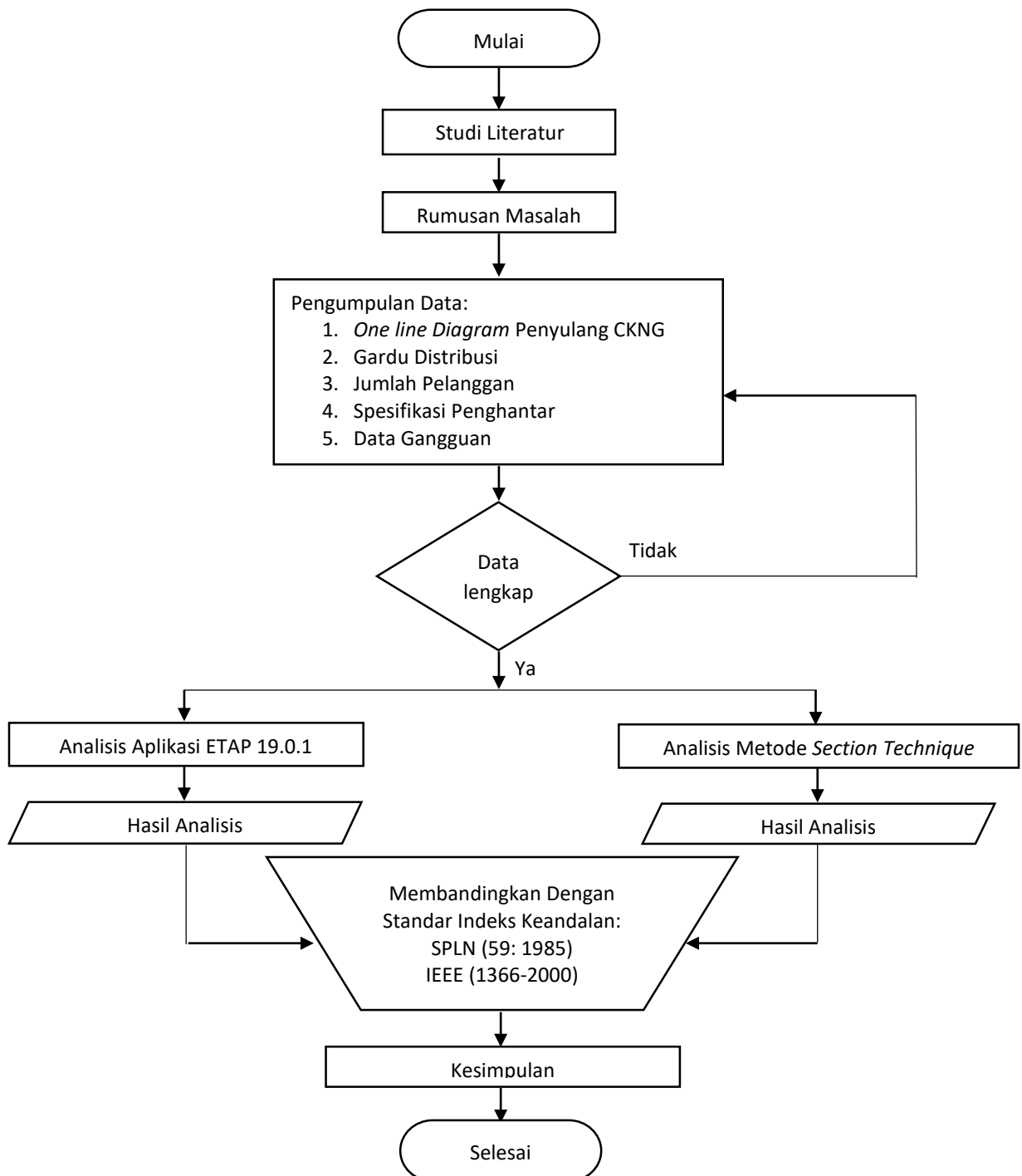


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Pada alur penelitian skripsi ini bertujuan untuk mempermudah dalam mencapai tujuan dari skripsi, alur penelitian tersebut digambarkan melalui gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Faizal Ramadhan Sundara, 2021

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG CKNG DI PT. PLN (PERSERO) AREA CIAMIS MENGGUNAKAN ETAP DAN METODE SECTION TECHNIQUE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Penelitian ini diawali dengan studi literatur mengenai *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI), *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI), dan *Customer Average Interruption Duration Index* (CAIDI). Setelah itu penulis melakukan pengambilan data di PT. PLN (Persero) Area Ciamis. Pengambilan data yang dilakukan yaitu: *one line diagram* penyulang CKNG, spesifikasi penghantar penyulang, rekapitulasi data gangguan pada penyulang CKNG, dan jumlah pelanggan. Setelah melakukan pengambilan data, penulis membuat *one line diagram* penyulang CKNG menggunakan aplikasi ETAP 19.0.1 lalu menjalankan simulasi model *reliability analysis* dan perhitungan menggunakan metode *section technique* sehingga mendapatkan hasil indeks keandalan penyulang CKNG.

3.2 Lokasi dan Subjek Penelitian

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di PT. PLN (Persero) Area Ciamis. Alamat: Jalan Jend. Sudirman No. 42, Ciamis, Kecamatan Ciamis, Kabupaten Ciamis, Jawa Barat 46211. No. Telepon: (0265) 771119. Dan penelitian ini dikhususkan pada penyulang CKNG yang terhubung di Gardu Induk Ciamis Kabupaten Ciamis.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan untuk pengumpulan data dalam penyusunan tugas akhir mengenai nilai indeks keandalan pada penyulang BDKR ini adalah:

1. Observasi (Pengamatan Langsung)

Pengumpulan data dengan metode observasi atau pengamatan secara langsung dimaksudkan untuk mendapatkan data secara nyata dan sesuai dengan lapangan.

2. Wawancara

Pengumpulan data dengan metode wawancara dilakukan dengan melakukan Tanya jawab dengan narasumber dengan berlandaskan tujuan penelitian. Metode ini merupakan cara untuk memperoleh data secara langsung.

