

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK PADA SELURUH PENYULANG DI GARDU INDUK 150 KV BANTUL DENGAN MENGGUNAKAN BAHASA PEMROGRAMAN MATLAB

Amrisal Kamal Fajri

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
e-mail: amrisalkamalfajri@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keandalan dari suatu sistem distribusi tenaga listrik. Parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik adalah SAIFI, SAIDI dan CAIDI. Penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman MATLAB untuk melakukan perhitungan dan analisis tingkat keandalan sistem distribusi tenaga listrik. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang didapatkan dari PT. PLN (Persero) UP3 Yogyakarta. Hasil perhitungan dan analisis nilai keandalan pada seluruh penyulang di Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 dapat dikatakan handal untuk nilai SAIFI menurut standar SPLN No. 68-2: 1986, sedangkan menurut standar IEEE std 1366-2003 dan *WCS (World Class Service)* dan *WCC (World Class Company)* dapat dikatakan kurang handal untuk nilai SAIFI-nya. Selanjutnya untuk nilai SAIDI pada Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 dapat dikatakan kurang handal sesuai dengan standar IEEE std 1366-2003 dan *WCS (World Class Service)* dan *WCC (World Class Company)*, akan tetapi menurut standar SPLN No. 68-2: 1986 dapat dikatakan handal untuk nilai SAIDI-nya. Sedangkan untuk nilai CAIDI pada Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 dapat dikatakan kurang handal berdasarkan standar IEEE std 1366-2003.

Kata Kunci: Keandalan, Gangguan, SAIFI, SAIDI, CAIDI, MATLAB

PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan tenaga listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat diikuti dengan meningkatnya taraf hidup masyarakat maka sistem distribusi tenaga listrik juga berkembang. Pada saat ini tenaga listrik telah menjadi kebutuhan pokok bagi seluruh konsumen tenaga listrik. Dengan semakin pentingnya peranan tenaga listrik dalam kehidupan sehari-hari, maka kontinuitas penyediaan tenaga listrik juga menjadi tuntutan yang semakin besar dari konsumen tenaga listrik. Oleh karena hal tersebut, maka dituntut adanya suatu sistem tenaga listrik yang andal. Untuk mengetahui keandalan dalam distribusi tenaga listrik ke konsumen, maka perlu dihitung nilai keandalannya.

Sistem keandalan pada jaringan distribusi sangat besar peranannya untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik pada setiap konsumen. Oleh peranannya yang sangat penting bagi konsumen, maka penyaluran listrik oleh PT. PLN (Persero) tidak boleh terputus, artinya 24 jam *non stop*. Apabila peranan ini gagal, hal ini akan mengakibatkan kerugian yang sangat besar bagi konsumen. Apalagi bagi konsumen besar yaitu pabrik-pabrik besar yang berskala nasional bahkan internasional. Oleh karena itu keandalan jaringan distribusi di PT. PLN (Persero) harus menjadi prioritas utama.

Untuk mengetahui keandalan suatu penyulang makaditetapkan suatu indeks keandalan yaitu besaran untuk membandingkan penampilan suatu sistem distribusi. Indeks-indeks keandalan yang sering dipakai dalam suatu sistem distribusi adalah SAIFI (System Average Interruption Frequency Index), SAIDI (System Average Interruption Duration Index), CAIDI (Customer Average Interruption

Duration Index). Sebagai acuan penentuan indeks yaitu berdasarkan Standar PLN yang nantinya digunakan sebagai tolok ukur tingkat keandalan system distribusi.

MATLAB merupakan bahasa pemrograman yang dikhususkan untuk komputasi numerik, visualisasi, dan pemrograman. Dengan memanfaatkan MATLAB, pengguna dapat melakukan analisis data, mengembangkan algoritma, dan membuat model maupun aplikasi.

