

# Analisa Keandalan Sistem Distribusi 20 kV PT.PLN Rayon Lumajang dengan Metode FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*)

Achmad Fatoni, Rony Seto Wibowo, Adi Soeprijanto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: ronyseto@ee.its.ac.id, adisup@ee.its.ac.id

**Abstrak**—Saat ini tingkat keandalan dari suatu sistem distribusi adalah sangat penting guna menjamin kontinuitas *supply* tenaga listrik kepada konsumen. Karena itu, disadari pentingnya otomatisasi sistem distribusi yang salah satunya dapat dicapai dengan menggunakan *sectionalizer*. Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan menghitung indeks keandalan dari sistem distribusi 20 kV Rayon Lumajang. Metode yang digunakan adalah FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), di mana indeks kegagalan dari setiap peralatan utama sistem distribusi diperhitungkan dalam mencari indeks keandalan sistem secara menyeluruh. Sejumlah studi kasus dilakukan guna melihat pengaruh dari jumlah serta lokasi penempatan *sectionalizer* dan juga *fuse* di sepanjang jaringan terhadap indeks keandalan sistem. Pada akhirnya, solusi optimal akan memberikan nilai indeks keandalan sistem distribusi yang terbaik. Berdasarkan hasil analisa, dengan penambahan *fuse* pada penyulang sukodono dapat menaikkan Indeks Keandalan SAIFI yang semula bernilai 6.6088 menjadi bernilai 5.4176, lalu dengan adanya penambahan *sectionalizer* pada penyulang sukodono maka dapat menaikkan indeks keandalan SAIDI yang awalnya bernilai 7.6737 menjadi bernilai 6.4431.

**Kata Kunci**—Sistem Distribusi, SAIDI, SAIFI, Otomatisasi, FMEA.

## I. PENDAHULUAN

Kebijakan Energi Nasional bertujuan untuk menyediakan energi listrik serta menjaga kontinuitas penyalurannya. Permasalahan yang paling mendasar pada distribusi daya listrik adalah pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan. Penggunaan evaluasi keandalan sistem pada jaringan distribusi 20 kV merupakan salah satu faktor yang penting untuk meningkatkan dan menjamin penanganan secara benar terhadap permasalahan yang real terjadi dilapangan, sehingga dapat diantisipasi terjadinya gangguan serta mengurangi kerugian akibat energi yang tidak tersuplai pada sistem distribusi.

Untuk mengetahui keandalan suatu penyulang maka ditetapkan 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), ASAI (Average Service Availability Index). Sebagai acuan penentuan indeks yaitu berdasarkan Standar PLN yang nantinya digunakan sebagai tolok ukur tingkat keandalan system distribusi.

Salah satu cara mengetahui indeks keandalan yaitu dengan metode FMEA. Failure modes sendiri mengarah pada suatu langkah ataupun mode yang mengalami kegagalan, sedangkan effect analysis mengarah pada suatu studi yang membahas tentang konsekuensi dari kegagalan tersebut.

## II. KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 KV

### A. Definisi dan Teori Dasar Keandalan

Keandalan (*reliability*) didefinisikan sebagai probabilitas dari peralatan atau sistem untuk dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu. Dengan demikian, keandalan sistem distribusi berarti probabilitas sistem distribusi untuk dapat menjalankan fungsinya dengan semestinya, dalam kurun waktu tertentu, serta pada kondisi kerja tertentu.

### B. Keandalan dalam Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Tingkat keandalan dari sistem distribusi diukur dari sejauh mana penyaluran tenaga listrik dapat berlangsung secara kontinu kepada para pelanggan tanpa perlu terjadi pemadaman. Seiring dengan kemajuan zaman, terjadi pertumbuhan beban ditandai munculnya kawasan industri, bisnis, serta pemukiman yang baru, dan hal ini tentunya menuntut tingkat keandalan yang semakin tinggi.