3. Studi Literatur

Pengumpulan data dengan metode studi literatur dilakukan dengan cara mendapatkan data melalui *e-book*, jurnal, penelitian terdahulu dan lain sebagainya yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.

4. Bimbingan

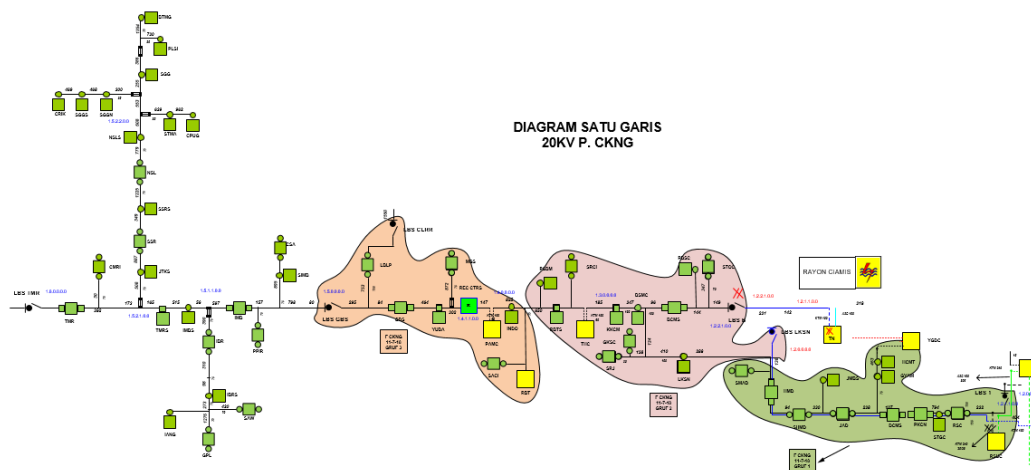
Pengumpulan data dengan metode bimbingan dilakukan dengan cara diskusi dengan pembimbing yang dimaksudkan untuk membantu penulis untuk menyelesaikan penelitian.

3.4 Data-Data Lapangan

Data yang didapat dari PT. PLN (Persero) Area Ciamis Kabupaten Ciamis diantaranya sebagai berikut:

3.4.1 Data *One Line Diagram* Penyulang CKNG

Data *One Line Diagram* penyulang CKNG ini, termasuk data penting dalam penelitian ini. Karena data tersebut menjadi acuan untuk membuat *one line diagram* pada *software* ETAP 19.0.1. Berikut adalah *one line diagram* penyulang CKNG.



Gambar 3.2 *One Line Diagram* Penyulang CKNG

3.4.2 Data Transformator Distribusi

Data transformator distribusi terdiri dari data kode, kapasitas, dan beban trafo distribusi pada penyulang CKNG. Data yang digunakan dalam membuat *one line diagram* pada ETAP 19.0.1. dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Gardu Distribusi Dan Kapasitasnya

NO	KODE	KVA	BEBAN TRAFU (KW)
1	BATA	160	55.25
2	BCMS	250	159.54
3	BSMC	100	28.39
4	BTMG	50	16.91

Faizal Ramadhan Sundara, 2021

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG CKNG DI PT. PLN (PERSERO) AREA CIAMIS MENGGUNAKAN ETAP DAN METODE SECTION TECHNIQUE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

NO	KODE	KVA	BEBAN TRAFO (KW)
5	CMRI	100	35.61
6	CPUG	25	0
7	CRIK	100	29.75
8	CSA	200	131.66
9	DCMS	400	185.81
10	DZUN	50	15.21
11	GBS	250	120.44
12	GKSC	100	5.01
13	GPL	160	101.49
14	GYAM	160	55.84
15	HCMT	100	30.34
16	HMD	250	132
17	IANG	100	1.95
18	IBR	200	86.61
19	IBRS	50	32.89
20	IMB	250	143.14
21	IMBS	100	51.08
22	INDO	100	11.05
23	JAD	250	120.36
24	JMBS	100	21.59
25	JTKS	100	45.9
26	KAHE	250	9.52
27	KKCM	100	54.57
28	LBLP	250	137.53
29	LKSN	100	40.97
30	MGS	200	99.96
31	NSL	200	126.14
32	NSLS	100	47.51
33	PAMC	400	229.41
34	PBSC	100	19.04
35	PKCN	250	163.45
36	PLSI	50	13.68
37	PPIR	100	31.96
38	PSBM	160	29.32
39	RBT	400	144.67
40	RBTS	100	45.39
41	RONG	100	9.09

NO	KODE	KVA	BEBAN TRAF0 (KW)
42	RSC	200	94.69
43	SACI	160	21.59
44	SAW	160	78.88
45	SCMC	50	23.63
46	SGG	50	29.74
47	SGGN	50	12.75
48	SGGS	100	14.19
49	SHMD	250	71.74
50	SIMB	100	14.45
51	SMAD	100	5.18
52	SMEA	250	24.82
53	SRCI	100	19.89
54	SRJ	250	139.06
55	SSAW	50	22.44
56	SSR	160	122.65
57	SSRS	100	69.53
58	STGC	100	36.97
59	STMA	100	44.71
60	STOC	160	2.29
61	THC	100	19.89
62	TMR	250	144.75
63	TMRS	100	40.46
64	YUDA	100	22.27
65	YURA	100	23.46
TOTAL		9705	3920.06

3.4.3 Jumlah Pelanggan

Data jumlah pelanggan dari gardu distribusi pada penyulang CKNG dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.2 Data Jumlah Pelanggan

NO	KODE	JUMLAH PELANGGAN
1	BATA	430
2	BCMS	653
3	BSMC	1
4	BTMG	152
5	CMRI	163

NO	KODE	JUMLAH PELANGGAN
6	CPUG	76
7	CRIK	305
8	CSA	611
9	DCMS	735
10	DZUN	152
11	GBS	660
12	GKSC	1
13	GPL	488
14	GYAM	260
15	HCMT	4
16	HMD	113
17	IANG	165
18	IBR	576
19	IBRS	152
20	IMB	625
21	IMBS	110
22	INDO	4
23	JAD	607
24	JMBS	228
25	JTKS	160
26	KAHE	1
27	KKCM	215
28	LBLP	763
29	LKSN	168
30	MGs	611
31	NSL	611
32	NSLS	305
33	PAMC	488
34	PBSC	335
35	PKCN	201
36	PLSI	125
37	PPIR	243
38	PSBM	1
39	RBT	756
40	RBTS	274
41	RONG	150
42	RSC	611
43	SACI	1