DASAR TEORI

Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah sebagai pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Tingkat keandalan pada sistem distribusi tenaga listrik adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut. Keandalan ini dapat ditinjau dari sejauh mana suplai tenaga listrik dapat mensuplai secara kontinyu ke konsumen. Permasalahan yang paling mendasar pada sistem distribusi tenaga listrik adalah terletak pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan daya pelayanan daya listrik pada pelanggan. Prakiraan keandalan didasarkan pada sejumlah faktor diantaranya adalah karakteristik operasinya, kondisi operasi dan distribusi keagalannya. Jadi langkah pertama untuk memperkirakan keandalan sistem distribusi adalah menentukan karakteristik operasi dari komponen-komponennya.

Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik

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. Untuk dapat menentukan tingkat keandalan dari suatu sistem, harus diadakan pemeriksaan dengan cara melalui perhitungan maupun analisa terhadap tingkat keberhasilan kinerja atau operasi dari sistem yang ditinjau, pada periode tertentu kemudian membandingkannya dengan standar yang ditetapkan sebelumnya.

Keandalan tenaga listrik adalah menjaga kontinuitas terutama pelanggan daya besar yang membutuhkan kontinuitas penyaluran tenaga listrik secara mutlak. Apabila tenaga listrik tersebut putus atau tidak tersalurkan akan mengakibatkan proses produksi dari pelanggan besar tersebut terganggu. Struktur jaringan tegangan menengah memegang peranan penting dalam menentukan keandalan penyaluran tenaga listrik karena jaringan yang baik memungkinkan dapat melakukan manuver tegangan dengan mengalokasikan tempat gangguan dan beban dapat dipindahkan melalui jaringan lainnya.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Indeks Keandalan

Pada suatu sistem distribusi tenaga listrik, tingkat keandalan adalah hal yang sangat penting dalam menentukan kinerja sistem tersebut. Hal ini dapat dilihat dari sejauh mana suplai tenaga listrik dilaksanakan secara kontinyu dalam satu tahun ke konsumen. Definisi ini diberikan untuk memahami faktor-faktor yang mempengaruhi indeks keandalan dalam suatu sistem distribusi sesuai standar IEEE 1366 antara lain sebagai berikut:

1. Pemadaman/*interruption of supply*. Terhentinya pelayanan pada satu atau lebih konsumen, akibat dari salah satu atau lebih komponen mendapatkan gangguan.
2. Keluar/*outage*. Keadaan dimana suatu komponen tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya, diakibatkan karena beberapa peristiwa yang berhubungan dengan komponen tersebut. Suatu outage

dapat atau tidak dapat menyebabkan pemadaman, hal ini masih tergantung pada konfigurasi sistem.

3. Lama keluar/*outage duration*. Periode dari saat permulaan komponen mengalami outage sampai saat dapat dioperasikan kembali sesuai dengan fungsinya.
4. Lama pemadaman/*interruption duration*. Waktu dari saat permulaan terjadinya pemadaman sampai saat menyala kembali.
5. Jumlah total konsumen terlayani/*total number of costume served*. Jumlah total konsumen yang terlayani sesuai dengan periode laporan terakhir.
6. Periode laporan, diasumsikan sebagai satu tahun.

Indeks Keandalan

Indeks keandalan dari pelayanan pelanggan/konsumen dapat dinyatakan dalam beberapa indeks. Adapun indeks tersebut, diantaranya sebagai berikut:

1. *SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)*

Indeks ini didefinisikan sebagai jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan waktu (umumnya per tahun). Nilai *SAIFI* dapat diperoleh

dengan menggunakan persamaan berikut:

$$SAIFI = \frac{N_i \times \lambda_i}{N_t} \text{ kali/pelanggan/tahun}$$

Dimana:

N_i = pelanggan padam/gangguan

λ_i = pemadaman/gangguan

N_t = total pelanggan yang dilayani

2. *SAIDI (System Average Interruption Duration Index)*

Indeks ini didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap konsumen selama satu tahun. Persamaan *SAIDI* didefinisikan sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{U_i \times N_i}{N_t} \text{ jam/pelanggan/tahun}$$

Dimana:

N_i = pelanggan padam/gangguan

U_i = lama padam/gangguan

N_t = total pelanggan yang dilayani

3. *CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)*

Indeks keandalan hasil pengukuran dari durasi gangguan konsumen rata-rata tiap tahun.

$$CAIDI = \frac{CAIDI}{SAIFI} \text{ jam/gangguan}$$

Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN)

SPLN adalah standar perusahaan PT PLN (Persero) yang ditetapkan oleh Direksi yang bersifat wajib. Itu bisa dalam bentuk aturan, pedoman, instruksi, metode pengujian dan spesifikasi teknis. Sejak 1976, lebih dari 264 standar telah berhasil diselesaikan. Ini termasuk 61 standar di bidang distribusi dan 33 standar di bidang umum (Nashirul Haq, 2016).