### C. Istilah dalam Keandalan Distribusi

Ada beberapa istilah yang penting berkaitan dengan keandalan sistem distribusi :

- ❖ *Outage*. Keadaan di mana suatu komponen tidak dapat melakukan fungsinya disebabkan hal-hal yang secara langsung berhubungan dengan komponen tersebut. *Outage* dapat atau tidak dapat mengakibatkan pemadaman bergantung pada konfigurasi sistem.
- ❖ *Forced outage*. *Outage* yang disebabkan oleh keadaan darurat yang secara langsung berhubungan dengan suatu komponen, di mana perlu agar komponen tersebut dilepaskan dari sistem dengan segera, atau *outage* yang disebabkan oleh kesalahan dalam pengoperasian peralatan ataupun karena kesalahan manusia
- ❖ *Scheduled outage*. *Outage* yang dihasilkan ketika suatu komponen dengan sengaja dilepaskan dari sistem pada waktu-waktu yang telah ditentukan, biasanya untuk tujuan perbaikan atau pemeliharaan berkala.

- ❖ *Interruption*. Pemutusan kerja (pemadaman) pada satu atau lebih konsumen atau fasilitas sebagai akibat dari *outage* yang terjadi pada satu atau lebih komponen.
- ❖ *Forced interruption*. Pemadaman yang disebabkan oleh *forced outage*.
- ❖ *Scheduled interruption*. Pemadaman yang disebabkan oleh *scheduled outage*.
- ❖ *Failure rate* ( $\lambda$ ). Jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi pada sebuah komponen dalam kurun waktu tertentu. Umumnya waktu dinyatakan dalam *year* dan *failure rate* dinyatakan dalam *failure/year*
- ❖ *Outage time* ( $r$ ). Waktu yang digunakan untuk memperbaiki atau mengganti bagian dari peralatan akibat terjadi kegagalan atau periode dari saat permulaan peralatan mengalami kegagalan sampai saat peralatan dioperasikan kembali sebagaimana mestinya (*outage time* umum dinyatakan dalam *hours/failure*).
- ❖ *Annual outage time* ( $U$ ). Lama terputusnya pasokan listrik rata-rata dalam kurun waktu tertentu (umumnya *annual outage time* dinyatakan dalam *hours/year*)

D. Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*) merupakan suatu bentuk pendekatan yang melibatkan analisa *bottom-up*, bertujuan mengidentifikasi mode-mode kegagalan penyebab kegagalan, serta dampak kegagalan yang ditimbulkan oleh tiap-tiap komponen terhadap sistem. Dengan kata lain, FMEA mempertimbangkan kegagalan sistem sebagai hasil dari kegagalan komponen-komponen penyusun sistem tersebut.

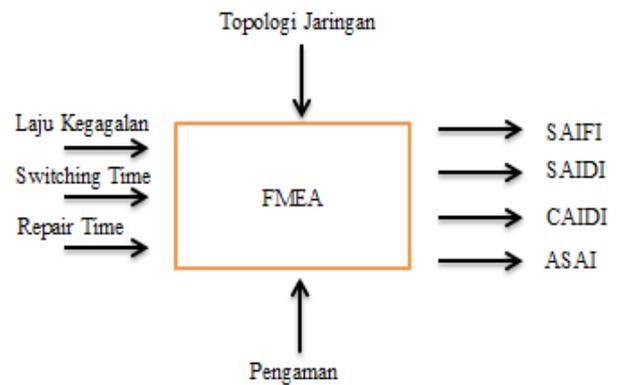
E. Konsep Pendekatan Teknik

Metode FMEA untuk mengevaluasi keandalan sistem distribusi didasarkan pada bagaimana kegagalan dari suatu peralatan sistem distribusi akan mempengaruhi keandalan sistem secara menyeluruh, sehingga untuk menentukan keandalan sistem dibutuhkan syarat-syarat sebagai berikut:

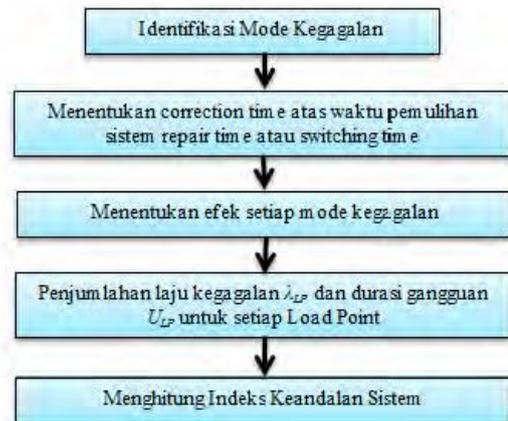
- a. Hanya diperlukan satu deskripsi topologi jaringan. Sistem dapat didefinisikan dalam cabang-cabangnya, komponen-komponennya, titik *supply*, dan titik beban/*load point*.
- b. Untuk setiap komponen/peralatan diperinci data keandalan seperti indeks kegagalan (*failure rate*), waktu perbaikan (*repair time*), dan waktu *switching* (*switching time*).
- c. *Sectionalizer* diperlakukan sebagai peralatan sistem dan alokasinya disesuaikan dengan topologi jaringan.
- d. Penjumlahan dari pengaruh kegagalan setiap *load point*, baik itu *failure rate*, *repair time*, hal ini merupakan dasar rumusan dan perhitungan SAIFI, SAIDI, CAIDI.