NO	KODE	JUMLAH PELANGGAN
44	SAW	488
45	SCMC	152
46	SGG	152
47	SGGN	77
48	SGGS	115
49	SHMD	363
50	SIMB	334
51	SMAD	1
52	SMEA	2
53	SRCI	335
54	SRJ	666
55	SSAW	166
56	SSR	488
57	SSRS	305
58	STGC	150
59	STMA	165
60	STOC	1
61	THC	1
62	TMR	726
63	TMRS	305
64	YUDA	301
65	YURA	150
TOTAL		18733

3.4.4 Data Spesifikasi Penghantar

Data spesifikasi penghantar yang digunakan pada penyulang CKNG adalah sebagai berikut:

Tabel 3.3 Data Spesifikasi Penghantar

NO	KODE	JENIS PENGHANTAR (mm ²)
1	A	AAAC 35
2	B	AAAC 70
3	C	AAAC 150
4	E	KTM 240

3.4.4.1 Perhitungan Luas Penampang

Perhitungan luas penampang pada penyulang CKNG:

Rumus luas penampang:

$$A = \frac{\rho \cdot L \cdot I \cdot \sqrt{3}}{\Delta V}$$

Tabel 3.4 Luas Penampang

PENGHANTAR	TOTAL KVA	ARUS (A)	LUAS PENAMPANG (mm ²)	LUAS PENAMPANG YANG DIGUNAKAN (mm ²)
I	6790	339.5	83.54	150
II	1780	89	49.58	70
III	1135	56.75	28.42	35

3.4.4.2 Perhitungan Circuit Breaker

Perhitungan circuit breaker:

Rumus circuit breaker:

$$I_{CB} = I_n \cdot (1.1 \sim 2.5)$$

Tabel 3.5 Circuit Breaker

PENGHANTAR	TOTAL KVA	ARUS (A)	CIRCUIT BREAKER (A)		CIRCUIT BREAKER YANG DIGUNAKAN (A)
			1.1	2.5	
I	6790	339.5	373.45	848.75	800
II	1780	89	97.9	222.5	200
III	1135	56.75	62.42	141.88	125

3.4.5 Data Gangguan

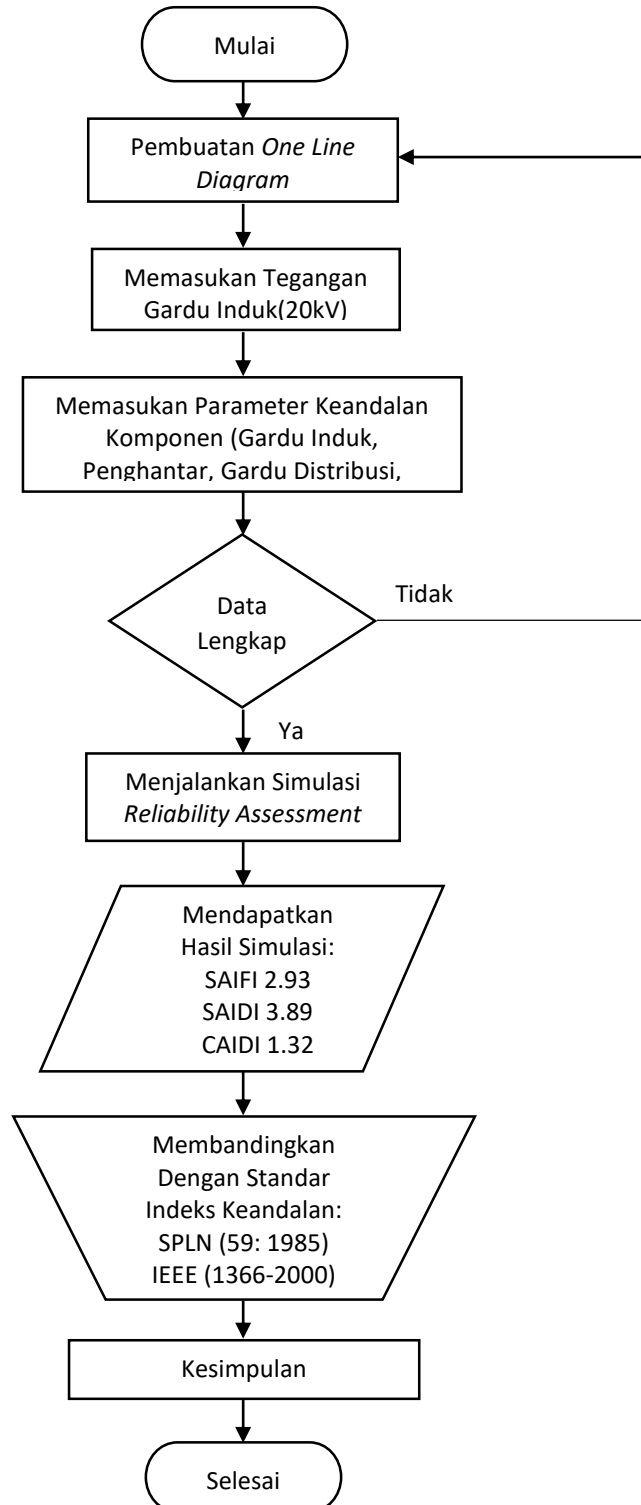
Dalam data gangguan yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Area Ciamis pada penyulang CKNG dapat dilihat pada tabel 3.6 di bawah ini:

Tabel 3.6 Data Gangguan

NO	TANGGAL	PEMUTUS	DURASI (Menit)	PENYEBAB	RELAI KERJA
1	21/01/2020	PMT 20 KV	135	Jumper Move	OCR
2	28/01/2020	PMT 20 KV	50	Isolator Pecah	OCR
3	29/01/2020	PMT 20 KV	38	Binatang	OCR
4	15/02/2020	REC CTRS	0	Pohon	GFR
5	22/02/2020	PMT 20 KV	102	Pohon	OCR
6	13/04/2020	PMT 20 KV	21	Binatang	OCR
7	14/04/2020	PMT 20 KV	33	Pohon	OCR
8	02/07/2020	REC CTRS	0	Tidak Diketahui	-
9	11/07/2020	REC CTRS	24	Pohon	-
10	28/08/2020	PMT 20 KV	0	Binatang	GFTD
11	15/09/2020	REC CTRS	13	Tiang Antene	GFR
12	16/09/2020	REC CTRS	24	Pohon	GFR
13	08/12/2020	PMT 20 KV	24	Jumper TM Putus	OCR
TOTAL			464		

3.5 Tahap Analisis Simulasi

Dalam melakukan penelitian, simulasi ini menggunakan *software* ETAP 19.0.1. ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) yang dibuat untuk membantu pekerjaan dan menyelesaikan permasalahan di bidang sistem tenaga listrik.



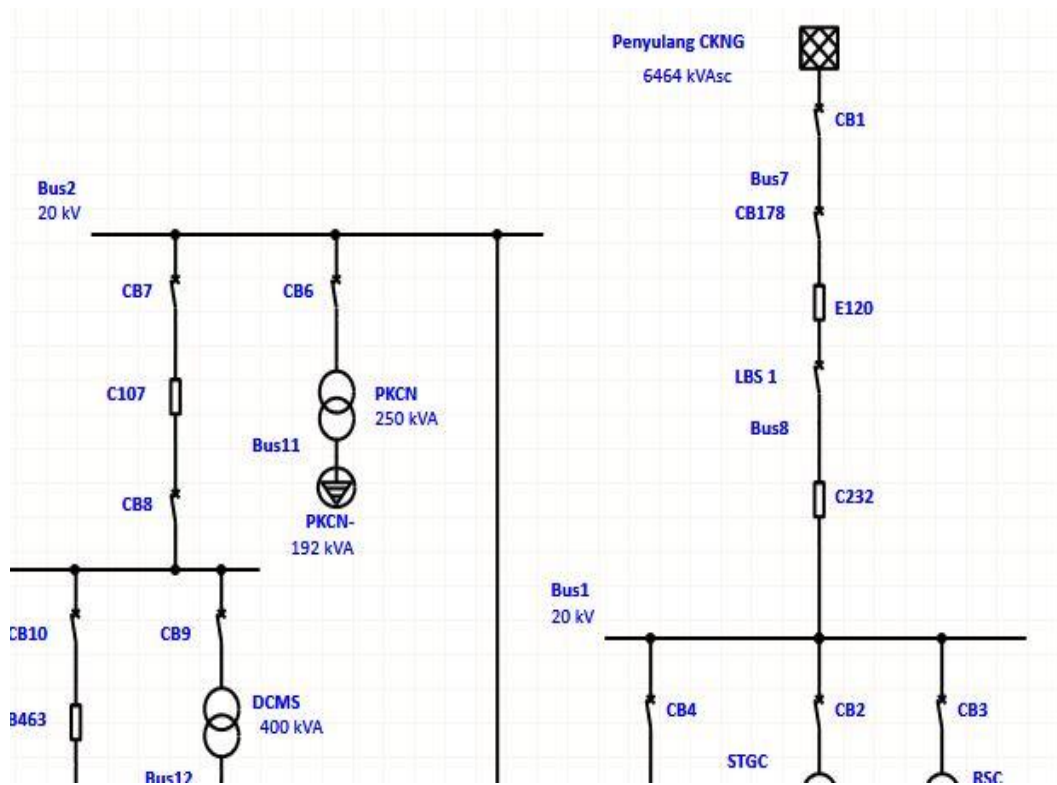
Gambar 3.3 Tahap Analisis Simulasi

Software ETAP 19.0.1 dapat beroperasi secara *online* juga *offline*. Secara *offline software* ETAP 19.0.1 dapat beroperasi untuk menjalankan simulasi sistem tenaga listrik dan apabila ETAP 19.0.1 dioperasikan secara *online* dapat mengolah data *real-time* atau bisa untuk mengendalikan sistem secara *real-time*.

Beberapa hal yang perlu dilakukan untuk proses pengerjaan menggunakan *software* ETAP 19.0.1 adalah seperti berikut:

3.5.1 Pembuatan *One Line Diagram*

Pembuatan *one line diagram* penyulang CKNG, menggunakan *software* ETAP 19.0.1.

Gambar 3.4 *One Line Diagram* Penyulang CKNG Pada ETAP 19.0.1

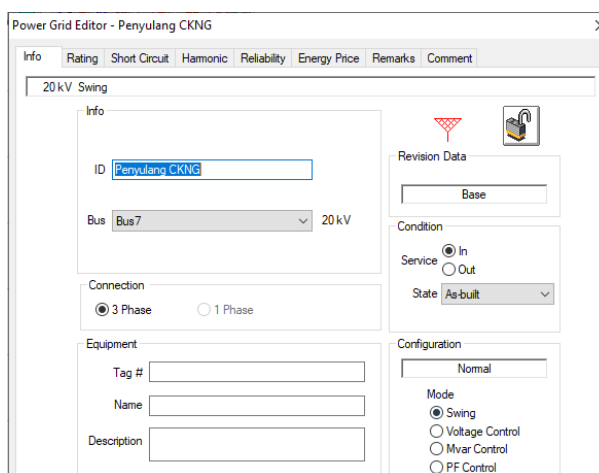
Gambar di atas merupakan proses pembuatan *one line diagram* penyulang CKNG pada ETAP 19.0.1. Pembuatan *one line diagram* penyulang CKNG disusun sesuai dengan data dan keadaan lapangan pada penyulang CKNG yaitu terdapat 65 buah gardu distribusi dengan panjang *line*/saluran penghantar mencapai 25,812 km.

3.5.2 Memasukan Parameter

Memasukan parameter yang sesuai dengan keadaan lapangan, sehingga dihasilkan hasil simulasi yang objektif. Parameter yang akan mempengaruhi hasil simulasi adalah sebagai berikut:

a. *Power Grid* (Gardu Induk)

Power Grid yaitu sebagai gardu induk Ciamis yang memasok tenaga listrik pada penyulang CKNG.

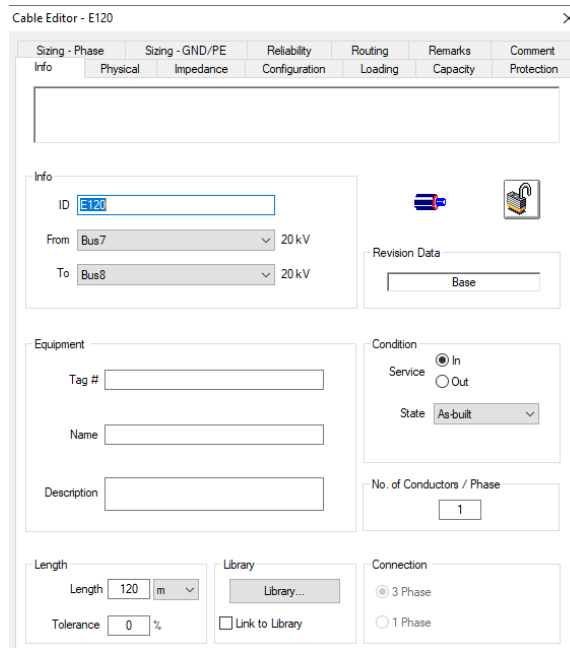


Gambar 3.5 Tampilan Menu *Power Grid Editor* ETAP 19.0.1

Gambar 3.5 merupakan beberapa parameter yang berfungsi untuk mengatur spesifikasi *Power Grid* agar sesuai dengan gardu induk di lapangan, yaitu terdapat: *Info*, *Rating*, *Short Circuit*, *Harmonic*, *Reliability*, *Energy Price*, *Remarks*, dan *Comment*

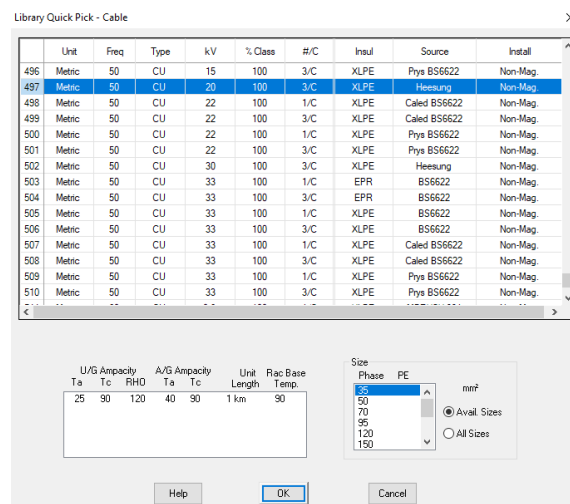
b. *Cable* (Penghantar)

Kabel atau penghantar berfungsi sebagai penghubung dari gardu induk. Dalam ETAP 19.0.1. dapat menggunakan *tools cable editor* untuk memasukkan komponen penghantar pada *one line diagram*.



Gambar 3.6 Tampilan Menu *Cable Editor* ETAP 19.0.1

Ada beberapa parameter yang dibutuhkan untuk membuat penghantar pada *one line diagram*, yaitu untuk menentukan panjang penghantar dapat diatur pada kolom *length* dan untuk menentukan jenis penghantar dapat ditentukan dengan membuka *library* seperti pada gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Tampilan Menu *Library Quick-Cable*

Pada gambar 3.7 dapat dilihat juga untuk menentukan frekuensi, ukuran luas penampang penghantar, bahan penghantar, dan bahan isolasi pada penghantar dalam pembuatan *one line diagram* penyulang CKNG.

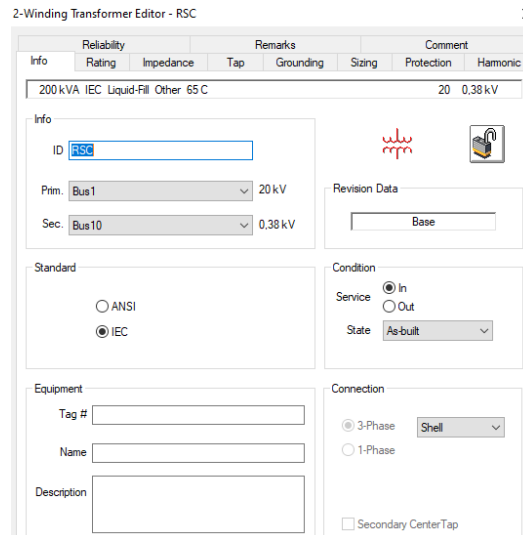
c. Gardu Distribusi

Faizal Ramadhan Sundara, 2021

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG CKNG DI PT. PLN (PERSERO) AREA CIAMIS MENGGUNAKAN ETAP DAN METODE SECTION TECHNIQUE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gardu distribusi pada simulasi ini, menggunakan *2-winding transformer*. Pada sisi primer dengan tegangan 20kV sedangkan pada sisi sekunder dengan tegangan 220/380 Volt.

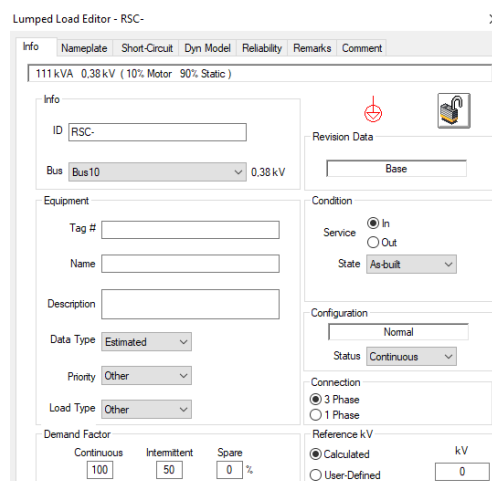


Gambar 3.8 Tampilan Menu *2-Winding Transformer Editor* ETAP 19.0.1

Parameter-parameter pada komponen *2-winding transformer*, yaitu: *Info*, *Rating*, *Impedance*, *Tap*, *Grounding*, *Sizing*, *Protection*, *Reliability*, *Remarks*, dan *Comment*

d. *Lumped Load*

Lumped load berfungsi sebagai beban yang memiliki dua jenis beban yaitu motor dan statis (penerangan).



