempatan *Recloser* Berdasarkan Gangguan Di Jaringan Distribusi 20 kV Menggunakan *ETAP 12.6*

Yolnasdi¹, Fadhli Palaha², Jefri Efendi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru (STTP)
Riau 28289, Indonesia

Email: yolnasdi9@gmail.com, fadhlyyy@yahoo.com, efendijefri29@gmail.com

ABSTRAK

Dalam jaringan distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Panam di penyulang Suka karya sering terjadi gangguan baik eksternal dan internal yang mengakibatkan kinerja kelistrikan di Gardu Induk menjadi terganggu. Untuk menghindari hal diatas maka diperlukan semacam proteksi yang dibahas pada penelitian ini yaitu *recloser* yang bertujuan untuk meminimalisir gangguan pada sistem jaringan distribusi 20 kV. Agar meningkatkan keandalan jaringan maka pada *recloser* dibuat suatu perencanaan penempatan *recloser* menggunakan *software* simulasi ETAP 12.6. Dari hasil simulasi ini didapatkan penempatan terbaik *recloser* untuk mengurangi jumlah gangguan yang sering terjadi pada zona penyulang Suka Karya, yaitu pada skenario kesepuluh dengan *recloser* ditempatkan pada Bus 4, 12, 17, 7, 9, dan 15 yang memiliki nilai SAIFI 4,5099 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI 12,1069 jam/pelanggan/tahun sehingga nilai ini berada dibawah standar acuan SPLN 68-2 : 1986. Sedangkan untuk nilai terburuk ada pada skenario pertama tanpa *recloser* dengan nilai SAIFI 8,0526 kali/pelanggan/tahun dan nilai SAIDI 22,1632 jam/pelanggan/tahun. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa *recloser* sangat efektif untuk mengurangi jumlah gangguan dan durasi pemadaman pada sebuah penyulang.

Kata Kunci: Keandalan, Penempatan *Recloser*, SAIDI, SAIFI

Abstract

In the 20 kV distribution network at PT.PLN (PERSERO) Rayon Panam at Suka Karya feeders, external and internal disturbances often occur which result in disturbed electrical performance at the substation. To avoid the above, a kind of protection is needed which is discussed in this study, namely a recloser which aims to minimize disturbances in the 20 kV distribution network system. In order to improve network reliability, a recloser placement plan is made using the ETAP 12.6 simulation software. From the simulation results, the best placement of reclosers is obtained to reduce the number of disturbances that often occur in the Suka Karya feeder zone, namely in the tenth scenario with reclosers placed on Buses 4, 12, 17, 7, 9, and 15 which have SAIFI values of 4.5099 times. / customer / year and SAIDI 12,1069 hours / customer / year so that this value is below the SPLN 68-2: 1986 reference standard. Whereas the worst value is in the first scenario without recloser with SAIFI value 8.0526 times / customer / year and SAIDI value 22.1632 hours / customer / year. So it can be concluded that recloser is very effective in reducing the number of disturbances and the duration of blackout in a feeder.

Keywords: Reliability, Recloser Placement, SAIDI, SAIFI

1. PENDAHULUAN

Dalam suatu jaringan distribusi 20 kV pada PT. PLN (Persero) Rayon Panam khususnya pada penyulang Suka karya sering terjadi gangguan yang mengakibatkan kinerja kelistrikan di Gardu Induk menjadi terganggu. Gangguan yang sering terjadi yaitu gangguan internal dan eksternal. Komponen jaringan distribusi 20 kV yang sering rusak diantaranya *Fuse Cut Out (FCO)*. Gangguan tersebut harus ditangani secepatnya agar tidak menyebabkan pemadaman yang bisa merugikan pihak PLN dan juga pelanggan. Beberapa penelitian juga telah dilakukan dalam mengevaluasi berbagai penyulang yang ada [1], [2].