F. Prosedur Metode FMEA

Flowchart pengerjaan FMEA terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Skema FMEA



Gambar 2. Flowchart FMEA

III. KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV PT. PLN RAYON LUMAJANG

A. Area Pelayanan PT. PLN wilayah Lumajang

PT. PLN (persero) Rayon Lumajang mempunyai 12 penyulang yang disalurkan melalui 2 buah trafo penurun tegangan 150/20 kV dari Gardu Induk Lumajang yang masing-masing trafo 1 terdapat 7 buah penyulang yaitu penyulang jatiroto, penyulang pasirian, penyulang senduro, penyulang mustikatama, penyulang swandak, penyulang bumirejo, dan penyulang randuagung. Pada Trafo 2 terhubung dengan 5 penyulang yaitu penyulang klakah, penyulang sukodono, penyulang sudirman, penyulang keting, dan penyulang pronojiwo.

B. Data Panjang saluran dan Pelanggan

Berikut merupakan data panjang saluran dan jumlah pelanggan tiap penyulang pada trafo 2 :

TABEL 1. DATA PANJANG SALURAN DAN JUMLAH PELANGGAN

No.	Penyulang	Panjang SUTM (kms)	Jumlah Pelanggan
1	Sukodono	68.47	15662
2	Sudirman	15.90	11506
3	Pronojiwo	153.21	31514
4	Klakah	160.33	22181
5	Keting	80.38	25725

Dilihat dari kondisi kelistrikan kabupaten Lumajang bahwa konsumen utama kelistrikan adalah rumah tangga yang menempati sekitar 90% dan terus meningkat. Oleh karena itu keandalan dari sistim distribusi juga harus semakin ditingkatkan untuk menjaga kontinuitas dan kepuasan pelanggan

### C. Standart Keandalan Sistem 20 kV

Untuk mengukur suatu keandalan suatu system maka diperlukan patokan/standar yang berguna untuk menilai keadaan system dalam kondisi baik ataupun kurang baik. Maka berdasarkan standart PLN menurut majalah FOKUS penerbit PT.PLN februari 2011 menetapkan bahwa system dalam kondisi baik jika telah memenuhi standart seperti dibawah :

- SAIFI : 1,2 kali/pelanggan/tahun
- SAIDI : 0,83 jam/pelanggan/tahun

Sedangkan menurut standart IEEE P1366-2003, nilai indeks keandalan telah memenuhi standart jika memenuhi

- SAIFI : 1,26 kali/pelanggan/tahun
- SAIDI : 1,9 jam/pelanggan/tahun

Dan pada Parameter pengukuran Laju kegagalan dan juga Switching Time berdasarkan SPLN pada tahun 1985 tentang Keandalan system Distribusi 20 kV dan 6 kV yaitu :

**TABEL 2. STANDART NILAI LAJU KEGAGALAN DAN REPAIR TIME**

No.	Komponen	Laju Kegagalan	Repair Time (jam)
1	Saluran Udara	0,2/km/tahun	4
2	Pemutus Tenaga	0,004/unit/tahun	10
3	Sakelar Pemisah	0,003/unit/tahun	10
4	Sakelar Beban	0,003/unit/tahun	10
5	Trafo Distribusi	0,005/unit/tahun	10

Operasi kerja waktu membuka menutup sakelar beban atau pemisah adalah 0.15 jam.