Gambar 3.9 Tampilan Menu *Lumped Load Editor* ETAP 19.0.1

Faizal Ramadhan Sundara, 2021

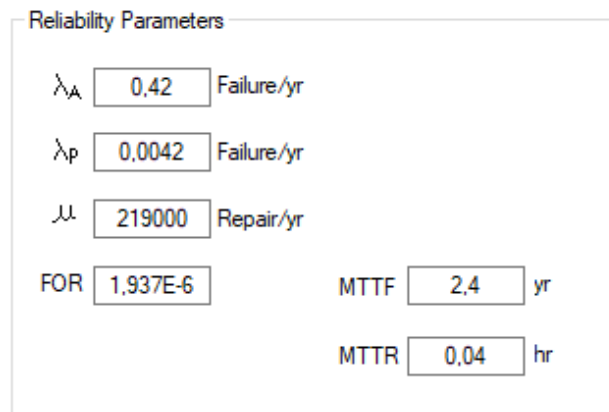
ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG CKNG DI PT. PLN (PERSERO) AREA CIAMIS MENGGUNAKAN ETAP DAN METODE SECTION TECHNIQUE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pada gambar 3.9 dapat diatur persentasi jenis beban, yaitu pada simulasi ini diatur beban yang terdiri dari 90% untuk jenis beban statis dan 10% beban motor. Parameter-parameter yang terdapat pada *Lumped Load*, antara lain: *Info*, *Nameplate*, *Short-Circuit*, *Dyn Model*, *Reliability*, *Remarks*, dan *Comment*.

3.5.3 Memasukan Parameter Keandalan Pada Komponen

Sebelum menjalankan simulasi keandalan sistem, harus mengatur nilai indeks gangguan pada kolom *editor*. Seperti pada gambar 3.10.



Reliability Parameters	
λ_A	0.42 Failure/yr
λ_p	0.0042 Failure/yr
μ	219000 Repair/yr
FOR	1.937E-6
MTTF	2.4 yr
MTTR	0.04 hr

Gambar 3.10 *Reliability Parameters Recloser* ETAP 19.0.1

Pada gambar 3.10 ini merupakan salah satu kolom dari parameter keandalan suatu komponen, yaitu kolom dari parameter keandalan untuk komponen *recloser*.

Keterangan:

λ_A = Rata-rata gangguan aktif dalam satu tahun (gangguan/tahun).

MTTF = Rata-rata selang waktu dalam gangguan ($MTTF = 1.0/\lambda_A$).

MTTR = Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan (jam).

Untuk mengisi kolom λ_A dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan dengan menggunakan persamaan 3.1 di bawah ini:



$$\lambda_A = \frac{F}{T}$$

Sedangkan kolom MTTR (*Mean Time To Repair*) dapat diisi dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 3.2 di bawah ini:

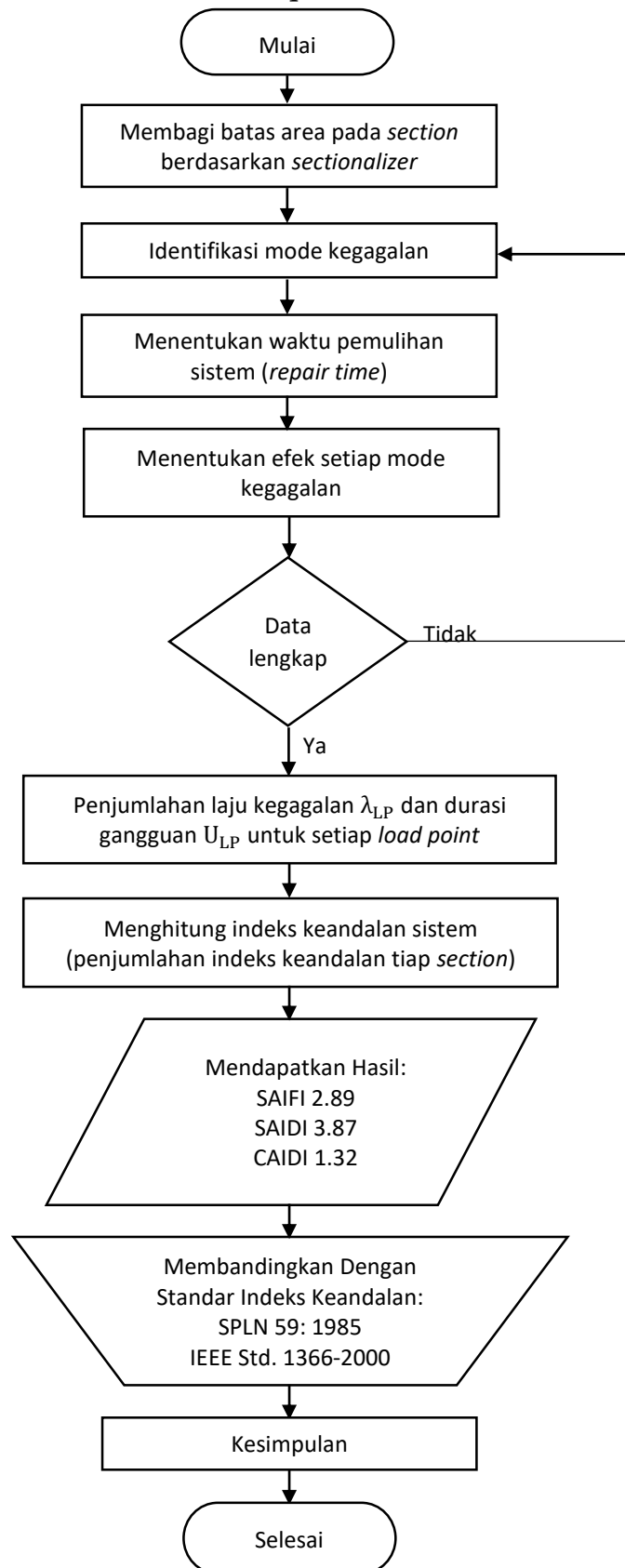
$$MTTR = \frac{t}{F}$$

Sedangkan untuk kolom parameter FOR (*Forced Outage Rate*) dan MTTF (*Mean Time To Failure*) akan ditentukan secara otomatis oleh *software* ETAP 19.0.1 setelah memasukkan parameter keandalan λ_A dan MTTR.

