

# ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI PADA PENYULANG JAMBI DI PLN UP3 BELITUNG

Fery Zen<sup>1,a</sup>, Asmar<sup>1</sup>, Muhammad Jumnahdi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung  
Balunijuk, Kec. Merawang, Kab. Bangka 33172

<sup>a</sup>email korespondensi : feryzen1@gmail.com

## ABSTRAK

Penyediaan tenaga listrik dengan tingkat keandalan yang tinggi dalam penyaluran tenaga listrik selalu diupayakan PLN. Ini sejalan dengan visi diakui sebagai perusahaan kelas dunia yang dinilai dari tingkat keandalan yang tinggi atau SAIFI / SAIDI. Penyulang Jambi merupakan penyulang terpanjang di PLN UP3 Belitung, memiliki panjang penyulang 188,15 kms, 7130 pelanggan dan 121 gardu distribusi. Berdasarkan perhitungan dan simulasi penyulang Jambi dalam kondisi *existing* diperoleh SAIFI : 21,1873 kali/tahun, SAIDI : 67,0849 jam/tahun. Nilai keandalan kondisi *existing* penyulang Jambi melebihi standar SPLN No 59 tahun 1985 yang telah ditetapkan yaitu SAIFI: 3,21 kali/tahun dan SAIDI: 21,094 jam/tahun. Usaha peningkatan keandalan dilakukan dengan penambahan *express feeder* dengan melakukan 4 skenario titik masuk *express feeder* ke penyulang Jambi. Setelah dilakukan simulasi, skenario 2 merupakan skenario terbaik dalam usaha peningkatan keandalan penyulang Jambi yaitu SAIFI : 7,1427 kali/tahun dan SAIDI : 22,6123 jam/tahun walaupun belum memenuhi standar SPLN No 59 tahun 1985

**Kata kunci:** SAIFI, SAIDI, Reliability, Scenario, Express feeder

## PENDAHULUAN

Penyediaan tenaga listrik kepada konsumen membutuhkan keandalan yang tinggi dalam penyaluran tenaga listrik ke konsumen. Sehingga PT PLN (Persero) berupaya untuk selalu menggunakan sistem pengoperasian yang mempunyai tingkat keandalan yang tinggi. Ini sejalan dengan Visi dan Misi PT. PLN (Persero) yaitu mempunyai visi diakui sebagai *World Class Company* yang dinilai dari SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*) dan SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*).

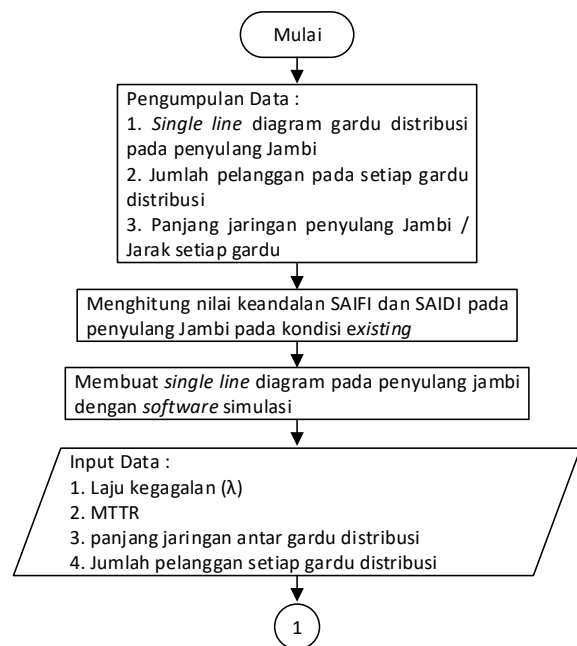
Penyulang Jambi merupakan penyulang yang terdapat pada GI Dukong. Penyulang Jambi termasuk penyulang yang panjang dengan panjang penyulang 188,15 kms dengan jangkauan wilayah yang disuplai nya dari daerah Tanjung Pandan, Ds Bantan, Ds Aik Malik hingga ke Kecamatan Membalong. Konfigurasi penyulang Jambi *existing* adalah *radial*, memiliki 121 titik beban (*load point*) berupa gardu distribusi dengan total pelanggan sebanyak 7.130 pelanggan serta terbagi menjadi 13 *section*.