### D. Menghitung Indeks Keandalan

Sedangkan indeks-indeks keandalan yang digunakan untuk menghitung performa keandalan sistem secara keseluruhan yaitu :

- SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) menginformasikan tentang frekuensi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi, cara menghitungnya yaitu total frekuensi pemadaman dari konsumen dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani. Secara matematis dituliskan sebagai:

$$SAIFI = \frac{\sum(\lambda_i \times N_i)}{\sum N} \text{ (failure/year * customer)}$$

di mana:

$\lambda$  = indeks kegagalan rata-rata per tahu (*failure/year*)

N = jumlah konsumen padam

- SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*) menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata untuk tiap konsumen dalam kurun waktu setahun pada suatu area yang dievaluasi, cara menghitungnya yaitu total durasi pemadaman dari konsumen dalam setahun dibagi dengan jumlah total konsumen yang dilayani. Secara matematis dituliskan sebagai:

$$SAIDI = \frac{\sum(U_i \times N_i)}{\sum N} \text{ (hours/year * customer)}$$

di mana:

U = Durasi kegagalan rata-rata per tahun (*hour/year*)

N = jumlah konsumen padam

- CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*) menginformasikan tentang durasi pemadaman rata-rata konsumen untuk setiap gangguan yang

terjadi, cara menghitungnya yaitu SAIDI dibagi dengan SAIFI.

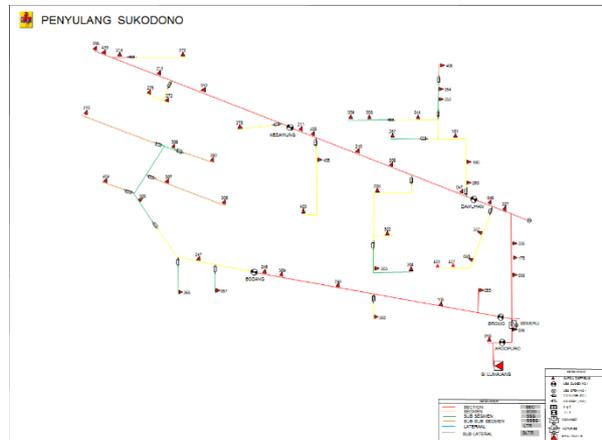
Secara matematis dituliskan sebagai :

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \text{ (hours/costumer * failure)}$$

## IV. EVALUASI KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 Kv PT. PLN RAYON LUMAJANG DENGAN FMEA

### A. Model Sistem

Model sistem penyulang Sukodono dari Trafo 2 seperti dibawah :



**Gambar 3. SLD Penyulang Sukodono**

### B. Data Saluran dan Jumlah Pelanggan

Data saluran dan Pelanggan sebagai berikut :

**TABEL 3. DATA SALURAN DAN PELANGGAN PENYULANG SUKODONO.**

Load point	Trafo	Daya (KVA)	Jumlah Pelanggan
1	GB018	200	778
2	GB036	200	466
3	GB039	100	72
4	GB175	250	914
5	GB335	100	304
6	GB227	50	499
7	GB357	50	166
8	GB048	160	533
9	GB437	100	530
10	GB452	200	209
11	GB046	160	612
12	GB250	160	465
13	GB180	50	146
14	GB181	160	530
15	GB257	160	465
16	GB353	50	103
17	GB354	25	43
18	GB406	50	65
19	GB244	50	178
20	GB358	50	132
21	GB359	50	74
22	GB047	160	499
23	GB208	50	169
24	GB302	100	293
25	GB303	100	176
26	GB304	100	217
27	GB209	100	204