Standar ini dimaksudkan untuk menjelaskan dan menentukan tingkat keandalan sistem distribusi listrik. Tujuannya adalah untuk memberikan arahan untuk menilai penampilan dan menentukan tingkat keandalan sistem distribusi dan juga sebagai titik acuan untuk kemajuan dalam menentukan proyeksi yang akan dicapai PLN.

MATLAB

MATLAB merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang dikembangkan oleh MathWorks dan dikhususkan untuk komputasi numerik, visualisasi, dan pemrograman. Dengan memanfaatkan MATLAB, pengguna dapat melakukan analisis data, mengembangkan algoritma, dan membuat model maupun aplikasi. Bahasa, tools, dan fungsi-fungsi built-in akan memudahkan pengguna untuk mengeksplorasi berbagai pendekatan dan memperoleh solusi dengan lebih cepat dibandingkan apabila menggunakan spreadsheets atau bahasa pemrograman tradisional, seperti C/C++ atau Java™. MATLAB menggunakan konsep array/matrik sebagai standar variabel elemennya tanpa memerlukan pendeklarasian array seperti pada bahasa lainnya. Selain itu juga dapat diintegrasikan dengan aplikasi dan bahasa pemrograman eksternal seperti C, Java, .NET, dan Microsoft Excel.

METODE PENELITIAN

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari penelitian terdahulu yang berhubungan dengan permasalahan penelitian sehingga nantinya dapat digunakan sebagai bahan acuan dalam penelitian ini.

Pengambilan Data

Data yang diperlukan pada penelitian berupa data jumlah pelanggan seluruh penyulang, single line diagram seluruh penyulang, data gangguan penyulang selama satu tahun terakhir.

Pengolahan Data

Berdasarkan data pada penelitian yang telah dikumpulkan sebelumnya yang berhubungan dengan keandalan sistem distribusi, langkah selanjutnya melakukan perhitungan indeks keandalan di wilayah Bantul menggunakan MATLAB

Analisis Hasil Perhitungan

Adalah analisis hasil perhitungan untuk mencari seberapa andal indeks keandalan yang ada di wilayah Bantul.

Kesimpulan

Dimana kesimpulan ini bisa digunakan sebagai pertimbangan dalam menyelesaikan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data lapangan dirangkum kedalam Tabel 1 yang merupakan data pelanggan tahun 2018, Tabel 2 adalah data frekuensi gangguan yang terjadi pada Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 dan Tabel 3 adalah data durasi gangguan pada Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018. Berdasarkan data-data inilah dilakukan perhitungan untuk mengetahui indeks keandalan yang terdiri dari SAIFI, SAIDI dan CAIDI selama tahun 2018 dimana ketiga indeks tersebut adalah parameter dasar dalam keandalan yang bisa digunakan untuk mengevaluasi sistem distribusi. Seperti yang diuraikan diatas maka hasil-hasil perhitungan berturut-turut

dirangkum dalam Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6 yakni rekapitulasi hasil perhitungan Indeks Keandalan yang terdiri dari SAIFI, SAIDI dan CAIDI selama tahun 2018 pada sistem distribusi tenaga listrik di Gardu Induk 150 kV Bantul.

Tabel 1. Data Pelanggan Tahun 2018

No	Penyulang	Rayon	Jumlah Pelanggan
1.	BNL.01	Bantul	19.435
2.	BNL.02	Bantul	9.645
3.	BNL.03	Bantul	19.614
4.	BNL.04	Kalasan	10.838
5.	BNL.05	Yogyakarta Kota	26.967
6.	BNL.06	Bantul	39.697
7.	BNL.07	Bantul	21.564
8.	BNL.08	Bantul	20.336
9.	BNL.09	Yogyakarta Kota	5.536
10.	BNL.10	Bantul	612
11.	BNL.11	Bantul	32.504
12.	BNL.12	Bantul	38.383
13.	BNL.13	Yogyakarta Kota	1
14.	BNL.14	Yogyakarta Kota	28.189
15.	BNL.15	Yogyakarta Kota	2.535
16.	BNL.16	Kalasan	27.467
17.	BNL.17	Bantul	9.547
18.	BNL.18	Bantul	16.641
Total Pelanggan			329.056

Tabel 2. Data Frekuensi Pemadaman Tahun 2018

NO	Penyulang	Frekuensi Pemadaman
1	BNL 01	6
2	BNL 02	10
3	BNL 03	3
4	BNL 04	3
5	BNL 05	1
6	BNL 06	3
7	BNL 07	3
8	BNL 08	7
9	BNL 09	5
10	BNL 10	2
11	BNL 11	6
12	BNL 12	1
13	BNL 13	2
14	BNL 14	1
15	BNL 15	3
16	BNL 16	0
17	BNL 17	1
18	BNL 18	3
Total Frekuensi Pemadaman		60 kali/tahun

Tabel 3. Data Durasi Pemadaman Tahun 2018

NO	Penyulang	Frekuensi Pemadaman
1	BNL 01	5,33
2	BNL 02	7,34
3	BNL 03	6,77
4	BNL 04	4,86
5	BNL 05	0,03
6	BNL 06	5,99
7	BNL 07	2,63
8	BNL 08	8,14
9	BNL 09	7,51
10	BNL 10	3,51
11	BNL 11	9,23
12	BNL 12	2,53
13	BNL 13	4,91
14	BNL 14	1,86
15	BNL 15	4,37
16	BNL 16	0
17	BNL 17	3,81
18	BNL 18	7,29
Total Frekuensi Pemadaman		86,11 jam/tahun

Tabel 4 Hasil Perhitungan SAIFI Tahun 2018

No	Penyulang	Parameter			SAIFI
		λi	Ni	N	
1	BNL 01	6	19.435	329.056	0,35
2	BNL 02	10	9.645	329.056	0,29
3	BNL 03	3	19.614	329.056	0,17
4	BNL 04	3	10.383	329.056	0,09
5	BNL 05	1	26.967	329.056	0,08
6	BNL 06	3	39.697	329.056	0,36
7	BNL 07	3	21.564	329.056	0,19
8	BNL 08	7	20.336	329.056	0,43
9	BNL 09	5	5.536	329.056	0,08
10	BNL 10	2	612	329.056	0,003
11	BNL 11	6	32.504	329.056	0,59
12	BNL 12	1	38.383	329.056	0,11
13	BNL 13	2	1	329.056	0,000006078
14	BNL 14	1	28.189	329.056	0,08
15	BNL 15	3	2.535	329.056	0,02
16	BNL 16	0	27.467	329.056	0
17	BNL 17	1	9.547	329.056	0,02
18	BNL 18	3	16.641	329.056	0,15
Total SAIFI 3,01 kali/pelanggan/tahun					

Tabel 5 Hasil Perhitungan SAIDI Tahun 2018

No	Penyulang	Parameter			SAIFI
		Ui	Ni	N	
1	BNL 01	5,33	19.435	329.056	0,31
2	BNL 02	7,34	9.645	329.056	0,21
3	BNL 03	6,77	19.614	329.056	0,40
4	BNL 04	4,86	10.383	329.056	0,15
5	BNL 05	0,03	26.967	329.056	0,002
6	BNL 06	5,99	39.697	329.056	0,72
7	BNL 07	2,63	21.564	329.056	0,17
8	BNL 08	8,14	20.336	329.056	0,50
9	BNL 09	7,51	5.536	329.056	0,12
10	BNL 10	3,51	612	329.056	0,006
11	BNL 11	9,23	32.504	329.056	0,91
12	BNL 12	2,53	38.383	329.056	0,29
13	BNL 13	4,91	1	329.056	0,0000149
14	BNL 14	1,86	28.189	329.056	0,15
15	BNL 15	4,37	2.535	329.056	0,03
16	BNL 16	0	27.467	329.056	0
17	BNL 17	3,81	9.547	329.056	0,11
18	BNL 18	7,29	16.641	329.056	0,36
Total SAIDI 4,43 jam/pelanggan/tahun					