Sehingga perlu dihitung nilai keandalan SAIFI dan SAIDI penyulang Jambi dalam kondisi *existing* untuk mengetahui apakah sudah sesuai dengan SPLN No 59 tahun 1985, serta dilakukan beberapa simulasi peningkatan keandalan dengan melakukan beberapa skenario penambahan *express feeder* ke penyulang Jambi agar konfigurasi nya berubah dari rangkaian seri / *radial* menjadi paralel / *loop*. Sehingga dapat diketahui skenario terbaik penambahan *express feeder* yang bagus untuk diterapkan ke penyulang Jambi untuk peningkatan keandalan serta usaha peningkatan keandalan tersebut apakah dapat memenuhi standar keandalan sesuai SPLN No 59 tahun 1985 .

Lokasi penelitian dilakukan di jaringan distribusi 20 kV pada penyulang Jambi yang terdapat pada GI Dukong di PT. PLN (Persero) UP3 Belitung.

Setelah itu dilakukan pengumpulan data data penelitian yaitu *single line* diagram jaringan distribusi 20 kV penyulang Jambi yang dipecah menjadi 13 *section*, data jumlah pelanggan disetiap gardu, data panjang jaringan penyulang Jambi. Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu laptop dan *software* simulasi

Flowchart penelitian disajikan pada gambar 1.



## METODE PENELITIAN



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Pada kondisi *eksisting*, perhitungan nilai keandalan dilakukan dengan melalui tahapan - tahapan yaitu :

1. Menghitung jumlah pelanggan pada setiap *load point*.
2. Menentukan mode kegagalan setiap *section*.
3. Menghitung laju kegagalan ( $\lambda$ ) peralatan dan waktu perbaikan (U) peralatan setiap *section*.
4. Menghitung SAIFI dan SAIDI per *load point*.
5. Menghitung total SAIFI dan SAIDI.

Untuk perhitungan simulasi pada kondisi *existing*, perhitungan nilai keandalan dilakukan dengan melalui tahapan - tahapan yaitu :

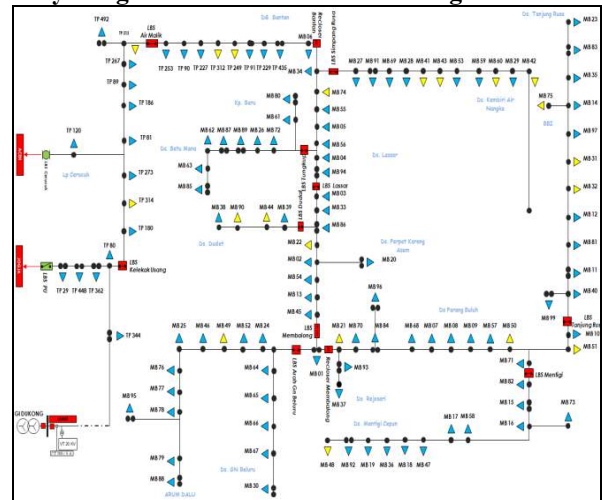
1. *Single line* digambar dalam *software* simulasi.
2. Menginput parameter yang dibutuhkan ke dalam *software* simulasi seperti laju kegagalan ( $\lambda$ ) peralatan dan MTTR berdasarkan SPLN No 59 tahun 1985, panjang jaringan antar gardu distribusi.
3. Mengeksekusi *software* simulasi dengan memilih *running reliability assessment* untuk mendapatkan hasil perhitungan simulasi nilai keandalan *eksisting*. Lalu dibandingkan dengan SPLN No 59 tahun 1985.