28	GB210	50	130	LP20	7.401	10.595	132	0.062	0.089	1.432	0.999	0.001
29	GB405	100	241	LP21	7.401	10.595	74	0.035	0.050	1.432	0.999	0.001
30	GB403	100	211	LP22	6.279	7.019	499	0.200	0.224	1.118	0.999	0.001
31	GB428	100	105	LP23	7.345	10.287	169	0.079	0.111	1.401	0.999	0.001
32	GB211	160	499	LP24	7.345	10.287	293	0.137	0.192	1.401	0.999	0.001
33	GB378	100	168	LP25	7.841	11.845	176	0.088	0.133	1.511	0.999	0.001
34	GB212	50	210	LP26	7.841	11.845	217	0.109	0.164	1.511	0.999	0.001
35	GB272	25	99	LP27	6.279	7.019	204	0.082	0.091	1.118	0.999	0.001
36	GB275	50	138	LP28	6.279	7.019	130	0.052	0.058	1.118	0.999	0.001
37	GB213	100	164	LP29	6.907	9.002	241	0.106	0.139	1.303	0.999	0.001
38	GB214	100	544	LP30	6.907	9.002	211	0.093	0.121	1.303	0.999	0.001
39	GB379	50	105	LP31	6.279	7.019	105	0.042	0.047	1.118	0.999	0.001
40	GB439	100	410	LP32	6.279	7.019	499	0.200	0.224	1.118	0.999	0.001
41	GB286	1000	1	LP33	6.732	15.417	168	0.072	0.165	2.290	0.998	0.002
42	GB055	160	526	LP34	6.279	14.023	210	0.084	0.188	2.233	0.998	0.002
43	GB105	160	549	LP35	7.083	16.505	99	0.045	0.104	2.330	0.998	0.002
44	GB382	100	197	LP36	7.083	16.505	138	0.062	0.145	2.330	0.998	0.002
45	GB245	160	428	LP37	6.279	14.023	164	0.066	0.147	2.233	0.998	0.002
46	GB389	100	117	LP38	6.279	14.023	544	0.218	0.487	2.233	0.998	0.002
47	GB246	160	292	LP39	6.59	14.991	105	0.044	0.101	2.275	0.998	0.002
48	GB367	50	88	LP40	6.279	14.023	410	0.164	0.367	2.233	0.998	0.002
49	GB247	100	258	LP41	6.279	14.023	1	0.000	0.001	2.233	0.998	0.002
50	GB368	50	158	LP42	6.279	7.548	526	0.211	0.253	1.202	0.999	0.001
51	GB306	50	250	LP43	6.279	7.548	549	0.220	0.265	1.202	0.999	0.001
52	GB424	160	138	LP44	6.588	8.510	197	0.083	0.107	1.292	0.999	0.001
53	GB307	50	149	LP45	6.279	7.548	428	0.172	0.206	1.202	0.999	0.001
54	GB308	25	120	LP46	6.279	7.548	117	0.047	0.056	1.202	0.999	0.001
55	GB310	100	233	LP47	6.279	7.548	292	0.117	0.141	1.202	0.999	0.001
56	GB309	100	185	LP48	6.546	9.767	88	0.037	0.055	1.492	0.999	0.001
57	GB380	100	107	LP49	6.279	8.931	258	0.103	0.147	1.422	0.999	0.001
				LP50	6.54	9.749	158	0.066	0.098	1.491	0.999	0.001
				LP51	7.427	12.445	250	0.119	0.199	1.676	0.999	0.001
				LP52	7.536	12.807	138	0.066	0.113	1.699	0.999	0.001
				LP53	7.721	13.397	149	0.073	0.127	1.735	0.998	0.002
				LP54	7.721	13.397	120	0.059	0.103	1.735	0.998	0.002
				LP55	7.678	13.233	233	0.114	0.197	1.724	0.998	0.002
				LP56	7.427	12.445	185	0.088	0.147	1.676	0.999	0.001
				LP57	7.574	12.921	107	0.052	0.088	1.706	0.999	0.001

Dengan mengacu pada data Laju Kegagalan, Repair Time, dan Switching Time sesuai standart SPLN 1985.

C. Hasil perhitungan Manual Excel Menggunakan FMEA

Berikut merupakan hasil perhitungan manual Excel :

**TABEL 4. HASIL PERHITUNGAN MANUAL EXCEL FMEA**

	$\lambda$	U	N	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ASAI	ASUI
LP1	6.279	1.117	778	0.312	0.055	0.178	1.000	0.000
LP2	6.279	1.635	466	0.187	0.049	0.260	1.000	0.000
LP3	6.279	2.796	72	0.029	0.013	0.445	1.000	0.000
LP4	6.279	2.796	914	0.366	0.163	0.445	1.000	0.000
LP5	6.279	2.796	304	0.122	0.054	0.445	1.000	0.000
LP6	6.279	2.796	499	0.200	0.089	0.445	1.000	0.000
LP7	6.411	3.332	166	0.068	0.035	0.520	1.000	0.000
LP8	6.411	3.332	533	0.218	0.113	0.520	1.000	0.000
LP9	6.411	3.332	530	0.217	0.113	0.520	1.000	0.000
LP10	6.411	3.332	209	0.086	0.044	0.520	1.000	0.000
LP11	6.279	2.796	612	0.245	0.109	0.445	1.000	0.000
LP12	6.931	9.115	465	0.206	0.271	1.315	0.999	0.001
LP13	6.931	9.115	146	0.065	0.085	1.315	0.999	0.001
LP14	6.931	9.115	530	0.235	0.308	1.315	0.999	0.001
LP15	7.042	9.483	465	0.209	0.282	1.347	0.999	0.001
LP16	7.177	9.923	103	0.047	0.065	1.383	0.999	0.001
LP17	7.177	9.923	43	0.020	0.027	1.383	0.999	0.001
LP18	7.182	9.973	65	0.030	0.041	1.389	0.999	0.001
LP19	6.931	9.115	178	0.079	0.104	1.315	0.999	0.001