Peralatan pengamanan yang terdapat pada sistem distribusi 20 kV diantaranya adalah *fuses*, *relay*, *recloser*, dan *sectionalisers* [3]–[5]. *Recloser* merupakan sebagai alat untuk memutuskan dan menghubungkan daerah jaringan listrik yang terkena gangguan. Pengaman ini bekerja dengan secara otomatis dengan kemampuan menutup kontak lagi (*re-closed*) sebanyak 3 kali, jika masih ada gangguan maka akan membuka selamanya (*lock out*) [6]. Proses *switching* pada *recloser* berlangsung dalam waktu yang cepat, berakibat adanya kondisi peralihan (transien) menuju keadaan yang tetap (*steady state*). Pada keadaan ini terjadi perubahan tegangan, arus dan frekuensi dari keadaan normal. Hal ini dapat juga mengganggu peralatan listrik yang digunakan konsumen. Namun, *recloser* sangat berguna dalam mengurangi lama pemadaman listrik. Dengan mengoptimalkan penempatan *recloser* pada jaringan distribusi indeks keandalan sistem tenaga listrik akan lebih baik [7]–[9]. Penyulang Suka Karya pada saat penelitian ini dilakukan, belum dilengkapi dengan *recloser*, oleh karena itu diperlukan rencana penempatannya agar meminimalisir gangguan yang ada. *Software ETAP 12.6 Power Station* digunakan untuk mensimulasikan penentuan titik-titik bus penempatan *recloser*. Selanjutnya dilakukan komparasi dengan data gangguan yang ada.

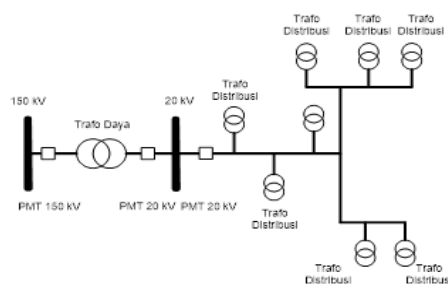
1.1 Sistem Distribusi

Penyaluran energi listrik dari gardu induk ke pusat beban, memerlukan sistem distribusi. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Terdapat bermacam-macam

bentuk rangkaian jaringan distribusi primer diantaranya [10] :

Jaringan Distribusi Radial

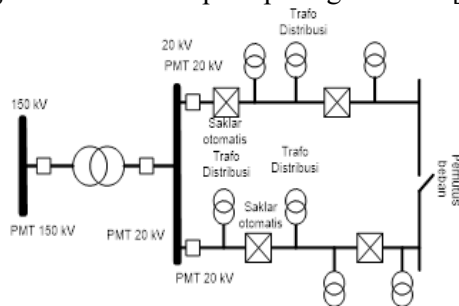
Bila antara titik sumber dan titik bebannya hanya terdapat satu saluran (*line*), tidak ada alternatif saluran lainnya. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu, dan dicabang-cabang ke titik-titik beban yang dilayani seperti Gambar 1.[11]



Gambar 1. Sistem radial

Sistem Loop

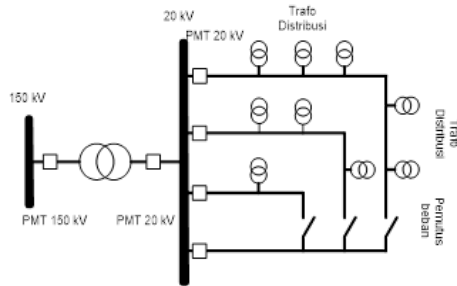
Bila pada titik beban terdapat dua alternatif saluran yang berasal dari lebih satu sumber. Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan "*loop*". Susunan rangkaian penyulang membentuk *ring*, yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyulang, sehingga pelayanan lebih terjamin, serta kualitas daya nya menjadi lebih baik, karena rugi tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil seperti pada gambar 2. [11]



Gambar 2. Sistem loop.

Jaringan Distribusi NET.

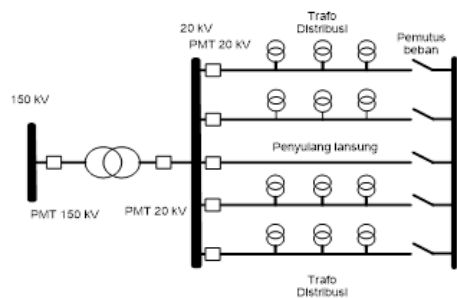
Jaringan Distribusi Jaring-Jaring (*NET*) Merupakan gabungan dari beberapa saluran, dimana terdapat lebih dari satu sumber sehingga berbentuk saluran interkoneksi. Jaringan ini berbentuk jaring-jaring, kombinasi antara radial dan *loop* seperti pada Gambar 3. [11]



Gambar 3. Jaringan distribusi gugus

Jaringan Distribusi Spindel

Jaringan ini merupakan jaringan distribusi primer gabungan dari struktur radial yang ujung-ujungnya dapat disatukan pada gardu hubung dan terdapat penyulang ekspres. Penyulang ekspres (*express feeder*) ini harus selalu dalam keadaan bertegangan, dan siap terus menerus untuk menjamin bekerjanya sistem dalam menyalurkan energi listrik ke beban pada saat terjadi gangguan atau pemeliharaan. Dalam keadaan normal tipe ini beroperasi secara radial seperti pada Gambar 4. [11].



Gambar 4. Sistem spindel.

Pada sebuah sistem *spindel* biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola *Spindel* biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah atau Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM) [11]. Penyulang ini berfungsi bila ada gangguan yang terjadi pada salah satu penyulang konsumen maka penyulang cadangan inilah yang menggantikan fungsi suplai ke konsumen [11].

1.2 Busbar

Rel daya adalah suatu bagian dari sistem tenaga listrik yang bertujuan dalam penggunaannya untuk mengkombinasikan bermacam *feeder* yang akan turut dibagi dalam melayani beban. Busbar adalah konduktor

berkapasitas arus besar yang berfungsi untuk terminal penampang arus yang masuk dan keluar melalui saluran masuk dan keluar melalui gardu induk. Busbar atau rel daya juga berfungsi untuk titik pertemuan atau hubungan antara transformator-transformator, SUTT dan peralatan-peralatan listrik lainnya untuk menerima dan mendistribusikan tenaga listrik .

1.3 Recloser

Recloser merupakan salah satu alat dalam pengamanan sistem distribusi jaringan tegangan menengah 20 kV untuk menganalisa adanya gangguan yang bersifat sementara ataupun gangguan permanen [12][14].

Recloser adalah perangkat dengan kemampuan untuk mendeteksi kondisi arus fasa dengan fasa dan fasa dengan bumi, untuk membuka sirkuit jika arus terus berlanjut setelah waktu yang telah ditentukan, dan kemudian secara otomatis *recloser* menutup kembali sirkuit pada saluran [13]. Jika kesalahan yang berasal dari operasi masih ada, maka *recloser* akan tetap terbuka setelah sejumlah operasi yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga mengisolasi bagian yang ada gangguan dari sistem lainnya. [11].

1.4 Konsep Dasar Keandalan Distribusi

Keandalan merupakan tingkat keberhasilan kinerja suatu sistem atau bagian dari sistem tenaga listrik, untuk dapat memberikan hasil yang lebih baik pada periode waktu dan dalam kondisi operasi tertentu [14].

Penempatan perangkat proteksi pada penyulang radial dirancang untuk memaksimalkan kehandalan jaringan. Selanjutnya minimalkan indeks reliabilitas tradisional dengan asumsi sumber energi hanya terletak di gardu induk. Standar Kehandalan seperti *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)*, *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)* biasanya digunakan untuk mengukur rata-rata akumulasi durasi dan frekuensi yang berkelanjutan perpelanggan, dan didefinisikan sebagai berikut: [15].

$$SAIDI = \frac{\sum N_i}{N_T} \quad (1)$$

$$SAIFI = \frac{\sum r_i \cdot N_i}{N_T} \quad (2)$$

Dimana N_i adalah jumlah pelanggan yang terputus layanannya pada setiap terjadinya pemutusan, N_T adalah total pelanggan, dan r_i adalah waktu yang diperlukan untuk sistem pulih. Dikarenakan gangguan yang terjadi secara acak, maka tingkat keandalannya dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan [16], [17]

$$R_{(t)} = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

Dimana R adalah tingkat keandalan, t merupakan waktu operasi. Sedangkan λ adalah jumlah semua tingkat kegagalan komponen atau frekuensi padam, yang nilainya adalah jumlah pemadaman selama periode, f (kegagalan pertahun) dibagi tahun operasi (t) [18]

$$\lambda = \frac{f}{t} \quad (4)$$

1.5 Standar Indeks Keandalan

Standar indeks keandalan merupakan suatu acuan yang digunakan sebagai tolak ukur baik atau buruknya sebuah penyulang. Standar indeks keandalan berdasarkan SPLN 68-2 : 1986 sebagaimana terlihat pada Tabel 1 [19],

Tabel 1. Standar indeks keandalan SPLN 68-2 : 1986

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIDI	12,078	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIFI	4,7721	Kali/Pelanggan/Tahun

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

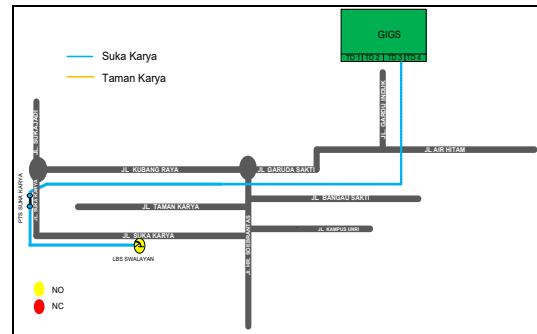
Penelitian ini berlokasi pada wilayah kerja PT. PLN Rayon Panam, di penyulang Suka Karya. Penyulang ini menyuplai energi listrik wilayah Kubang Raya, yang bersumber dari Gardu Induk (GI) Garuda Sakti (GS), yang telah banyak juga dilakukan penelitian oleh berbagai peneliti [12], [20]–[24]. Lokasi dan wilayah layanan dari penyulang, adalah seperti pada Gambar 5 dan 6. Sementara spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2 Spesifikasi Penyulang Suka Karya. [10]

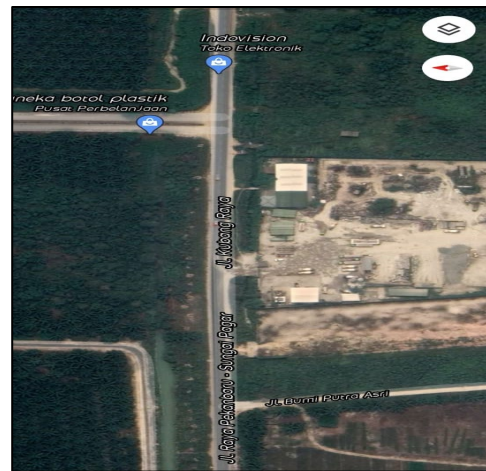
Penyulang	Suka Karya
Panjang (kms)	32,75
Jumlah Transformator	169
Total Kapasitas Transformator	25005 kVA
Jenis Konduktor	AAAC

Luas Penampang

50-240 mm²



Gambar 5 Wilayah pelayanan penyulang suka karya



Gambar 6 Lokasi penyulang suka karya jalan kubang raya

2.2 Data Gangguan Pada Penyulang Suka Karya

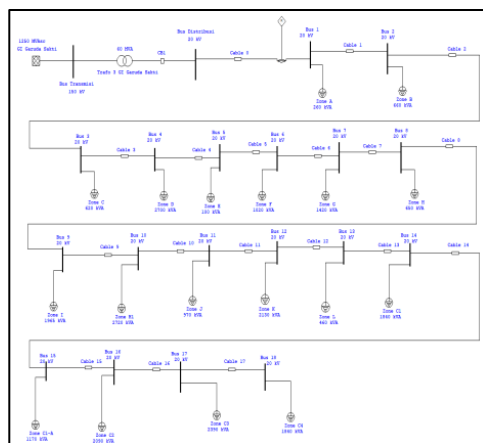
Data gangguan penyulang Suka karya PT. PLN (Persero) Rayon Panam. Dapat dilihat dari tabel dibawah ada beberapa gangguan yang sering terjadi pada penyulang Suka Karya yaitu pada tiang 98.1, 119.6.12, 119.18.3, dan 243.14.14, 138.11.4.

Tabel 3 Data gangguan penyulang suka karya PT.PLN (Persero) rayon panam.[10]

No	Bus	No Tiang	Jumlah Gangguan Sementara	Lama Pemadaman Gangguan Sementara [Jam]	Nama Gangguan
1	4	98.1	2	01:36:05	Arrester Rusak PN 500
2	4	119.6.12	1	01:24:02	Pohon Tumbang PN 495
3	4	119.18.3	1	00:05:00	Ranting Pohon Tumbang PN 772
4	12	243.14.14	5	02:37:44	Fuse Cut Out Rusak
5	17	138.11.4	4	01:24:02	Arrester Pecah PN314

2.8 Rancangan *Single-line* Penyulang Suka Karya dengan ETAP 12.6

Penyulang Suka karya mempunyai 18 *zone* yang memiliki total beban 25005 kVA. Penyulang ini dibagi menjadi 18 bus dengan total panjang jaringan yaitu 32,7 kms. Jarak antara bus merupakan jarak antara *zone* yang memiliki nilai berbeda-beda. Rancangan penyulang Suka karya menggunakan *software* simulasi ETAP 12.6 adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Rancangan penyulang Suka Karya dengan ETAP 12.6

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

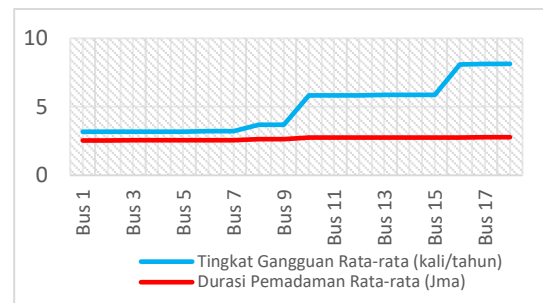
3.1 Penempatan *Recloser* Pada Bus 7, 9, 15

Pengujian yang dilakukan adalah *recloser* di tempatkan pada Bus 7, 9, 15. Hasil dari *running reliability* menggunakan *software* ETAP 12.6. Sebagaimana terlihat pada Gambar 8, Bus 1 hingga Bus 7 untuk nilai durasi pemadaman rata-rata adalah yaitu 2,54 jam dan 2,55 Jam. Sedangkan untuk tingkat gangguan rata-ratanya Bus 1 yaitu 3,1775 kali/tahun, Bus 2 3,1811 kali/tahun, Bus 3 3,1800 kali/tahun, Bus 4 3,1951 kali/tahun, Bus 5 3,1996 kali/tahun, Bus 6 3,2023 kali/tahun, Bus 7 3,2035 kali/tahun. Pada Bus 8 hingga Bus 9 untuk durasi pemadaman rata-ratanya 2,62 Jam.

Tingkat gangguan rata-rata Bus 8 3,6768 kali/tahun, Bus 9 3,6804 kali/tahun. Pada Bus 10 hingga Bus 15 untuk nilai durasi pemadaman rata-rata 2,74 Jam. Sedangkan untuk tingkat gangguan rata-ratanya Bus 10 yaitu 5,8319 kali/tahun, Bus 11 5,8428 kali/tahun, Bus 12 5,8461 kali/tahun, Bus 13 5,8524 kali/tahun, Bus 14 5,8584 kali/tahun, Bus 15 5,8650 kali/tahun.

Pada Bus 16 hingga Bus 18 untuk nilai durasi pemadaman rata-rata 2,78 Jam. Sedangkan untuk tingkat gangguan rata-ratanya Bus 16 8,1058 kali/tahun, Bus 17 8,1193 kali/tahun, Bus 18 8,1322 kali/tahun.

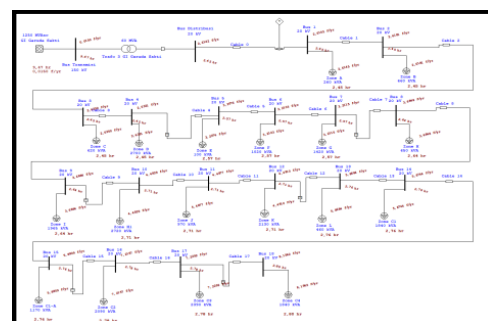
Tingkat gangguan rata-rata jika 3 *recloser* ditempatkan pada Bus 7, Bus 9, dan Bus 15 maka nilai dari Bus 7 yaitu 3,2035 kali/tahun, Bus 9 3,6804 kali/tahun, dan Bus 15 5,8650 kali/tahun, dengan durasi pemadaman rata-rata untuk Bus 7 2,55 jam, Bus 9 2,62 jam, dan Bus 15 2,74 jam. Pada Bus 18 nilai durasi pemadaman rata-rata yaitu 2,78 jam dan untuk tingkat gangguan rata-rata pada Bus 18 yaitu 8,1322 kali/tahun dengan durasi pemadaman 2,78 jam. Ini membuktikan bahwa semakin banyak *recloser* ditempatkan pada tiap-tiap Bus maka dapat mengurangi tingkat gangguan dan durasi pemadaman.



