

PENERAPAN METODE PENDEKATAN TEKNIK UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI

Rukmi Sari Hartati, I Wayan Sukerayasa

Staff Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Bali, 80361

Email: rshartati@gmail.com

Abstrak

Metode pendekatan teknik dipergunakan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi dengan menentukan lokasi *recloser* yang optimal pada penyulang- penyulang yang akan ditingkatkan keandalannya, sehingga diperoleh nilai indeks keandalan yang lebih baik.

Telah dilakukan penelitian dengan menggunakan metode tersebut untuk meningkatkan keandalan pada penyulang Penebel dan Marga untuk memenuhi target PLN ke depan yakni mencapai WCS (*World Customer Service*) serta WCC (*World Class Company*) yaitu SAIFI = 3 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI = 100 menit/pelanggan/tahun.

Dari hasil penelitian pada 2 penyulang tersebut diperoleh nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI untuk kedua penyulang tersebut sudah mendekati target WCS dan jauh lebih baik dibandingkan dengan kondisi sebelum dipasang *recloser*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode pendekatan teknik untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi cocok untuk diterapkan, terutama pada sistem distribusi di Bali.

Kata kunci : Indeks Keandalan, *Recloser*, *Pendekatan Teknik*

Abstract

The technical approach method is used to improve distribution system reliability in order to determine the optimal location of *recloser* at feeders which are improved their reliability, to get better reliability index.

The research have been done by using those method to improve the reliability of Penebel and Marga feeders to fulfill what PLN required in the future, i.e. to obtain WCS (*World Customer Service*) and WCC (*World Class Company*) targets i.e. SAIFI is 3 times a year per customer and SAIDI is 100 minutes a year per customer.

The result said that from those two feeders get reliability index SAIDI and SAIFI have obtained successfully WCS target. From the result also can be conclude that the technical approach method to improve distribution system reliability is applicable especially for Bali distribution systems.

Key word : Reliability index, *Recloser*, technical approach.

1. PENDAHULUAN

Keandalan sistem distribusi adalah merupakan ketersediaan/tingkat pelayanan penyediaan tenaga listrik dari sistem ke konsumen. Indeks keandalan adalah merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran probabilitas (R. Billinton dan R. Goel, 1989). Untuk tingkat keandalan pelayanan tergantung dari berapa lama terjadi pemadaman selama selang waktu tertentu (1 tahun) atau dikenal dengan SAIDI dan berapa sering (frekuensi) terjadinya pemadaman selama setahun atau SAIFI. Tipe jaringan distribusi dengan model *loop* (tertutup) memiliki keandalan cukup tinggi, dan pengoperasiannya pun mudah. Sedangkan tipe jaringan dengan model radial keandalannya rendah. Jaringan sistem distribusi tegangan rendah umumnya menggunakan tipe radial, karena konfigurasinya lebih sederhana dan biayanya lebih murah. Namun apabila terjadi gangguan pada pangkal suatu penyulang, maka akan terjadi pemadaman pada cabang-cabang

yang disuplai oleh penyulang tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi tipe radial seperti ini khususnya untuk mengurangi durasi gangguan diperlukan adanya otomasi jaringan dengan memasang *recloser* sehingga jika terjadi gangguan pada jaringan atau sistem dalam waktu singkat dapat dinormalkan atau paling tidak mempersempit daerah padam (PT. PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan, 2005).

Metode yang digunakan untuk meningkatkan keandalan ini dikenal sebagai metode *Pendekatan Teknik*, yaitu metode untuk menentukan lokasi *recloser* yang optimal dengan cara memasang *recloser* di beberapa alternatif lokasi kemudian dihitung dan dibandingkan indeks-indeks keandalan sistem. Perhitungan dilakukan agar dapat dilihat pengaruh dari penempatan *recloser* pada lokasi-lokasi tersebut terhadap indeks keandalan sistem secara keseluruhan.

Target PLN ke depan yakni mencapai WCS (*World Customer Service*) serta WCC (*World Class*

Company). Untuk mencapainya PLN harus mampu memenuhi standar indeks keandalan yaitu : SAIFI = 3 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI = 100 menit/pelanggan/tahun. Untuk memenuhi target PLN tersebut maka pada penyulang-penyulang dengan keandalan rendah perlu dilakukan rekonfigurasi, salah satunya adalah dengan memasang *recloser* yang dapat berfungsi untuk melokalisir jaringan terganggu sehingga berpengaruh dalam memperkecil SAIDI dan SAIFI. Yang menjadi permasalahan disini adalah menentukan dimana lokasi *recloser* yang optimal sehingga diperoleh indeks keandalan sistem yang lebih mendekati target WCS (*World Customer Service*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tipe jaringan sistem distribusi yang menyalurkan daya listrik ke konsumen umumnya dalam bentuk sistem *radial*. Beberapa variabel komponen yang digunakan untuk mengekspresikan Indeks kegagalan antara lain adalah :

- a). Laju kegagalan (*failure rate*) dinyatakan dalam λ . Untuk saluran *radial*, laju kegagalan untuk suatu lingkungan tertentu yang homogen, sebanding dengan panjang saluran yang bersangkutan,
- b). Lama pemadaman (*outage time*) dinyatakan dalam r , tergantung kepada waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan dan pemulihan.

Indeks keandalan merupakan suatu indikator keandalan yang dinyatakan dalam suatu besaran *probabilitas*. Sejumlah indeks sudah dikembangkan untuk menyediakan suatu kerangka untuk mengevaluasi keandalan sistem tenaga listrik. Dalam sistem distribusi tenaga listrik evaluasi keandalan terdiri dari indeks titik beban dan indeks sistem yang dipakai untuk memperoleh pengertian yang mendalam ke dalam keseluruhan capaian. Indeks keandalan tersebut antara lain : SAIFI, SAIDI, dan AENS.

2.1 System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)

SAIFI didefinisikan sebagai jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya per tahun). Perumusan SAIFI diekspresikan sebagai berikut (Roger C. Dugan, 2004)

$$SAIFI = \frac{JumlahTotal\ Konsumen\ Terganggu}{JumlahTotal\ Konsumen\ Terlayani}$$

Atau :

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_k \cdot M_k}{\sum M} \text{ (fault/year costumer) } \quad (2.1)$$

dengan :

λ_k : Laju kegagalan (*failure rate*) masing-

masing komponen

M_k : jumlah pelanggan pada *load point* k

M : total pelanggan pada sistem jaringan distribusi

2.2 System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

SAIDI didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap konsumen dalam selang waktu satu tahun. Indeks ini dinyatakan sebagai hasil pembagian dari jumlah total durasi kegagalan secara terus-menerus untuk semua pelanggan selama periode waktu yang telah ditentukan dengan jumlah total pelanggan yang dilayani selama periode tsb. Bentuk perumusan matematis SAIDI diekspresikan sebagai berikut (Roger C. Dugan, 2004; PT. PLN (Persero) Jasa Pendidikan dan Pelatihan, 2005) :

SAIDI =

$$\frac{JumlahTotal\ Durasi\ Gangguan\ Konsumen}{JumlahTotal\ Konsumen\ Terlayani}$$

Atau :

$$SAIDI = \frac{\sum U_k \cdot M_k}{\sum M} \text{ (hour/year customer) } \quad (2.2)$$

dengan:

U_K : durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata

M_K : jumlah pelanggan pada *load point* k

M : total pelanggan pada sistem jaringan distribusi

Indeks durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata (U) adalah tiap-tiap load point berbeda sesuai nilai *repair time/switching time* yang ditentukan sesuai daerah yang mengalami gangguan. Indeks durasi terputusnya pasokan listrik tahunan rata-rata merupakan perkalian antara indeks angka kegagalan (λ) dengan nilai *repair time/switching time* (r) di tiap-tiap load point.

2.3 Konsep Pendekatan Teknik.

Konsep dan pendekatan teknik ini adalah salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi, yaitu dengan menempatkan *recloser* disuatu lokasi tertentu pada iaringan tersebut. *Recloser* ditempatkan di jaringan distribusi dengan beberapa tujuan yang berbeda diantaranya untuk mengisolasi seksi yang terganggu, rekonfigurasi jaringan dan lainnya yang secara umum akan memperbaiki keandalan. Metode yang digunakan dalam menentukan lokasi *recloser* secara optimal ini didasarkan pada evaluasi indeks-indeks keandalan dari suatu sistem distribusi secara umum.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penerapan metode ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem tidak perlu disederhanakan/direduksi, dan hanya direpresentasikan secara sederhana dengan menggunakan cabang-cabangnya, komponen-komponennya, titik supply dan titik beban/*load point*.
2. Untuk setiap komponen diperlukan data keandalan yang relevan seperti : tingkat kegagalan (*failure rate*), waktu perbaikan (*repair time*), dan waktu switching (*switching time*).
3. *Recloser* diperlakukan sebagai komponen sistem dan alokasinya disesuaikan dengan konfigurasi jaringan untuk memisahkan *load point*.

Prosedur dasar dari metode pendekatan ini dimulai dengan memodelkan jaringan yang dianalisa. Topologi sistem direpresentasikan dengan cabang-cabang sistem. Suatu cabang didefinisikan sebagai satu set komponen yang terhubung seri dan berujung pada dua busbar. Setiap cabang dan semua komponen yang diperhitungkan perlu diidentifikasi, antara lain : jumlah cabang dan ujung cabang, Jumlah komponen, jumlah *supply point*, *load point* yang akan dianalisa dan jumlah *tie-switch normally open* serta data pelanggan dan data daya listrik dan keandalan untuk tiap komponen.

Berdasarkan pertimbangan ekonomis dan konfigurasi jaringan, selanjutnya *recloser* ditempatkan di calon lokasi-lokasi yang diusulkan. Pada setiap perubahan lokasi dan/atau jumlah *recloser*, indeks-indeks keandalan dihitung. Perhitungan dilakukan untuk setiap calon lokasi, sehingga akhirnya prioritas penempatan yang optimal dapat diperoleh.

Struktur algoritma dari pendekatan ini adalah sebagai berikut

- a. Masukkan data jaringan, data konsumen, data daya listrik dan data keandalan komponen.
- b. Konfigurasi jaringan dan jumlah *recloser* yang diinvestasikan merupakan batasan yang harus diperhatikan untuk menentukan keandalan sistem.
- c. Untuk setiap kegagalan pada setiap *load point* tentukan indeks keandalan sistem. Pada setiap gangguan pada salah satu *load point*, lakukan :
 1. Hitung indeks keandalan *load point*.
 2. Ulangi untuk setiap kegagalan dan untuk setiap *load point*.
 3. Untuk menentukan indeks keandalan system, jumlahkan semua indeks keandalan *load point*.
- d. Ubah lokasi *recloser* sesuai konfigurasi jaringan dan lanjutkan kelangkah (c).
- e. Ulangi untuk setiap lokasi *recloser* yang mungkin.
- f. Tentukan solusi optimal dengan membandingkan indeks-indeks keandalan yang

diperoleh untuk setiap lokasi *recloser* yang mungkin.

3. STUDI KASUS

Dalam studi kasus untuk peningkatan indeks keandalan sistim digunakan penyulang Penebel dan penyulang Marga yang berada di wilayah kerja Area Jaringan Bali Selatan Unit Jaringan Tabanan. Data Penyulang untuk Penebel adalah sebagai berikut :

Jumlah pelanggan : 14989 pelanggan
 Jumlah trafo : 89 buah
 Beban rata-rata : 54.913 kW/pelanggan
 Total beban : 9794950 VA

Sedangkan Penyulang Marga adalah :

Jumlah pelanggan : 15617 pelanggan
 Jumlah trafo : 96 buah
 Beban rata-rata : 151.523 kW/pelanggan

Dari penelitian pendahuluan diperoleh : penyulang Penebel dan penyulang Marga mempunyai indeks keandalan SAIFI sebesar 4.08 kali/pelanggan/tahun dan 2.70 kali/pelanggan/tahun berturut2, sedangkan SAIDI 12.889 jam/pelanggan/tahun dan 9.71 jam/pelanggan/tahun berturut2.

Untuk tujuan analisis penempatan *recloser* ini, data yang diperlukan adalah:

1. *One Line Diagram* pada area penyulang Penebel.
2. *One Line Diagram* pada area penyulang Marga.
3. Data perkiraan angka keluar komponen distribusi serta waktu operasi kerja dan pemulihan pelayanan sesuai SPLN : 59, 1985.
4. Data kapasitas trafo pada penyulang Penebel.
5. Data kapasitas trafo pada penyulang Marga.
6. Data gangguan tahun 2006 pada penyulang Penebel dan Marga.
7. Data pelanggan pada penyulang Penebel dan Marga.

Analisis Data

Beberapa tahapan dalam analisis ini antara lain :

1. Data-data mengenai penyulang yang dipilih untuk ditingkatkan keandalannya. Dalam kasus ini dipilih penyulang Penebel dan penyulang Marga.
2. Data – data mengenai perkiraan angka keluar komponen dan waktu operasi kerja dan pemulihan pelayanan sesuai SPLN 59 : 1985.
3. Menganalisis indeks kegagalan di setiap titik beban (*load point*) pada sistem yang terpasang.
4. Menganalisa tingkat keandalan dengan menghitung besarnya nilai indeks keandalan di setiap titik beban (*load point*) pada sistem yang terpasang.
5. Menentukan lokasi penempatan *recloser* yang akan dipasang.

6. Mendapatkan lokasi pemasangan *recloser* yang optimal sehingga memperoleh SAIDI dan SAIFI yang lebih mendekati target WCS.
7. Memperoleh hasil indeks keandalan SAIDI dan SAIFI yang lebih mendekati target WCS dengan adanya pemasangan *recloser* yang optimal pada penyulang-penyulang Penebel dan Marga.

4. PENENTUAN LOKASI RECLOSER OPTIMAL SESUAI METODE PENDEKATAN TEKNIK

Penentuan lokasi *recloser* yang cocok dilakukan dengan menghitung dan membandingkan indeks-indeks keandalan sistem dengan skenario yaitu penempatan *recloser* di beberapa alternatif lokasi masing-masing load point dengan Tie switch di TS1 yang berlokasi di LBS Petung yang sudah terpasang pada jaringan.

Penyulang Penebel mempunyai rata-rata gangguan pertahun per kilometer saluran sebesar 0.0238 *fault/year/km*, sehingga total indeks angka kegagalan (λ) adalah 3.25 *fault/tahun*. Sesuai SPLN 59 / 1985 waktu perbaikan saluran udara $r = 3$ jam dan waktu switching untuk *recloser* = 0.03 jam. Kemudian dapat dihitung keandalan sistem sesuai lokasi load point (20 lokasi), dan selanjutnya dapat dipilih lokasi penempatan *recloser* yang paling tepat.

Dengan perhitungan untuk penyulang Marga, yang mempunyai kegagalan rata-rata pertahun sebesar 0.00655 *fault/year/km*, diperoleh total indeks kegagalan 0.500 *fault/tahun*. Selanjutnya ditentukan waktu perbaikan saluran udara $r = 3$ jam dan waktu switching untuk *recloser* = 0.03 jam. Keandalan sistem dapat ditentukan sesuai lokasi load point (27 lokasi). Dengan membandingkan indeks keandalan sistem untuk setiap load point diperoleh indeks yang terbaik untuk lokasi penempatan *recloser* yang tepat. Dengan menerapkan metode tersebut pada penyulang Penebel dan Marga diperoleh hasil sbb. : Lokasi *recloser* yang optimal di Penyulang Penebel adalah di load point 15 dengan SAIDI adalah 3,2911 jam/pelanggan /tahun, dan SAIFI adalah 3,2500 kali/pelanggan/tahun. Target WCS untuk SAIFI sudah terpenuhi, namun nilai SAIDI masih belum. Walaupun demikian nilai ini sudah mengalami penurunan yang jauh dari keadaan semula yang sebesar 12.889 jam/pelanggan/tahun. Lokasi optimal *recloser* Penyulang Marga adalah di lokasi load point 10 dengan SAIDI adalah 0,6069 jam/pelanggan /tahun dan SAIFI sebesar 0,5001 kali/pelanggan/tahun. Kedua nilai indeks keandalan ini sudah dapat memenuhi target WCS.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis untuk studi kasus peningkatan indeks keandalan penyulang Penebel dan Marga adalah sebagai berikut :

1. Metode pendekatan teknik untuk peningkatan keandalan system distribusi ini cocok untuk diterapkan pada penyulang Penebel dan penyulang Marga.
2. Nilai indeks keandalan SAIDI dan SAIFI untuk kedua penyulang tersebut sudah mendekati target WCS dan jauh lebih baik dibandingkan dengan kondisi sebelum dipasang *recloser*.

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode pendekatan teknik untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi cocok untuk diterapkan, terutama pada sistem distribusi di Bali.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Billinton, R., Billinton, J. E. 1989, *Distribution System Reliability Indices*. IEEE Trans. Power Delivery, vol. 4.
- [2] Dugan, Roger, C. 1996, *Electrical Power Systems Quality*. United States of America : McGraw-Hill Companies
- [3] Ebeling, Charles, E. 1997, *An Introduction To Reliability and Maintainability Engineering*, Singapura : The McGraw-Hill Companies, Inc.
- [4] PLN (Persero), PT. 1985, SPLN 59 : *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*, Jakarta : Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara
- [5] PLN (Persero), PT. 2005, *Power System Engineering Bidang Distribusi : Keandalan Sistem Distribusi*, Palembang : PT. PLN (Persero) Jasa Pendidikan Dan Pelatihan.
- [6] Ying He, Goran Anderson, Ron N Allan, *Determination Optimum Location and Number Of Automatic Switching Device in Distribution System*, 1999,. Paper BPT99-24-17 accepted for presentation at the IEEE Power Tech'99 Conference Budapest Hungary , Agt 29- Sept 2.
- [7] I Wayan Sukerayasa, Musthopa, *Evaluasi Keandalan Penyulang Dengan Metode Reliability Network Equivalent Approach*, Juni 2008, Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, Vol 7, No 1, Teknik Elektro Universitas Udayana, Bali