total	15662
SAIFI	6.609
SAIDI	7.767
ASAI	0.999
ASUI	0.001
CAIDI	1.161

Dari hasil perhitungan FMEA dengan excel didapatkan bahwa Penyulang Sukodono mempunyai indeks SAIFI sebesar 6.609, SAIDI sebesar 7.767, dan CAIDI sebesar 1.161

D. Hasil Evaluasi Perhitungan Excel vs Simulasi Etap

Berikut merupakan hasilnya:

**TABEL 5. EXCEL VS ETAP P. SUKODONO**

	EXCEL	ETAP
SAIFI	6.6088	6.5654
SAIDI	7.7674	7.5806
CAIDI	1.1611	1.1550
ASAI	0.99895	0.9991

ASUI 0.00105 0.00087

Dengan mengasumsikan bahwa simulasi Etap sebagai acuan maka dari tabel diatas menunjukkan bahwa adanya selisih indeks keandalan antara perhitungan menggunakan Software Etap dan manual Excel. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan metode yang digunakan sehingga menimbulkan selisih namun tidak signifikan.

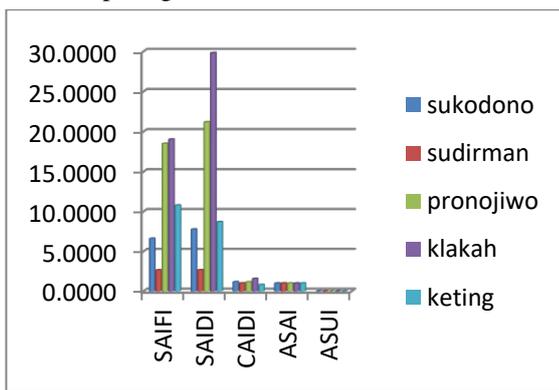
E. Hasil Evaluasi Perhitungan Excel semua Penyulang.

Berikut merupakan Hasil Excel FMEA :

TABEL 6. HASIL PERHITUNGAN EXCEL SEMUA PENYULANG

	Sukodono	Sudirman	Pronojiwo	Klakah	Keting
SAIFI	6.6088	2.64570	18.5027	19.0324	10.7917
SAIDI	7.7674	2.64915	21.1985	29.8218	8.6927
CAIDI	1.1611	1.00131	1.1457	1.5669	0.8055
ASAI	0.99895	0.99967	0.99743	0.99647	0.99888
ASUI	0.00105	0.00033	0.00257	0.00353	0.00112

Jika dilihat pada grafik maka:



Gambar 4. Grafik Semua Penyulang

Dari Data Grafik Diatas disesuaikan dengan panjang masing-masing penyulang maka didapat semakin panjang saluran maka frekuensi kegagalan dari penyulang akan semakin tinggi, dibuktikan dengan nilai SAIFI yang tertinggi yaitu penyulang klakah, begitu juga dengan durasi akan semakin panjang diibuktikan dengan nilai SAIDI. Untuk Durasi juga melibatkan banyaknya sectionalizer, jika sectionalizer jumlahnya banyak dan penempatannya optimal maka durasi akan bisa diredam.

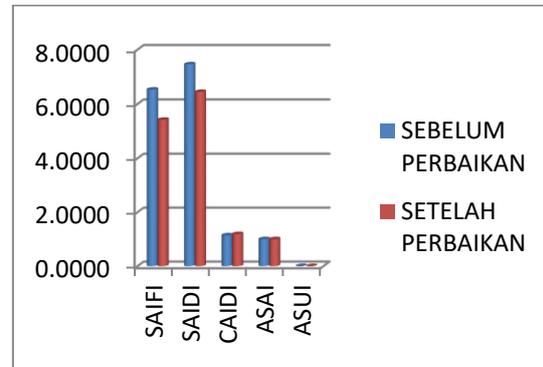
F. Upaya Perbaikan Keandalan Penyulang Sukodono