Tabel 6 Hasil Perhitungan CAIDI Tahun 2018

No	Penyulang	Parameter			CAIDI
		Ui	Ni	λi	
1	BNL 01	5,33	19.435	6	0,88
2	BNL 02	7,34	9.645	10	0,73
3	BNL 03	6,77	19.614	3	2,25
4	BNL 04	4,86	10.383	3	1,62
5	BNL 05	0,03	26.967	1	0,03
6	BNL 06	5,99	39.697	3	2
7	BNL 07	2,63	21.564	3	0,87
8	BNL 08	8,14	20.336	7	1,16
9	BNL 09	7,51	5.536	5	1,5
10	BNL 10	3,51	612	2	1,75
11	BNL 11	9,23	32.504	6	1,53
12	BNL 12	2,53	38.383	1	2,53
13	BNL 13	4,91	1	2	2,45
14	BNL 14	1,86	28.189	1	1,86
15	BNL 15	4,37	2.535	3	1,45
16	BNL 16	0	27.467	0	0
17	BNL 17	3,81	9.547	1	3,81
18	BNL 18	7,29	16.641	3	2,43
Total CAIDI 28,85 jam/gangguan					

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang sudah dilaksanakan, penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Penyebab terjadinya gangguan/pemadaman di wilayah Bantul selama tahun 2018 terdapat 7 indikator/penyebab yaitu sambungan tenaga listrik dan APP, jaringan tegangan rendah, trafo distribusi, saluran udara, bencana alam, sumber tenaga, dan pemadaman terencana.
2. Nilai SAIFI pada Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 yaitu sebesar 3,01 kali/pelanggan/tahun dapat dikategorikan handal, hal ini dikarenakan tidak melebihi standar SPLN No. 68-2: 1986 yakni 3,2 kali/pelanggan/tahun. Akan tetapi, menurut standar IEEE std 1366-2003 dari keseluruhan data hasil perhitungan selama tahun 2018 dapat dikategorikan kurang handal, dikarenakan melebihi standar yang berlaku yaitu sebesar 1,45 kali/pelanggan/tahun. Sedangkan menurut standar WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) nilai SAIFI pada Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 dikategorikan kurang handal dikarenakan telah melebihi nilai standar dari WCS dan WCC yakni sebesar 3 kali/pelanggan/tahun.
3. Nilai SAIDI pada Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 yaitu sebesar 4,43 jam/pelanggan/tahun, berdasarkan standar SPLN No. 68-2: 1986 nilai keandalan SAIDI selama tahun 2018 dapat dikategorikan handal dikarenakan tidak melebihi standar SPLN No. 68-2: 1986 yakni sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun. Akan tetapi, berdasarkan standar IEEE std 1366-2003 pada Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 dikategorikan kurang handal dikarenakan melebihi standar IEEE std 1366-2003 yakni 2,30 jam/pelanggan/tahun. Selain itu, berdasarkan standar WCS (*World Class Service*) dan WCC (*World Class Company*) Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 mempunyai nilai SAIDI lebih besar dan dikategorikan kurang handal karena melebihi standar WCS dan WCC yakni 1,666 jam/pelanggan/tahun.
4. Nilai CAIDI pada Gardu Induk 150 kV Bantul selama tahun 2018 yaitu sebesar 28,85 jam/gangguan, berdasarkan standar IEEE std 1366-2003 nilai keandalan CAIDI selama tahun 2018 dapat dikategorikan kurang handal dikarenakan melebihi standar IEEE std 1366-2003 yakni sebesar 1,47 jam/tahun.
5. Total frekuensi pemadaman pada Gardu Induk 150 kV Bantul terhitung selama tahun 2018 adalah sebesar 60 kali.
6. Total durasi lama pemadaman pada Gardu Induk 150 kV Bantul terhitung selama tahun 2018 adalah sebesar 86,11 jam.
7. Berdasarkan standar IEEE std 1366-2003 terhitung selama tahun 2018 terdapat 11 penyulang yang dapat dikatakan kurang handal untuk nilai CAIDI nya yaitu penyulang BNL 03, BNL 04, BNL 06, BNL 09, BNL 10, BNL 11, BNL 12, BNL 13, BNL 14, BNL 17, BNL 18 dengan durasi pemadaman pada pelanggan yakni masing-masing sebesar 1,5 jam/gangguan, 1,53 jam/gangguan, 1,62 jam/gangguan, 1,75 jam/gangguan, 1,86 jam/gangguan, 2 jam/gangguan, 2,25 jam/gangguan, 2,43 jam/gangguan, 2,45 jam/gangguan, 2,53 jam/gangguan, dan 3,81 jam/gangguan.
8. Berdasarkan hasil perbandingan perhitungan manual dan menggunakan aplikasi, dapat diketahui bahwa tidak ada perbedaan hasil antara perhitungan manual maupun menggunakan aplikasi, kedua nya sama-sama menunjukkan hasil yang akurat.
9. MATLAB merupakan bahasa pemrograman yang dikhususkan untuk komputasi numerik, visualisasi, dan pemrograman. Dengan memanfaatkan MATLAB, pengguna dapat melakukan analisis data, mengembangkan algoritma, dan membuat model maupun aplikasi.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya mengenai studi indeks keandalan sistem distribusi tenaga listrik adalah sebagai berikut:

1. Bagi seluruh penyulang yang memiliki nilai SAIFI, SAIDI, dan CAIDI melebihi standar maksimal atau dikatakan kurang handal, perlu melakukan pemeliharaan, perawatan dan pengecekan secara rutin guna memperkecil masalah atau gangguan yang dihadapi.
2. Dari kesimpulan di atas maka Gardu Induk 150 kV Bantul perlu melakukan perbaikan dan pengecekan pada jaringan, hal ini dikarenakan terdapat beberapa penyulang yang dianggap memiliki tingkat keandalan jaringan distribusi yang tidak memenuhi standar.
3. Perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut terhadap SPLN No 52-3 1985 tentang Pola Pengaman Sistem Distribusi 6 KV dan 20 KV, SPLN No 59 1985 Tentang Keandalan Pada Sistem Distribusi 6 KV dan 20 KV, SPLN No 68-2 1986 Tentang Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik, mengingat pertumbuhan beban yang semakin tinggi setiap tahunnya dan terus bertambahnya kerapatan beban (semakin banyak pelanggan) agar lebih efektif jika digunakan untuk penelitian selanjutnya.
4. Penggantian penghantar jaringan A3C dengan penghantar yang berisolasi seperti A3CS dan MVTIC untuk mencegah dari gangguan eksternal (layang-layang, pepohonan dan binatang).
5. Melakukan pemeliharaan, perawatan dan pengecekan terhadap komponen sistem proteksi seperti pemutus tenaga (*circuit breaker*), penutup balik otomatis (*recloser*), saklar beban (*load break switch*), *fuse cut out* dan *arrester* demi menjamin penyaluran tenaga listrik kepada pelanggan serta untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi.
6. Penggantian peralatan dilakukan tepat pada waktunya sebelum peralatan tersebut memasuki masa habis usia pakai.

7. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan pengembangan aplikasi kalkukaltor dengan menambahkan grafik dan database guna media penyimpanan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Suripto, Slamet, 2014. *Buku Ajar Dasar Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta: Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Syahputra, Ramadoni, 2016, *Buku Ajar Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik*, Yogyakarta: LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Suswanto, Daman, 2009, *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Edisi Pertama, Juli 2009 Padang: Universitas Negri Padang.
- Rochman, Nur Mukhammad Zaidatur, 2017, *Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 Kv Menggunakan Metode Reliability Index Assessment Pada Penyulang KTN 4 Gardu Induk Kentungan* (Skripsi), Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Faishal, Ibnu, 2017, *Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi Di Gardu Induk Kentungan Penyulang KTN-06 PT PLN (Persero) Area Yogyakarta Dengan Metode Section Technique* (Skripsi), Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Yazid, Mukhsin, 2018, *Analisis Sistem Distribusi Tenaga Listrik (Studi Kasus Di Gardu Induk 150 kV Bantul)* (Skripsi), Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Laksono, Tri Aji Bondan, 2016, *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik Di PT. PLN (Persero) UPJ Bantul* (Skripsi), Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

- Affandi, S.. 2015. *Analisis Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik di Gardu Induk Indramayu* (Tugas Akhir). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Gunaidi Abdia Away. 2010. *"The Shortcut of MATLAB Programming"*. Informatika Bandung.
- Arigandi, G.P.B., Hartati,R.S. dan Weking, A.I.. (2015). *"Analisa Keandalan Sistem Distribusi Penyulang Kampus dengan Menggunakan Penggabungan Metode Section Teckniquedan RIA"*. Jurnal Teknologi Elektro. Vol. 14, (2), 1-5. ISSN: 1693 –2951.
- Brown, R.E., Gupta, S., Christie R.D, Venkata, S.S. dan Fletcher, R.. 1997. *"Distribution Sistem Reliability Assessment: Momentary Interruption and Storms"*. Jurnal IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 12, (4), 1569-1575.
- IEEEstd 1366-2003.2003. *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*. USA
- Li, F., . 2005. *"Distributed Processing of Reliability Index Assessment and Reliability Based Network Reconfiguration in Power Distributed System"*. Jurnal IEEE Transactions on Power System. Vol. 28, (1), 230-238.
- Departemen Pertambangan dan Energi. 1985. SPLN No 68-2 *Tentang Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bagian Dua*. Jakarta: Perusahaan Umum Listrik Negara.
- PLN (Persero), PT. 1985. SPLN No. 59: *Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara.
- Departemen Pertambangan dan Energi. 1985. SPLN No 52-3 *Pola Pengaman Sistem Distribusi 6 KV dan 20 KV*. Jakarta : Perusahaan Umum Listrik Negara.
- Gonen, Turan. 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*, McGraw Hill International Edition.
- Marsudi, Djiteng. 2005. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta: Balai Penerbitdan Humas ISTN.
- Pabla, A.S, dan Abdul Hadi. 1991. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Suhadi dan Tri Wahatnolo. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Tanzil, Fernando. 2007. *Evaluasi Pengaruh Peralatan Utama Sistem Distribusi Tenaga Listrik Terhadap Keandalan Sistem dengan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Studi Kasus: Sistem Distribusi Jawa Timur Penyulang GI Waru*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Wicaksono, H.P., Hernanda, S., Penangsang, O. 2012. *"Analisis Keandalan Sistem Distribusi Menggunakan Program Analisis Kelistrikan Transien dan Metode Section Technique"*.Jurnal Teknik ITS. Vol. 1, No. 1. ISSN: 2301-9271.
- Xie, K., Zhou, J., &Billinton, R. 2008. *Fast Algorithm For The Reliability Evaluation Of Large Scale Electrical Distribution Networks Using The Section Technique*. IET Gener. Transm. Distrib., Vol. 2, No.5,pp.701-707
- Lestari, T., Notosudjono, D., Suhendi, D. 2013. *"Evaluasi Pembebanan Transformator III 60 MVA 150/20 KV Gardu Induk Bogor Baru"*. Bogor: Universitas Pakuan.
- Thayib, R. (2011). *Perhitungan Indeks Keandalan Sistem Tenaga Listrik Interkoneksi Sumatera Bagian Selatan*. Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3. ISBN : 979-587-395-4. Hal. 463-470.
- Wibowo, R., Siswanto W., Samosir, P., Nugroho H., dan Azis A. B.. *Kriteria Disain Enjinerig Kontruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero).
- Syahputra, R.. 2010. *Buku Ajar Proteksi*. Yogyakarta: Teknik Elektro UMY.
- Syahputra, R.. 2012. *Distributed Generation: State of the Arts dalam Penyediaan Energi Listrik*. Yogyakarta: LP3M UMY.