Untuk simulasi peningkatan keandalan dengan menggunakan *software* simulasi dilakukan dengan melalui tahapan - tahapan yaitu :

1. Menambah jaringan baru (*express feeder*) sesuai skenario yang telah ditentukan dengan menggambarinya pada *software* simulasi
2. Mengeksekusi *software* dengan memilih *running reliability assessment* untuk mendapatkan hasil perhitungan simulasi nilai keandalan setiap skenario. Lalu dibandingkan dengan SPLN No 59 tahun 1985.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Penyulang Jambi Gardu Induk Dukong



Gambar 2. Single line diagram jaringan distribusi 20 kV penyulang Jambi

Penyulang Jambi, terdiri dari 121 titik beban berupa gardu distribusi, 1 unit CB, 10 unit LBS *motorised* dan 2 unit *recloser*

Tabel 1. Jumlah pelanggan persection pada penyulang Jambi

Load Point	Jumlah Pelanggan	Load Point	Jumlah Pelanggan	Load Point	Jumlah Pelanggan	Load Point	Jumlah Pelanggan
L TP344	36	L TP448	31	L MB39	46	L MB90	1
L TP80	92	L TP29	128	L MB44	1	L MB38	112
L TP362	307						
Total Pelanggan Section 1			594	Total Pelanggan Section 8			160
L TP180	72	L TP186	107	Total Pelanggan Section 9			230
L TP314	1	L TP89	102	L MB64	87	L MB46	92
L TP273	41	L TP267	158	L MB65	31	L MB25	77
L TP120	51	L TP313	1	L MB66	51	L MB76	102
L TP81	72	L TP492	1	L MB67	51	L MB77	26
Total Pelanggan Section 2			606	L MB30	1	L MB78	1
L TP253	61	L TP91	92	L MB24	77	L MB79	77
L TP90	179	L TP229	66	L MB52	1	L MB88	1
L TP227	56	L TP435	46	L MB49	1	L MB95	1
L TP312	1	L MB06	153	Total Pelanggan Section 10			677
L TP249	1			L MB21	1	L MB08	46
Total Pelanggan Section 3			655	L MB93	1	L MB09	31
L MB34	31	L MB56	87	L MB37	56	L MB57	72
L MB74	1	L MB04	46	L MB70	46	L MB50	1
L MB55	97	L MB94	36	L MB84	36	L MB71	82
L MB05	36			L MB96	36	L MB51	1
Total Pelanggan Section 4			334	L MB68	133	L MB10	128
L MB27	61	L MB53	31	L MB07	77		
L MB91	36	L MB59	128	Total Pelanggan Section 11			747
L MB69	102	L MB60	1	L MB82	61	L MB47	26
L MB28	97	L MB29	169	L MB15	36	L MB18	41
L MB41	1	L MB42	1	L MB16	46	L MB36	130
L MB43	1			L MB73	36	L MB19	61
Total Pelanggan Section 5			628	L MB58	56	L MB92	97
L MB72	41	L MB63	61	L MB17	60	L MB48	1
L MB26	46	L MB85	66	Total Pelanggan Section 12			651
L MB89	61	L MB61	51	L MB40	46	L MB97	41
L MB87	41	L MB80	87	L MB99	1	L MB14	92
L MB62	36			L MB11	31	L MB75	1
Total Pelanggan Section 6			490	L MB81	77	L MB35	102
L MB03	77	L MB20	79	L MB12	92	L MB83	128
L MB33	31	L MB54	66	L MB32	1	L MB23	31
L MB86	41	L MB13	61	L MB31	1		
L MB22	1	L MB45	179	Total Pelanggan Section 13			644
L MB02	179						
Total Pelanggan Section 7			714				

Penyulang Jambi terbagi menjadi 13 *section* dengan total pelanggan sebanyak 7.130 pelanggan.

### Penentuan Mode Kegagalan Penyulang Jambi

Mode kegagalan menjelaskan bagaimana pengaruh apabila terjadi kegagalan pada suatu seksi terhadap seksi lain pada penyulang Jambi. Penentuan mode kegagalan berdasarkan *single line* diagram gardu distribusi penyulang Jambi.

**Tabel 2.** Mode kegagalan setiap setiap *section*

Mode kegagalan	Kegagalan <i>section</i> yang mempengaruhi	Mode kegagalan	Kegagalan <i>section</i> yang mempengaruhi
<i>Section 1</i>	S.1	<i>Section 8</i>	S.1 S.2 S.3 S.4
<i>Section 2</i>	S.1 S.2		S.7 S.8
<i>Section 3</i>	S.1 S.2 S.3	<i>Section 9</i>	S.1 S.2 S.3 S.4
<i>Section 4</i>	S.1 S.2 S.3 S.4		S.7 S.9
<i>Section 5</i>	S.1 S.2 S.3 S.4 S.5	<i>Section 10</i>	S.1 S.2 S.3 S.4
<i>Section 6</i>	S.1 S.2 S.3 S.4 S.6	<i>Section 11</i>	S.1 S.2 S.3 S.4 S.7 S.9 S.11
<i>Section 7</i>	S.1 S.2 S.3 S.4 S.7	<i>Section 12</i>	S.1 S.2 S.3 S.4 S.7 S.9 S.11 S.12
		<i>Section 13</i>	S.1 S.2 S.3 S.4 S.7 S.9 S.11 S.13

### Perhitungan Nilai Keandalan Penyulang Jambi Kondisi Existing.

Tabel 3 merupakan rekap perhitungan dari nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan waktu perbaikan (U) peralatan peralatan yang terpasang berdasarkan SPLN No 59 Tahun 1985.

**Tabel 3.** Rekap laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan waktu perbaikan (U) peralatan

Sect.	$\lambda$ (f/yr)	U (hr/yr)	Sect.	$\lambda$ (f/yr)	U (hr/yr)
S.1	2.2460	7.27	S.8	2.2940	7.19
S.2	5.0890	16.06	S.9	0.7570	2.40
S.3	3.9680	12.63	S.10	9.8540	30.79
S.4	4.1700	13.11	S.11	7.0870	22.46
S.5	5.4210	17.11	S.12	5.2040	16.54
S.6	7.0710	21.91	S.13	5.4890	17.47
S.7	4.8900	15.43			

Setelah itu menghitung nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan waktu perbaikan (U) per *section*. Nilai tersebut didapat dengan menjumlahkan nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan waktu perbaikan (U) peralatan pada setiap *section* dengan penentuan mode kegagalan *section* penyulang Jambi

**Tabel 4.** Rekap laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan waktu perbaikan (U) per *section*

Sect.	$\lambda$ (f/yr)	U (hr/yr)	Sect.	$\lambda$ (f/yr)	U (hr/yr)
S.1	2.246	7.272	S.8	22.666	71.696
S.2	7.335	23.33	S.9	21.129	66.91
S.3	11.303	35.962	S.10	30.983	97.704
S.4	15.473	49.074	S.11	28.216	89.368
S.5	20.894	66.184	S.12	33.42	105.904
S.6	22.544	70.98	S.13	33.705	106.836
S.7	20.372	64.506			

Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai SAIFI dan SAIDI per *load point*. Satu contoh perhitungan nilai keandalan pada penyulang Jambi yaitu pada titik *load point* 1 dengan gardu distribusi TP344 dengan kapasitas gardu 100 kVA dan jumlah pelanggan sebanyak 36 pelanggan.

Perhitungan nilai keandalan SAIFI *load point* diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$SAIFI_{LP1} = \frac{\lambda_{LP1} \times \sum N_{LP1}}{\sum N} = \frac{2,2460 \times 36}{7.130} = 0,0113 \text{ kali/tahun}$$

Perhitungan nilai keandalan SAIDI *load point* diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$SAIDI_{LP1} = \frac{U_{LP1} \times \sum N_{LP1}}{\sum N} = \frac{7,27 \times 36}{7.130} = 0,0367 \text{ jam/tahun}$$

Setelah diperoleh perhitungan SAIFI dan SAIDI setiap *load point* pada penyulang Jambi maka dapat dilakukan perhitungan nilai keandalan SAIFI dan SAIDI pada penyulang Jambi.

$$SAIFI = \sum_{LP1}^{LP121} SAIFI = 21,1873 \text{ kali/tahun}$$

$$SAIDI = \sum_{LP1}^{LP121} SAIDI = 67,0848 \text{ jam/tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan nilai keandalan pada penyulang Jambi dalam kondisi *existing*, diperoleh nilai SAIFI sebesar 21,1873 kali/tahun dan nilai SAIDI sebesar 67,0848 jam/tahun.

Setelah didapat hasil perhitungan keandalan penyulang Jambi *existing*, selanjutnya yaitu melakukan perhitungan simulasi. Hasil perhitungan simulasi disajikan pada tabel 5.

**Tabel 5.** Perbandingan nilai keandalan penyulang Jambi

Parameter keandalan	Standar SPLN No 59 tahun 1985	Nilai keandalan	
		Perhitungan	Perhitungan simulasi
SAIFI	3.21	21.1873	21.1873
SAIDI	21.094	67.0848	67.0848

Dari tabel 5, dapat dilihat bahwa nilai keandalan penyulang Jambi kondisi *existing* telah melebihi standar yang ditetapkan yaitu SAIFI sebesar 3,21 kali/tahun dan SAIDI sebesar 21,094 jam/tahun. Oleh karena itu pada kondisi saat ini penyulang Jambi dikategorikan pada jaringan distribusi yang tidak handal, sehingga perlu dilakukan peningkatan keandalan dengan cara melakukan penambahan *express feeder* dengan mencoba beberapa skenario lokasi masuk *express feeder* ke penyulang Jambi atau mengubah jaringan menjadi paralel pada penyulang Jambi.

### Usaha Peningkatan Keandalan Penyulang Jambi

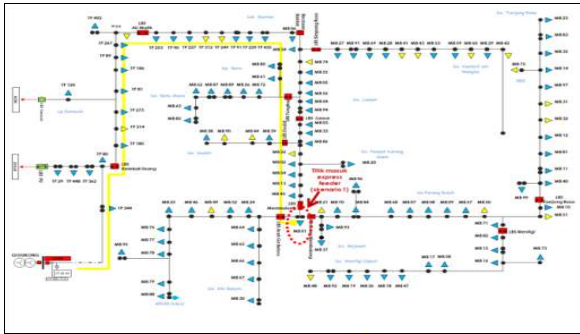
Usaha peningkatan keandalan penyulang Jambi dilakukan dengan pemodelan skenario penambahan *express feeder* sehingga mengubah sistem seri menjadi sistem paralel menggunakan *software* simulasi. Penentuan panjang jaringan dan lokasi masuk *express feeder* ke penyulang Jambi disajikan pada tabel 6.

**Tabel 6.** Skenario penambahan *express feeder*

Skenario	Titik masuk jaringan	Load point	Panjang saluran (kms)	Jumlah Pelanggan (Jalur Skenario)
1	MB01	LP MB01	49	2579
2	MB48	LP MB48	68	3977
3	MB88	LP MB88	74	3256
4	MB23	LP MB23	76	3970

Skenario pemodelan penambahan *express feeder* berdasarkan tabel 6 adalah sebagai berikut:

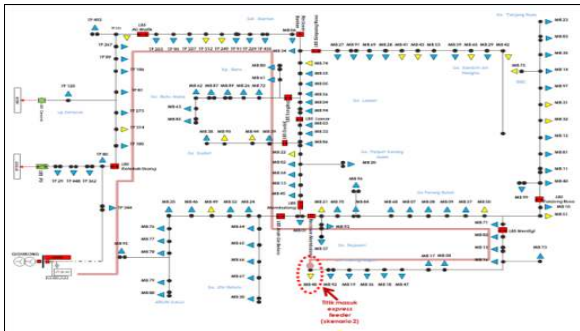
1. Skenario 1 penambahan *express feeder*



Gambar 3. Skenario 1 penambahan *express feeder*

Peningkatan keandalan dengan skenario 1, titik masuk nya pada *section 9* pada gardu MB01 dengan penambahan saluran *express feeder* 49 kms, 1 set LBS *Motorised* dan 1 set *CB Outgoing*.

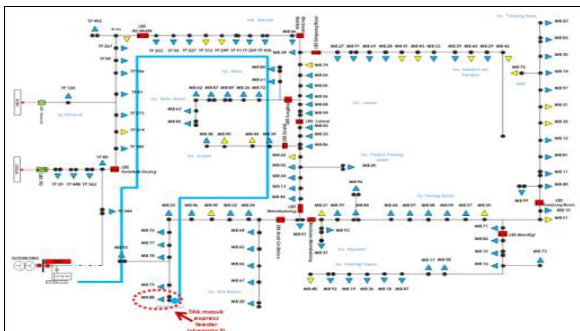
2. Skenario 2 penambahan *express feeder*



Gambar 4. Skenario 2 penambahan *express feeder*

Peningkatan keandalan dengan skenario 2, titik masuk nya pada *section 12* pada gardu MB48 dengan penambahan saluran *express feeder* 68 kms, 1 set LBS *Motorised* dan 1 set *CB Outgoing*.

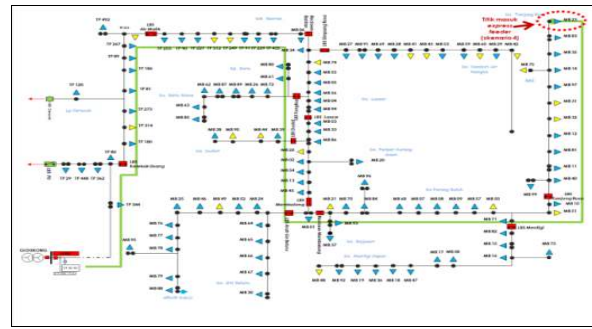
3. Skenario 3 penambahan *express feeder*



Gambar 5. Skenario 3 penambahan *express feeder*

Peningkatan keandalan dengan skenario 3, titik masuk nya pada *section 10* pada gardu MB48 dengan penambahan panjang saluran *express feeder* 74 kms, 1 set LBS *Motorised* dan 1 set *CB Outgoing*.

4. Skenario 4 penambahan *express feeder*



Gambar 6. Skenario 4 penambahan *express feeder*

Peningkatan keandalan dengan skenario 4, titik masuk nya pada *section 10* pada gardu MB23 dengan penambahan saluran *express feeder* 76 kms, 1 set LBS *Motorised* dan 1 set *CB Outgoing*.

**Analisa Peningkatan Nilai Keandalan Penyulang Jambi**

Tabel 7. Rekap hasil perhitungan simulasi nilai keandalan setelah penambahan *express feeder*

Skenario	Perhitungan Simulasi	
	SAIFI	SAIDI
1	8.0845	25.6396
2	7.1427	22.6123
3	7.9352	25.1723
4	7.1494	22.6659

Setelah dilakukan perhitungan simulasi terjadi peningkatan nilai keandalan pada setiap skenario. Nilai SAIDI dan SAIFI yang terbaik diberikan pada skenario ke 2 dengan titik masuk *express feeder* pada titik gardu distribusi MB68 pada penyulang Jambi dengan SAIFI : 7,1427 kali/tahun dan SAIDI : 22,6123 jam/tahun (tabel 7). Penyebab skenario 2 adalah yang terbaik dari skenario lainnya yaitu karena dipengaruhi oleh panjang saluran yang dipasang serta jumlah pelanggan di jalur utama yang dijadikan rangkaian paralel. Dimana panjang saluran skenario 2 lebih pendek dari skenario 3 dan 4 dan sedikit lebih panjang dari skenario 1 yaitu 68 kms serta jumlah pelanggan di jalur utama lebih besar dari 3 skenario lainnya yaitu 3.977 pelanggan (tabel 6). Hal ini bisa dilihat dari dari perubahan nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan waktu perbaikan (U) per *section* sebelum dan sesudah penambahan *express feeder*.

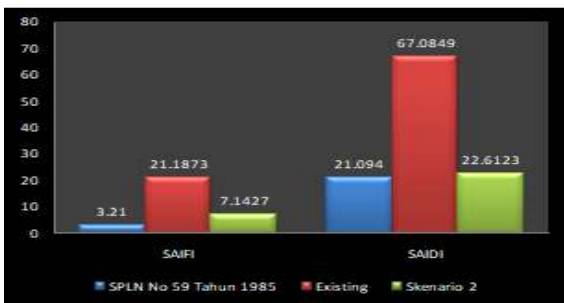
Tabel 8. Report perhitungan simulasi nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ) per *section* sebelum dan sesudah penambahan *express feeder*

	$\lambda$ LP (f/yr) per section				
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
S.1	2.2460	2.2500	2.2500	2.2500	2.2500
S.2	7.3350	5.4000	5.4000	5.4000	5.4000
S.3	11.3030	4.2790	4.2790	4.2790	4.2790
S.4	15.4730	4.4830	4.4830	4.4830	4.4830
S.5	20.8940	9.9040	9.9040	9.9040	9.9040
S.6	22.5440	11.5440	11.5440	11.5440	11.5440
S.7	20.3720	5.2100	5.2100	5.2100	5.2100
S.8	22.6660	7.5040	7.5040	7.5040	7.5040
S.9	21.1290	1.3110	1.0680	1.0680	1.0680
S.10	30.9829	11.1650	10.9220	10.4080	10.9220
S.11	28.2160	8.3980	7.4000	8.1550	7.4000
S.12	33.4200	13.6020	5.7580	13.3590	12.6040
S.13	33.7050	13.8870	12.8890	13.6440	6.0430

**Tabel 9.** Report perhitungan simulasi nilai waktu perbaikan (U) per section sebelum dan sesudah penambahan *express feeder*

	ULP (hr/yr) per section				
	Existing	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4
S.1	7.27	7.31	7.31	7.31	7.31
S.2	23.33	17.17	17.17	17.17	17.17
S.3	35.96	13.74	13.74	13.74	13.74
S.4	49.07	14.24	14.24	14.24	14.24
S.5	66.18	31.35	31.35	31.35	31.35
S.6	70.98	36.15	36.15	36.15	36.15
S.7	64.51	16.54	16.54	16.54	16.54
S.8	71.70	23.73	23.73	23.73	23.73
S.9	66.91	4.26	3.51	3.51	3.51
S.10	97.70	35.06	34.31	32.65	34.31
S.11	89.37	26.72	23.01	25.97	23.39
S.12	105.90	43.26	18.40	42.51	40.12
S.13	106.84	44.19	41.06	43.44	19.33

Dari tabel 8 dan tabel 9, pada kondisi *existing* nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan waktu perbaikan (U) semakin bertambah *section* nya maka akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena kondisi masih beroperasi dengan sistem *radial* atau rangkaiannya bersifat seri. Setelah dilakukan skenario perubahan konfigurasi penyulang, penyulang Jambi dioperasikan secara *loop* atau paralel sehingga terjadi perbaikan pada nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan waktu perbaikan (U).



**Gambar 7.** Perbandingan peningkatan nilai keandalan.

Gambar 7 menunjukkan grafik keandalan antara kondisi *existing* dengan peningkatan keandalan. Terjadi perubahan yang cukup signifikan tetapi belum memenuhi standar yang ditetapkan pada SPLN No 59 tahun 1985 yaitu SAIFI sebesar 3,21 kali/tahun dan SAIDI sebesar 21,094 jam/tahun.

## KESIMPULAN

1. Dari perhitungan dan simulasi dalam kondisi *eksisting* pada penyulang Jambi tahun 2018 diperoleh SAIFI: 21,1873 kali/tahun, SAIDI: 67,0849 jam/tahun. Nilai keandalan pada penyulang Jambi belum mencapai standar yang ditetapkan oleh PLN pada SPLN No 59 Tahun 1985 yaitu SAIFI: 3,21 kali/tahun dan SAIDI: 21,094 jam/tahun.
2. Setelah dilakukan simulasi peningkatan keandalan dengan penambahan *exprees feeder*, terjadi peningkatan keandalan penyulang Jambi. Hal ini disebabkan terjadinya perbaikan nilai laju kegagalan ( $\lambda$ ) dan waktu perbaikan (U) per *load point* pada setiap *section* karena konfigurasi

jaringan setelah ditambah *express feeder* berubah yaitu dari sistem seri (*radial*) mejadi paralel (*loop*).

3. Panjang jaringan serta jumlah pelanggan dalam jalur utama sistem paralel sangat mempengaruhi dalam peningkatan nilai keandalan SAIFI dan SAIDI. Sehingga titik masuk jaringan baru (*feeder express*) untuk peningkatan nilai keandalan yang terbaik terdapat pada skenario 2 dengan titik masuk di MB01 dengan panjang jaringan 68 kms dengan SAIFI: 7,1421 kali/tahun, SAIDI: 22,6123 jam/tahun. Akan tetapi walaupun nilai peningkatan keandalan terbaik diberikan pada skenario 2, belum memenuhi standar SPLN No 59 Tahun 1985 yaitu SAIFI: 3,21 kali/tahun dan SAIDI: 21,094 jam/tahun..

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan, motivasi bimbingan dan saran untuk penelitian yang telah dilakukan.

## REFERENSI

### 1. Referensi Jurnal:

- Alfreedan, M., 2018. Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20 KV Pada Penyulang Pangkal Balam GI Air Anyir Di PLN Area Bangka. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, Universitas Bangka Belitung.
- Prasetyo, D.T., 2017. Analisis Keandalan Sistem Distribusi Pada Penyulang Jamaika PLN Area Bangka. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, Universitas Bangka Belitung.
- Syafrin, K., 2018. Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 KV PT. PLN (Persero) Rayon Panam Pada Feeder OGF 18 Taman Karya dan Feeder OGF 12 Kuala Dengan Metode Loop Restoration Scheme (LRS). *Repository UIN Suska Riau*, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Ta, K.I., 2014. Analisis Penggunaan Sistem Loop Scheme Jaringan Tegangan Menengah 20 KV Penyulang Blahkiuh terhadap Keandalan Sistem. *Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, vol 14 no 2

### 2. Referensi Buku:

- Gonen, T., 1986. *Electric Power Distribution System Engineering*. USA : Mc Graw Hill New York.
- Gonen, T., 2014. *Electric Power Distribution Engineering -3<sup>th</sup> Edition*. CRC Press: Francis.
- Marsudi, D., 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Buku Operasi Sistem., 2018. *Data Laporan Pengukuran Gardu Distribusi*. PT. PLN(Persero) : UP3 Belitung
- Buku Operasi Sistem., 2018. *Single Line Diagram Distribusi*. PT. PLN(Persero) : UP3 Belitung
- Laporan Ikhtisar Teknik Bulanan., 2018. *Data Asset Distribusi*. PT. PLN(Persero) : UP3 Belitung
- SPLN No 59., 1985, *Keandalan Pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV*. PT PLN(Persero): Jakarta.