Gambar 8 Grafik tingkat gangguan dan durasi pemadaman penempatan *recloser* pada Bus 7, 9, 15

3.2 Penempatan *Recloser* Pada Bus 4, 12, 17, 7, 9, 15

Pengujian berikutnya dilakukan penempatan *recloser* pada Bus 4, 12, 17, 7, 9, 15. Hasil dari *running reliability* menggunakan *software* ETAP 12.6 seperti yang bisa dilihat pada Gambar 9 dan Tabel 4.

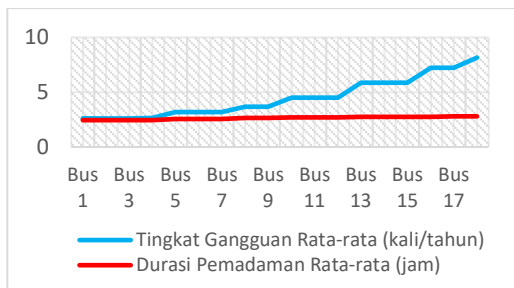


Gambar 9 Hasil keandalan penempatan *recloser* di Bus 4,12,17,7, 9, 15.

Tabel 4 Hasil tingkat gangguan dan durasi pemadaman penempatan *recloser* di bus 4,12,17,7, 9, dan 15.

Bus	Tingkat Gangguan Rata-rata (kali/tahun)	Durasi Pemadaman Rata-rata (Jam)
Bus 1	2,6145	2,45
Bus 2	2,6181	2,45
Bus 3	2,6250	2,45
Bus 4	2,6321	2,45
Bus 5	3,2076	2,57
Bus 6	3,2103	2,57
Bus 7	3,2115	2,57
Bus 8	3,6848	2,64
Bus 9	3,6884	2,64
Bus 10	4,4829	2,71
Bus 11	4,4877	2,71
Bus 12	4,4910	2,71
Bus 13	5,8684	2,76
Bus 14	5,8744	2,76
Bus 15	5,8809	2,76
Bus 16	7,2157	2,76
Bus 17	7,2292	2,78
Bus 18	8,1562	2,80

Dengan durasi pemadaman rata-rata 2,45 jam, untuk Bus 5 3,2076 kali/tahun dengan durasi pemadaman rata-rata 2,57 jam, Bus 10 dengan nilai 4,4829 kali/tahun dengan durasi pemadaman rata-rata 2,71, pada Bus 13 yaitu 5,8684 kali/tahun, durasi pemadaman rata-rata 2,76 dan untuk Bus 18 untuk tingkat gangguan rata-rata 8,1562 kali/tahun dengan durasi pemadaman rata-rata 2,80 jam, seperti pada Gambar 10



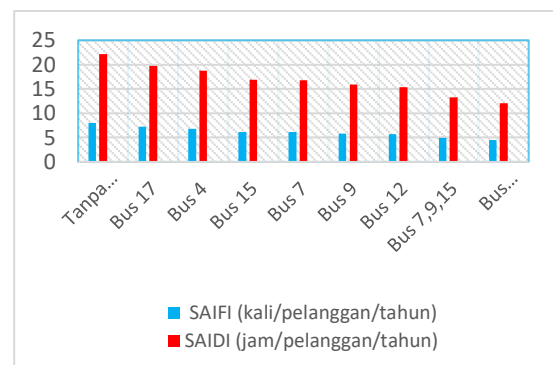
Gambar 10 Tingkat gangguan dan durasi pemadaman penempatan *recloser* pada bus 4, 12, 17, 7, 9, 15

3.3 SAIDI dan SAIFI dari Kesepuluh Skenario

Dari 10 skenario yang telah dilakukan, maka dapat dirangkum dari total nilai SAIDI dan SAIFI yang ada pada tiap-tiap skenario, maka untuk hasil dari SAIDI dan SAIFI dari skenario yang telah diuji dapat dilihat pada tabel 5 dan Gambar 11

Tabel 5 SAIDI dan SAIFI Skenario penempatan pengujian *recloser*

Posisi <i>Recloser</i>	SAIFI (kali/pelanggan/tahun)	SAIDI (jam/pelanggan/tahun)
Tanpa <i>Recloser</i>	8,0526	22,1632
Bus 17	7,1974	19,7291
Bus 4	6,8591	18,7481
Bus 15	6,1973	16,8882
Bus 7	6,1769	16,7824
Bus 9	5,8696	15,9142
Bus 12	5,6613	15,3685
Bus 7,9,15	4,9535	13,3228
Bus 4,12,17,7,9,15	4,5099	12,1069



Gambar 11 Perbandingan hasil SAIDI dan SAIFI.

Penempatan *recloser* yang terbaik ada pada skenario kesepuluh adalah 6 buah *recloser* ditempatkan pada 6 Bus yang berbeda yaitu pada Bus 4, 12, 17, 7, 9 dan 15 sekaligus, dengan nilai SAIFI nya 4,5099 kali/pelanggan/tahun dan nilai SAIDI 12,1069 jam/pelanggan/tahun. Skenario ini memiliki nilai SAIDI dan SAIFI yang paling kecil diantara skenario lainnya, maka jika ingin untuk meningkatkan keandalan jaringan Penyulang Suka karya skenario ini bisa digunakan sebagai acuan penempatan *recloser* pada Penyulang Suka karya.

4. KESIMPULAN

Penempatan *recloser* berdasarkan sepuluh skenario yang telah dilakukan menghasilkan:

1. Skenario pertama tanpa *recloser* nilai SAIFI 8,0526 kali/pelanggan/tahun dan nilai SAIDI 22,1632 jam/pelanggan/tahun.
2. Penempatan *Recloser* terbaik ada pada skenario kesepuluh yaitu penempatan 6 *recloser* pada Bus 4, 12, 17, 7, 9 dan 15 hasil pengujian ini mendapatkan hasil SAIDI dan SAIFI terkecil di antara sepuluh skenario lainnya dengan nilai SAIFI 4,5099 kali/pelanggan/tahun dan nilai SAIDI 12,1069 jam/pelanggan/tahun,

terlihat sebagai berikut semakin banyak penempatan *recloser* akan semakin memperkecil *SAIDI* dan *SAIFI* pada penyulang.

3. Nilai tingkat kegagalan rata-rata tertinggi ada pada skenario kesepuluh Bus 18 yaitu 8,1562 kali/tahun sedangkan yang terendah ada pada skenario kesepuluh Bus 1 yaitu menggunakan 6 *recloser* dengan tingkat gangguan rata-rata 2,6145 kali/tahun, sedangkan nilai tingkat durasi pemadaman tertinggi dan terendah yaitu pada skenario kesepuluh Bus 18 dengan durasi 2,80 jam dan Bus 1 dengan durasi 2,45 jam, maka jumlah beban dan panjang jaringan mempengaruhi nilai tingkat kegagalan rata-rata dan durasi pemadaman rata-rata.

Guna pengembangan tingkat keandalan penyulang Suka karya perlu dilakukan beberapa hal yaitu : memperbanyak *recloser* di tiap zona yang ada pada Penyulang Suka karya, serta menempatkan *recloser* pada zona yang memiliki beban yang besar dan sering mengalami gangguan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Van Anugrah, “Studi Pemasangan Express Feeder Jaringan Distribusi 20 kV Untuk Mengatasi Drop Tegangan Pada Feeder Sorek PT. PLN (Persero) Rayon Pangkalan Kerinci,” *SainETIn*, vol. 4, no. 2, pp. 65–71, 2020.
- [2] H. Eteruddin, D. Setiawan, and P. P. P. Hutagalung, “Evaluasi Jaringan Tegangan Menengah 20 kV Pada Feeder 7 Peranap PT. PLN Persero Rayon Taluk Kuantan,” in *Seminar Nasional Pakar*, 2020, pp. 1.4.1-1.4.6.
- [3] J. M. Gers and E. J. Holmes, *Protection of Electricity Distribution Networks*, 2nd ed. London: Institution of Engineering and Technology, 2011.
- [4] R. Bansal, *Power System Protection in Smart Grid Environment*. New York: CRC Press, 2019.
- [5] R. Belu, *Building Electrical Systems and Distribution Networks: An Introduction*. Boca Raton: CRC Press, 2020.
- [6] B. Ram and D. N. Vishwakarma, *Power System Protection and Switchgear*. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2007.
- [7] S. Ramadhan and D. Y. Sukma, “Kajian Penempatan Recloser pada Jaringan Distribusi Menggunakan Metode Algoritma Genetika Berdasarkan Keandalan Maksimum,” *Jom FTeknik*, vol. 3, no. 1, p. 2016, 2016.
- [8] H. Hardiyanto, A. Arlenny, and Z. Zulfahri, “Studi Penempatan Recloser Pada Jaring Distribusi 20 kV di Penyulang 21 Tarai PT. PLN (Persero) Rayon Panam,” *Jurnal Teknik*, vol. 11, no. 1, pp. 11–19, 2017.
- [9] A. R. Iklas, A. Arlenny, and U. Situmeang, “Studi Penempatan Recloser pada Jaring Distribusi 20 kV Di Penyulang 12 Kualu PT. PLN (Persero) Rayon Panam,” *Jurnal Teknik*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [10] N. J. Hontong, M. Tuegeh, and L. S. Patras, “Analisa Rugi Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN Palu,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 64–71, 2015.
- [11] I. N. Sunaya, I. G. S. Widharma, and M. Sajayasa, “Analisa Posisi Reclose Terhadap Keandalan Kinerja Penyulang Sempidi Berbasis Software ETAP Powerstation,” *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, vol. 17, no. 3, pp. 136–141, Nov. 2017.
- [12] A. Putra and Firdaus, “Analisa Penggunaan Recloser Untuk Pengaman Arus Lebih Pada Jaringan Distribusi 20 kV Gardu Induk Garuda Sakti,” *Jom FTeknik*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2017.
- [13] F. A. Adiba, Z. Abidin, and S. Suhariyanto, “Analisis Tata Letak Recloser Menggunakan Metode Penelitian Statistika Beban Dan Populasi Guna Memaksimalkan Kinerja Sistem,” *Jurnal Teknika*, vol. 9, no. 2, pp. 917–922, 2017.
- [14] A. B. D, S. Handoko, and B. Winardi, “Optimisasi Penempatan Recloser Pada Sistem Distribusi Jaringan Radial Penyulang PDP-03 Menggunakan Ant Colony Optimization (ACO),” *Transient*, vol. 6, no. 2, pp. 223–227, Aug. 2017.
- [15] A. Pregelj, M. Begovic, A. Rohatgi, and D. Novosel, “On optimization of reliability of distributed generation-enhanced feeders,” in *Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2003, p. 6 pp.

- [16] J. Kallrath, P. M. Pardalos, S. Rebennack, and M. Scheidt, *Optimization in the Energy Industry*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2008.
- [17] I. S. Qamber, *Power Systems Control and Reliability: Electric Power Design and Enhancement*. Florida: Apple Academic Press, 2020.
- [18] A. S. Pabla, *Electric Power Distribution*, 6th ed. New Delhi: McGraw-Hill Education, 2012.
- [19] SPLN-68:2, *Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik, Bagian dua: Sistem Distribusi*. Indonesia, 1986.
- [20] J. Kartoni and E. Ervianto, “Analisa Rekonfigurasi Pembebanan Untuk Mengurangi Rugi - Rugi Daya Pada Saluran Distribusi 20 kV,” *Jom FTeknik*, vol. 3, no. 2, p. 1, 2016.
- [21] H. Asman, H. Eteruddin, and A. Arlenny, “Analisis Proteksi Rele Jarak Pada Saluran Transmisi 150 kV Garuda Sakti – Pasir Putih Menggunakan PSCAD,” *SainETIn*, vol. 2, no. 1, pp. 27–36, 2018.
- [22] R. Hutagaol, U. Situmeang, and Zulfahri, “Studi Overload Shedding Pada Transformator Daya Gardu Induk Garuda Sakti,” *SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [23] H. Rusymi, M. Pujiantara, and T. Yuwono, “Evaluasi Koordinasi Rele Pengaman Pada Jaringan Distribusi 20 kV Di Gardu Induk Garuda Sakti Panam-Pekanbaru,” Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), 2014.
- [24] S. A. Febriyanty, Nurhalim, and I. T. Ali, “Analisa Kinerja Proteksi Gardu Induk Garuda Sakti Menggunakan Software Berbasis Visual Basic 6.0,” *Jom FTeknik*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2016.