Pada umumnya ada dua cara untuk memperbaiki keandalan suatu system tenaga listrik, cara pertama adalah mengurangi frekuensi terjadinya gangguan, dan kedua adalah mengurangi durasi gangguan. Berikut merupakan hasil upaya perbaikan keandalan penyulang sukodono :

TABEL 7. PERBAIKAN KEANDALAN PENYULANG SUKODONO

	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Turun
SAIFI	6.6088	5.4176	18.02%
SAIDI	7.6737	6.4431	16.04%
CAIDI	1.1610	1.1892	2.43%
ASAI	0.99895	0.99912	0.02%
ASUI	0.00104	0.00088	15.38%

Jika dilihat pada grafik maka :



Gambar 5. Grafik Perbaikan Penyulang Sukodono

Dari upaya didapat hasil SAIFI yang awalnya bernilai 6.6088 turun menjadi bernilai 5.4176 hal ini dikarenakan oleh penambahan fuse yang secara langsung dapat mengurangi lamda per-Load Point, dan SAIDI yang awalnya bernilai 7.6737 turun menjadi bernilai 6.4431 hal ini dikarenakan penambahan sectionalizer sehingga mengurangi durasi akibat perubahan repair time menjadi waktu switching time pada Load Point yang terlokalisir

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari simulasi dan analisis pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada Hasil Evaluasi Keandalan sistem distribusi 20 kV di Rayon Lumajang menggunakan FMEA maka didapat hasil :

- Penyulang sukodono  
SAIFI = 6.6088 SAIDI = 7.7674
- Penyulang klakah  
SAIFI = 19.0324 SAIDI = 29.8218
- Penyulang pronojiwo  
SAIFI = 18.5027 SAIDI = 21.1985
- Penyulang keting  
SAIFI = 10.7917 SAIDI = 8.6927
- Penyulang sudirman  
SAIFI = 2.64570 SAIDI = 2.64915

2. Pada Upaya perbaikan pada penyulang sukodono didapat hasil :

- Pada penyulang sukodono indeks keandalan SAIFI sebelum adanya upaya perbaikan adalah sebesar 6.6088 dan setelah adanya upaya perbaikan dengan adanya penambahan komponen fuse maka indeks keandalan SAIFI menjadi 5.4176
- Pada penyulang sukodono indeks keandalan SAIDI sebelum adanya upaya perbaikan adalah sebesar 7.6737 dan setelah adanya upaya perbaikan dengan adanya penambahan komponen sectionalizer maka indeks keandalan SAIDI menjadi 6.4431

3. Karena Frekuensi kegagalan pada Saluran yang sangat tinggi dibandingkan dengan komponen penyumbang kegagalan lain seperti trafo, switch dan CB, maka semakin panjang saluran mengakibatkan frekuensi kegagalan dalam system akan semakin tinggi dibuktikan dengan semakin besarnya nilai Indeks SAIFI, begitu pula dengan SAIDI yang ikut naik diakibatkan oleh durasi yang mengikuti besaran frekuensi kegagalan. Dan untuk mengkompensasi besarnya nilai SAIFI dan SAIDI yang mengartikan bahwa system tidak handal maka dibutuhkan komponen sectionalizer dan fuse yang cukup agar

system bekerja optimal

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roy Billinton and Ronald N allan.1996. Reliability evaluation of power systems. New York: Plenum Press
- [2] Suhardi, Bambang. 2008. Teknik Distribusi Tenaga Listrik. Jakarta: Direktorat Pembinaan sekolah menengah kejuruan, Direktorat Jendral manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- [3] Engelberth, tigor. 2012. Analisis keandalan system distribusi 20KV di PT.PLN (Persero) area jaringan bali selatan dengan menggunakan metode FMEA. Surabaya: ITS
- [4] Nugroho, andhito sukmojo.2012. Studi keandalan sistem distribusi 20 kV di Bengkulu dengan metode FMEA. Surabaya: ITS
- [5] Liliana. 2012. Analisa rpn terhadap keandalan peralatan pengaman jaringan distribusi dengan metode fmea pln cabang pekanbaru rayon panam.riau: UIN suskam riau
- [6] Tim PLN. 1985. *Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi
- [7] Tim PLN. 1985. *Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi