

# PERANCANGAN PERHITUNGAN KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20KV GARDU INDUK BATANG MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN JAVA

Elneo Bahari

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Program Studi Teknik Elektro

e-mail : [elneo.bahari.2015@ft.umy.ac.id](mailto:elneo.bahari.2015@ft.umy.ac.id)

## **ABSTRACT**

*Reliability of a distribution network is an important factor in the continuity of service to consumers. This research aims to determine the level of reliability of each feeder of a 20 kV distribution system from Batang Substation using several calculation indices, namely SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Interaction Duration Index), and CAIDI (Customer Average Duration Index). As technology develops, calculations can be made with application software to make analysis easier. The research serves to facilitate the user to calculate the reliability value of a distribution network that was originally done manually into an automatic formula that has been entered into the operating system. This software application is made using java programming language and uses the netbeans 8.0.2 application which can be developed by future researchers. The calculation results of this application software are accurate so that it can help users in calculating reliability values more effectively and efficiently.*

**Keywords : Reliability Index, Java, Netbeans 8.0.2**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Gardu Induk

Gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari sekumpulan peralatan listrik yang disusun menurut pola tertentu dengan pertimbangan teknis, ekonomis, dan keindahan. Gardu induk distribusi desainnya telah distandarisasi oleh industri perlengkapan listrik berdasarkan pengalaman sebelumnya. Proses standarisasi ini terus berlangsung dari

waktu ke waktu, sesuai dengan keadaan terkini.

Gardu induk distribusi adalah salah satu komponen sistem distribusi yang berguna untuk menghubungkan jaringan ke konsumen atau berfungsi untuk mendistribusikan/membagikan tenaga listrik pada konsumen/beban tegangan menengah maupun tegangan rendah.

Transformator distribusi *step down transformer* berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik dari jaringan distribusi tegangan tinggi menjadi tegangan terpakai pada jaringan tegangan rendah. Sedangkan *step up transformer* hanya digunakan pada pusat pembangkit agar tegangan yang didistribusikan pada suatu jaringan panjang tidak mengalami *voltage drop* dan berfungsi untuk menaikkan tenaga listrik. Sehingga hal tersebut berarti tidak melebihi ketentuan *voltage drop* yang diperkenankan yaitu 5% dari tegangan semula.

## 1.2 Jaringan Distribusi

Sistem distribusi merupakan bagian-bagian rangkaian listrik dari sumber daya sampai pelanggan. Saluran distribusi adalah saluran listrik yang dipakai untuk menyalurkan energi listrik, yang tegangan nominalnya sampai dengan 30 kV (SPLN 73:1987). Sistem distribusi memiliki fungsi untuk mendistribusikan dan menyalurkan tenaga listrik dari suplai (gardu induk) ke pusat-pusat beban (gardu distribusi) dan konsumen. (SPLN 52 – 3:1983). Sistem distribusi tenaga listrik dibagi menjadi 2 sistem distribusi, yaitu sistem distribusi primer (jaringan distribusi tegangan menengah) dan sistem distribusi sekunder (jaringan distribusi tegangan rendah). Hal yang membedakan dari kedua sistem distribusi tersebut adalah tegangan kerjanya, umumnya tenaga kerja pada sistem distribusi primer yaitu 6kV atau

Keandalan sistem distribusi merupakan suatu indeks ukuran tingkat pelayanan/ketersediaan penyediaan tenaga listrik yang berasal dari sistem distribusi ke konsumen. Nilai keandalan dapat diukur dari seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama terjadinya pemadaman listrik itu, dan seberapa cepat waktu yang digunakan untuk mengembalikan kondisi dari pemadaman listrik yang terjadi menjadi pulih.

## 1.3. Keandalan.

Keandalan sistem distribusi dapat dikatakan semakin berkurang, jika tingkat pemadaman yang terjadi semakin tinggi, begitu juga sebaliknya. Sistem distribusi yang memiliki keandalan yang tinggi dapat memberikan tenaga listrik kapanpun dibutuhkan oleh konsumen. Jika sistem distribusi yang memiliki keandalan yang rendah maka tingkat ketersediaan tenaganya rendah dan sering padam.

Pengaplikasian dari konsep keandalan sistem distribusi berbeda dengan pengaplikasian sistem transmisi dan sistem pembangkitan. Sistem distribusi lebih berorientasi pada titik beban konsumen daripada orientasi pada sistem, serta lebih mempertimbangkan sistem distribusi lokal daripada sistem terintegrasi yang mencakup fasilitas transmisi dan pembangkitan. Sistem pembangkitan dan sistem transmisi lebih mempertimbangkan probabilitas hilangnya beban dan

memperhatikan sedikit komponen sistem. Sedangkan pada sistem distribusi mempertimbangkan semua aspek dari teknik, seperti perencanaan, desain, dan pengoperasian. Perhitungan probabilitas matematik pada sistem distribusi lebih sederhana dibandingkan yang dibutuhkan untuk penaksiran nilai keandalan sistem transmisi dan sistem pembangkitan.

- A. Indeks SAIFI menyampaikan informasi mengenai keandalan sistem distribusi berupa besaran angka frekuensi rata-rata pemadaman per pelanggan.

$$SAIFI = \frac{\lambda_i \cdot Ni}{Nt}$$

Keterangan:

- A.  $\lambda$  = Angka kegagalan rata-rata / frekuensi padam.  
 B.  $Ni$  = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban.  
 C.  $Nt$  = Jumlah konsumen yang dilayani.  
 D. Indeks sebagai SAIDI merupakan nilai indeks yang didefinisikan nilai rata-rata dari lamanya gangguan sistem untuk setiap konsumen selama satu tahun.

$$SAIDI = \frac{Ui \cdot Ni}{Nt}$$

Keterangan:

- $Ui$  = Durasi gangguan.  
 $Ni$  = Jumlah konsumen yang terganggu pada beban.  
 $Nt$  = Jumlah konsumen yang dilayani.  
 E. CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) merupakan nilai indeks durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun.

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$$

- F. Indeks ASAI memberikan informasi mengenai tingkat ketersediaan pelayanan tenaga listrik yang diterima oleh konsumen.

$$ASAI = \frac{8760 - SAIDI}{8760} \times 100$$

8760 yakni total seluruh jam dalam satu tahun.

- G. Indeks ASUI memberikan informasi mengenai tingkat ketidakterediaan pelayanan tenaga listrik (suplai daya) yang diterima pelanggan.

$$ASUI = 1 - ASAI$$

#### 1.4 Java

Java merupakan suatu teknologi di dunia *software* komputer. Selain merupakan suatu bahasa pemrograman, Java juga merupakan suatu *platform*. Java merupakan teknologi yang dimana teknologi tersebut mencakup java sebagai Bahasa pemrograman yang memiliki sintaks dan aturan pemrograman sendiri. Teknologi ini juga mencakup java sebagai *platform* dimana teknologi ini memiliki *library* dan *virtual machine* yang diperlukan untuk menulis dan menjalankan program yang ditulis dengan Bahasa pemrograman Java.

#### TINJAUAN PUSTAKA

1. Yazid Khoirul Anwar UNEJ (2016) melakukan penelitian tentang *Desain Perangkat Lunak Keandalan Sistem Distribusi 20 kV: Studi Kasus Penyulang Gambiran area Banyuwangi*, mengatakan bahwa output dari program dan perhitungan manual menggunakan metode *section technique* menghasilkan rata-rata error sebesar 0%. Indeks keandalan sistem

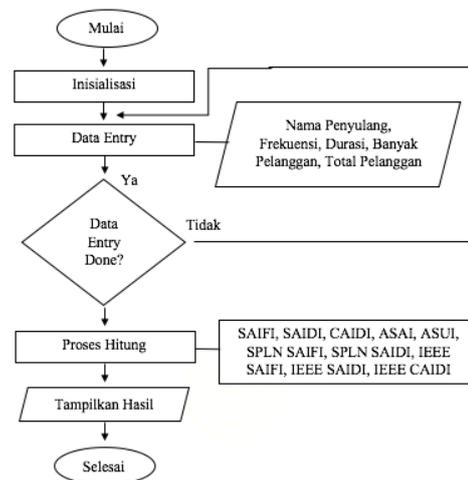
distribusi penyulang atau feeder gambaran sebesar 5.065880003 kali/tahun untuk SAIFI tergolong belum handal sebab melebihi ketetapan PLN yang mana 3,2 kali/pelanggan/tahun. Sedangkan dua indeks lainnya yaitu SAIDI 17.179399999 jam/pelanggan/tahun dan CAIDI 3.035873328 jam/tahun sudah masuk kategori handal sebab tidak melebihi ketetapan PLN yang mana 21 jam/pelanggan/tahun dan 6.5625 jam/tahun.

2. Nura Nubee Sabir (2008) melakukan penelitian tentang *The Effect of Distributed Generation on Distribution System Reliability*, Pada penelitian ini penilaian keandalan dilakukan dengan pendekatan analitis dan simulasi Monte Carlo berurutan. Pendekatan analitis menyajikan langkah-langkah keandalan seperti SAIFI dan SAIDI selama tahun rata-rata. Oleh karena itu, nilai rata-rata SAIFI dan SAIDI untuk sistem distribusi dengan atau tanpa genrasi terdistribusi diperoleh. Namun, simulasi Monte Carlo berurutan dapat memberikan distribusi probabilistic SAIFI dan SAIDI berdasarkan pada sampel besar kegagalan acak komponen sistem. Hasil pengujian dari sistem uji dimodifikasi dari sistem IEEE 34-bus disajikan berdasarkan pendekatan analitis dan simulasi Monte Carlo. Terlihat bahwa pemasangan generator terdistribusi dapat meningkatkan keandalan sistem distribusi secara signifikan.

## METODOLOGI

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kalkulator, Software Netbeans 8.0.2, dan laptop. Kemudian bahan yang dibutuhkan adalah formula indeks keandalan, data indeks keandalan

berdasarkan PLN Rayon Kota Batang, SPLN, dan IEEE, data jumlah pelanggan setiap penyulang, data frekuensi pemadaman setiap penyulang, serta durasi pemadaman setiap penyulang di sistem distribusi Rayon Batang. Lokasi Penelitian adalah di PT. PLN UPJ Pekalongan, yang beralamat di Jalan Manggis No.2 Sampangan, Pekalongan Timur, Kota Pekalongan, Jawa Tengah 51126. Dalam pembahasan ini digunakan metode perbandingan. Kemudian objek yang dibandingkan adalah komparasi nilai hasil dari perhitungan indeks keandalan yaitu hasil perhitungan dari dua metode perhitungan, metode manual dengan menggunakan kalkulator biasa dan metode otomatis dengan software aplikasi Neo Skripsi. Neo Skripsi merupakan software aplikasi yang dirancang oleh peneliti untuk melakukan pengecekan apakah data yang didapat telah valid atau belum. Kemudian dibawah adalah gambar flowchart dari aplikasi Neo Skripsi.



Gambar 1 Flowchart Neo Skripsi

## HASIL PENELITIAN

Pada pembahasan ini yang ditampilkan adalah aplikasi perhitungan keandalan sistem distribusi listrik yang diberi nama Neo Skripsi. Tampilan utama

dari software aplikasi ini akan ditunjukkan yaitu halaman Start pada gambar 2, Petunjuk Penggunaan pada gambar 3, halaman Masukan Data untuk input data pada gambar 4, dan halaman Hasil untuk menampilkan hasil perhitungan pada gambar 5. Selanjutnya untuk hasil validasi perhitungan akan ditampilkan pada tabel 1 tentang validasi hasil perhitungan dari dua metode tersebut di atas. Juga ada ditampilkan analisis keandalan sistem distribusi di PLN Rayon Batang yang akan ditampilkan pada tabel 2 mengacu standar PLN Rayon Batang dan SPLN dan tabel 3 mengacu pada IEEE.

Gambar 5 Hasil

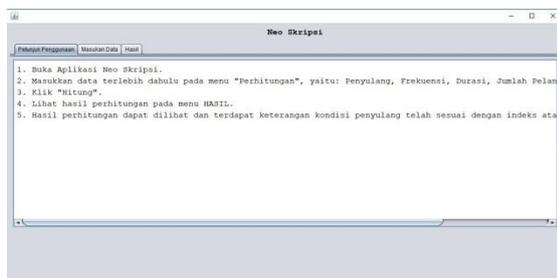
No	Perhitungan Secara Manual			Perhitungan dengan Aplikasi			Keterangan
	SAIFI	SAIDI	CAIDI	SAIFI	SAIDI	CAIDI	
1	0.906	1.656	1.828	0.906	1.656	1.828	Akurat
2	0.302	0.986	3.265	0.302	0.986	3.265	Akurat
3	0.199	0.26	1.61	0.199	0.26	1.61	Akurat
4	0.0000068	0.0000046	0.68	0.0000068	0.0000046	0.68	Akurat
5	0.160	0.164	1.02	0.160	0.164	1.02	Akurat
6	0.319	0.49	1.536	0.319	0.49	1.536	Akurat
7	0.000013	0.0000095	0.7	0.000013	0.0000095	0.7	Akurat
8	0.332	0.0631	0.19	0.332	0.0631	0.19	Akurat
9	0	0	0	0	0	0	Akurat
10	0	0	0	0	0	0	Akurat
11	0.000013	0.000037	2.75	0.000013	0.000037	2.75	Akurat
12	0.162	0.07	0.43	0.162	0.07	0.43	Akurat

Tabel 1 Validasi Perhitungan

Berdasarkan data yang telah didapatkan di atas, yaitu data hasil perbandingan antara perhitungan manual dengan perhitungan aplikasi Neo Skripsi menunjukkan angka yang relatif sama atau akurat, sebagai contoh pada penyulang BTG01. Pada penyulang BTG01 nilai indeks SAIFI 0.906 untuk perhitungan manual dan 0.906 untuk perhitungan Neo Skripsi. SAIDI 1.656 pada perhitungan manual dan 1.656 untuk perhitungan Neo Skripsi. CAIDI 1.828 pada perhitungan manual dan 1.828 untuk perhitungan Neo Skripsi. Pada data hasil tersebut menunjukkan keakuratan perhitungan yang dihasilkan. Maka dapat disimpulkan bahwa perhitungan pada aplikasi Neo Skripsi sudah sesuai dengan perhitungan manual yang artinya perhitungan KALINDA sudah terverifikasi valid. Sehingga aplikasi Neo Skripsi bisa dikatakan lolos uji dari segi keakuratan perhitungan.



Gambar 2 Aplikasi KALINDA



Gambar 3 Petunjuk Penggunaan

Penyulang	Frekuensi	Durasi	Banyak Pelanggan
BT004	7	12.8	19730
BT005	2	0.53	22338
BT006	5	0.01	5803
BT004	1	0.68	1
BT006	1	1.02	23720
BT007	0	1.68	8420
BT008	1	0.7	0
BT009	2	0.28	24054
BT010	0	0	10780
BT011	0	0	1
BT012	2	0.5	1
BT013	1	0.43	25885

Gambar 4 Masukan Data

No	Penyulang	Nilai SAIFI	Nilai SAIDI	Nilai CAIDI	SPLN	
					SAIFI 3.2 (K/P/T)	SAIDI 21.09 (J/P/T)
1	BTG01	0.906	1.656	1.828	✓	✓
2	BTG02	0.302	0.986	3.265	✓	✓
3	BTG03	0.199	0.26	1.61	✓	✓
4	BTG04	0.0000068	0.0000046	0.68	✓	✓
5	BTG06	0.160	0.164	1.02	✓	✓
6	BTG07	0.319	0.49	1.536	✓	✓
7	BTG08	0.000013	0.0000095	0.7	✓	✓
8	BTG09	0.332	0.0631	0.19	✓	✓
9	BTG10	0	0	NaN	✓	✓
10	BTG11	0	0	NaN	✓	✓
11	BTG12	0.000013	0.000037	2.75	✓	✓
12	BTG13	0.162	0.07	0.43	✓	✓

Tabel 2 Analisis PLN Rayon Batang dan SPLN

Berdasarkan tabel 2 diatas didapat kesimpulan bahwa nilai indeks SAIFI dan SAIDI pada semua penyulang pada sistem distribusi Rayon Batang menurut standar SPLN yaitu 3.2 (kali/pelanggan/tahun) dan 21.09 (jam/pelanggan/tahun), menunjukkan hasil tercentang semua yang berarti nilai dari tiap indeks SAIFI dan SAIDI tidak ada yang melebihi batas yang ditetapkan dari kedua standar yang telah tersebut di atas. Oleh karena itu maka setiap penyulang yang melayani kebutuhan listrik di Batang dikategorikan handal standar SPLN.

No	Feeder	Nilai SAIFI	Nilai SAIDI	Nilai CAIDI	IEEE		
					SAIFI 1.45 (K/P/T)	SAIDI 2.3 (J/P/T)	SAIDI 1.47 (J/K/T)
1	BTG01	0.906	1.656	1.828	✓	✓	✗
2	BTG02	0.302	0.986	3.265	✓	✓	✗
3	BTG03	0.199	0.26	1.61	✓	✓	✗
4	BTG04	0.0000068	0.0000046	0.68	✓	✓	✓
5	BTG06	0.160	0.164	1.02	✓	✓	✓
6	BTG07	0.319	0.49	1.536	✓	✓	✗
7	BTG08	0.000013	0.0000095	0.7	✓	✓	✓
8	BTG09	0.332	0.0631	0.19	✓	✓	✓
9	BTG10	-	-	-	✓	✓	✓
10	BTG11	-	-	-	✓	✓	✓
11	BTG12	0.000013	0.000037	2.75	✓	✓	✗
12	BTG13	0.162	0.07	0.43	✓	✓	✓

Tabel 3 Analisis IEEE

Dengan melihat data analisis pada tabel 3 diatas didapat kesimpulan bahwa mayoritas setiap penyulang pada sistem distribusi Rayon Batang dinyatakan handal kecuali tiga feeder yaitu penyulang BTG01, BTG02, BTG03, BTG07, dan BTG12. Kelima penyulang tersebut dinyatakan dalam status kurang handal karena suatu hal yang sama yaitu nilai indeks CAIDI yang telah melebihi batas standar yang telah ditetapkan oleh pihak IEEE yaitu 1.47 jam/kali/tahun. Sedangkan bisa dilihat pada data penyulang BTG01 nilai CAIDI menunjukkan angka 1.828 jam/kali/tahun, penyulang BTG02 menunjukkan angka 3.265 jam/kali/tahun, penyulang BTG03 menunjukkan angka 1.61 jam/kali/tahun, penyulang BTG07 menunjukkan angka 1.536 jam/kali/tahun, dan BTG12 menunjukkan angka 2.75 jam/kali/tahun. Oleh karena hal tersebut, berdasarkan standar IEEE penyulang yang dinyatakan handal adalah BTG04, BTG06, BTG08, BTG09, BTG10, BTG11, BTG13 karena nilai indeks SAIFI, SAIDI, CAIDI tidak melebihi batas dan nilai indeks ASAI tidak kurang dari batas yang ditetapkan oleh pihak IEEE. Sedangkan penyulang yang lainnya yaitu lima penyulang yang telah tersebut tadi dalam kategori kurang handal.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan serta rancangan dan implementasi yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka

penulis dapat mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, nilai SAIFI dan SAIDI setiap penyulang di Gardu Induk Batang telah memenuhi standar IEEE std 1366 – 2003 yaitu SAIFI sebesar 1.45 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 2.3 jam/kali/tahun, serta telah memenuhi standar SPLN 68 – 2 : 1986 yaitu SAIFI sebesar 3.2 kali/pelanggan/tahun dan SAIDI sebesar 21.09 jam/pelanggan/tahun.
2. Software aplikasi ini dapat berguna dalam perhitungan nilai indeks keandalan pada sistem distribusi, serta membantu *user* dalam menganalisis sistem distribusi tersebut. *User* juga dapat melakukan perhitungan dan analisis nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI pada suatu sistem distribusi dengan lebih mudah dan akurat. Dengan adanya software aplikasi ini, dapat membantu *user* dalam rekapitulasi nilai indeks keandalan tanpa harus melakukan perhitungan satu persatu dan tidak perlu khawatir apabila ada data fisik yang hilang atau rusak.

## DAFTAR PUSTAKA

Departemen Pertambangan dan Energi. 1985. SPLN No 59 Tentang Keandalan Pada Sistem Distribusi 6 KV dan 20 KV

(Skripsi). Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.

IEEE Std. 1366-2012. 2012. IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. USA

Syahputra, Ramadoni. 2017. TRANSMISI DAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK. Yogyakarta: LP3M UMY Yogyakarta.

Haq, M. N. 2016. Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV di Gardu Induk Batang (Skripsi). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Prabowo, A. T. 2013. Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Pada Penyulang Pekalongan 8 dan 11 (Skripsi). Semarang: Universitas Diponegoro.

Anwar, Y. K. 2016. Desain Perangkat Lunak Keandalan Sistem Distribusi 20 KV : Studi Kasus Penyulang Gambiran Area Banyuwangi (Skripsi). Jember: Universitas Jember.

Tawfiq M. Aljohani, dan Mohammed J. Beshir. 2017. *Matlab Code to Assess the Reliability of the Smart Power Distribution System Using Monte Carlo Simulation*. California : University of Southern California