3.5.4 Menjalankan *Reliability Analysis*

Setelah memasukan parameter pada masing-masing komponen, langkah selanjutnya adalah menjalankan simulasi dengan model *reliability analysis* untuk mendapatkan indeks keandalan pada penyulang CKNG. Untuk menjalankan model simulasi *reliability analysis* dapat memilih simbol *reliability assesment*  pada *tools* bagian atas. Kemudian untuk mendapatkan hasil simulasi dengan menekan *tools* dengan simbol *report manager*  .

3.6 Tahap Analisis Metode *Section Technique*



Faizal Ramadhan Sundara, 2021

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG CKNG DI PT. PLN (PERSERO) AREA CIAMIS MENGGUNAKAN ETAP DAN METODE SECTION TECHNIQUE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 3.11 Tahap Analisis Metode *Section Technique*

3.6.1 Membagi Batas Area Sistem Pada Penyulang

Dalam melakukan analisis keandalan menggunakan metode *section technique*, terlebih dahulu membagi penyulang CKNG menjadi bagian-bagian (*section*) berdasarkan saklar beban. Pada penyulang CKNG terdapat saklar beban GBS / *load break switch* GBS pada posisi pertengahan jaringan penyulang CKNG, maka penyulang CKNG dibagi menjadi 2 bagian, yaitu sebelum *load break switch* GBS dan setelah *load break switch* GBS. Data jumlah pelanggan pada setiap bagian, adalah sebagai berikut:

Tabel 3.7 Jumlah Pelanggan Pada Bagian 1

NO	KODE	TITIK BEBAN	JUMLAH PELANGGAN
1	RSC	1	611
2	STGC	2	150
3	PKCN	3	201
4	DCMS	4	735
5	GYAM	5	260
6	HCMT	6	4
7	JAD	7	607
8	JMBS	8	228
9	SHMD	9	363
10	HMD	10	113
11	SMAD	11	1
12	LKSN	12	168
13	SRJ	13	666
14	GKSC	14	1
15	BCMS	15	653
16	BSMC	16	1
17	PBSC	17	335
18	STOC	18	1
19	KKCM	19	215
20	THC	20	1
21	SRCI	21	335
22	RBTS	22	274
23	PSBM	23	1
24	RBT	24	756

NO	KODE	TITIK BEBAN	JUMLAH PELANGGAN
25	SACI	25	1
26	INDO	26	4
27	SMEA	27	2
28	MGS	28	611
29	YUDA	29	301
30	YURA	30	150
31	GBS	31	660
32	LBLP	32	763

Tabel 3.8 Jumlah Pelanggan Pada Bagian 2

NO	KODE	TITIK BEBAN	JUMLAH PELANGGAN
1	DZUN	33	152
2	SIMB	34	334
3	CSA	35	611
4	PPIR	36	243
5	IMB	37	625
6	IBR	38	576
7	IBRS	39	152
8	SAW	40	488
9	SSAW	41	166
10	GPL	42	488
11	IANG	43	165
12	IMBS	44	110
13	TMRS	45	305
14	CMRI	46	163
15	TMR	47	726
16	JTKS	48	160
17	KAHE	49	1
18	SSR	50	488
19	SSRS	51	305
20	NSL	52	611
21	NSLS	53	305
22	STMA	54	165
23	CPUG	55	76
24	SGGN	56	77
25	SGGS	57	115
26	RONG	58	150

NO	KODE	TITIK BEBAN	JUMLAH PELANGGAN
27	CRIK	59	305
28	SGG	60	152
29	BATA	61	430
30	PLSI	62	125
31	BTMG	63	152
32	PAMC	64	488
33	SCMC	65	152

Dari tabel 3.7 dan tabel 3.8 bahwa beban dari penyulang CKNG bervariasi, dilihat dari jumlah pelangga tiap titik beban yang berbeda, pelanggan pada titik beban yang paling sedikit yaitu berjumlah 1 pelanggan dan pelanggan paling banyak berjumlah 763 pelanggan.

Pada penyulang CKNG juga terbagi menjadi 59 *line*/saluran dengan total panjang mencapai 25,812 km.

Tabel 3.9 Panjang Tiap Saluran Yang Dianalisis

KOMPONEN	PANJANG SALURAN (KM)
<i>Line 1</i>	0.120
<i>Line 2</i>	0.232
<i>Line 3</i>	0.794
<i>Line 4</i>	0.107
<i>Line 5</i>	0.463
<i>Line 6</i>	0.238
<i>Line 7</i>	0.330
<i>Line 8</i>	0.094
<i>Line 9</i>	0.136
<i>Line 10</i>	0.288
<i>Line 11</i>	0.410
<i>Line 12</i>	0.138
<i>Line 13</i>	0.124
<i>Line 14</i>	0.096
<i>Line 15</i>	0.144
<i>Line 16</i>	0.347
<i>Line 17</i>	0.347
<i>Line 18</i>	0.185
<i>Line 19</i>	0.650

KOMPONEN	PANJANG SALURAN (KM)
<i>Line 20</i>	0.855
<i>Line 21</i>	0.147
<i>Line 22</i>	0.302
<i>Line 23</i>	0.872
<i>Line 24</i>	0.464
<i>Line 25</i>	0.84
<i>Line 26</i>	0.753
<i>Line 27</i>	0.295
<i>Line 28</i>	0.80
<i>Line 29</i>	0.798
<i>Line 30</i>	0.895
<i>Line 31</i>	0.157
<i>Line 32</i>	0.597
<i>Line 33</i>	0.56
<i>Line 34</i>	0.390
<i>Line 35</i>	0.310
<i>Line 36</i>	0.98
<i>Line 37</i>	0.273
<i>Line 38</i>	0.420
<i>Line 39</i>	1.276
<i>Line 40</i>	0.515
<i>Line 41</i>	0.165
<i>Line 42</i>	0.173
<i>Line 43</i>	0.392
<i>Line 44</i>	0.508
<i>Line 45</i>	0.887
<i>Line 46</i>	0.349
<i>Line 47</i>	1.225
<i>Line 48</i>	0.779
<i>Line 49</i>	0.608
<i>Line 50</i>	0.639
<i>Line 51</i>	0.692
<i>Line 52</i>	0.553
<i>Line 53</i>	0.300
<i>Line 54</i>	0.468
<i>Line 55</i>	0.469
<i>Line 56</i>	0.255

KOMPONEN	PANJANG SALURAN (KM)
<i>Line 57</i>	0.386
<i>Line 58</i>	0.730
<i>Line 59</i>	1.354

3.6.2 Indeks Kegagalan Peralatan Sistem Distribusi

Indeks data kegagalan untuk saluran udara dan peralatan sistem distribusi yang melingkupi *failure rate*, *repair time*, dan *switching time* yang menjadi standar perhitungan dalam analisis keandalan dengan menggunakan metode *section technique* (SPLN 59, 1985):

Tabel 3.10 Data Indeks Kegagalan Saluran Udara

SALURAN UDARA	
<i>Sustained failure rate</i> (λ /km/yr)	0.2
r (repair time) (jam)	3
rs (switching time) (jam)	0.15

Tabel 3.11 Data Indeks Kegagalan Kabel Saluran Bawah Tanah

KABEL SALURAN BAWAH TANAH	
<i>Sustained failure rate</i> (λ /km/yr)	0.07
r (<i>repair time</i>) (jam)	15
rs (<i>switching time</i>) (jam)	0.15

Tabel 3.12 Data Indeks Kegagalan Peralatan

KOMPONEN	λ (FAILURE RATE)	r (REPAIR TIME) (JAM)	rs (SWITCHING TIME) (JAM)
Trafo Distribusi	0.005/unit/thn	10	0.15
<i>Recloser</i>	0.005/unit/thn	10	0.25
<i>Circuit Breaker</i>	0.004/unit/thn	10	0.25
<i>Load Break Switch</i>	0.003/unit/thn	10	0.15

3.6.3 Perhitungan Nilai Keandalan Metode *Section Technique*

Analisis keandalan sistem menggunakan metode *section technique* berdasarkan pada data yang telah didapat yaitu jumlah pelanggan pada masing-masing titik beban dan data panjang *line*/saluran pada penyulang CKNG. Standar yang digunakan dalam perhitungan yaitu SPLN (59: 1985) untuk laju kegagalan

dan waktu pemulihan peralatan sistem jaringan distribusi 20kV. Daftar efek setiap mode kegagalan pada *section*/bagian 1 adalah pada *section technique worksheet 1*:

Tabel 3.13 *Section Technique Worksheet 1*

Data Peralatan		Efek Sistem	
No. Gangguan	Komponen	Titik Beban yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i>	Titik Beban yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i>
1	CB	TB1-TB32	
2	LBS 1	TB1-TB32	
3	Trafo 1	TB1	
4	Trafo 2	TB2	
5	Trafo 3	TB3	
6	Trafo 4	TB4	
7	Trafo 5	TB5	
8	Trafo 6	TB6	
9	Trafo 7	TB7	
10	Trafo 8	TB8	
11	Trafo 9	TB9	
12	Trafo 10	TB10	
13	Trafo 11	TB11	
14	Trafo 12	TB12	
15	Trafo 13	TB13	
16	Trafo 14	TB14	
17	Trafo 15	TB15	
18	Trafo 16	TB16	
19	Trafo 17	TB17	
20	Trafo 18	TB18	
21	Trafo 19	TB19	
22	Trafo 20	TB20	
23	Trafo 21	TB21	
24	Trafo 22	TB22	
25	Trafo 23	TB23	
26	Trafo 24	TB24	
27	Trafo 25	TB25	
28	Trafo 26	TB26	
29	Trafo 27	TB27	
30	Trafo 28	TB28	
31	Trafo 29	TB29	
32	Trafo 30	TB30	
33	Trafo 31	TB31	
34	Trafo 32	TB32	
35	<i>Line 1</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
36	<i>Line 2</i>	TB1-TB32	TB33-TB65

Data Peralatan		Efek Sistem	
No. Gangguan	Komponen	Titik Beban yang Dipengaruhi <i>Repair Time</i>	Titik Beban yang Dipengaruhi <i>Switching Time</i>
37	<i>Line 3</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
38	<i>Line 4</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
39	<i>Line 5</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
40	<i>Line 6</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
41	<i>Line 7</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
42	<i>Line 8</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
43	<i>Line 9</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
44	<i>Line 10</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
45	<i>Line 11</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
46	<i>Line 12</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
47	<i>Line 13</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
48	<i>Line 14</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
49	<i>Line 15</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
50	<i>Line 16</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
51	<i>Line 17</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
52	<i>Line 18</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
53	<i>Line 19</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
54	<i>Line 20</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
55	<i>Line 21</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
56	<i>Line 22</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
57	<i>Line 23</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
58	<i>Line 24</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
59	<i>Line 25</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
60	<i>Line 26</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
61	<i>Line 27</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
62	<i>Recloser</i>	TB1-TB32	TB33-TB65
63	<i>LBS 2</i>	TB1-TB32	TB33-TB65

Frekuensi gangguan (*failure rate*) pada masing-masing titik beban λLP , merupakan penjumlahan laju kegagalan peralatan yang ada pada titik beban:

$$\lambda_{\text{Peralatan}} = \lambda \left(\frac{\text{unit}}{\text{tahun}} \right) \times P \left(\frac{\text{km}}{\text{unit}} \right) \quad (2.1)$$

Dimana:

λ = Laju kegagalan untuk peralatan x

P = Panjang saluran

Peralatan x = Peralatan yang terdapat pada *load point*

Sehingga pada *line 1* nilai:

Faizal Ramadhan Sundara, 2021

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG CKNG DI PT. PLN (PERSERO) AREA CIAMIS MENGGUNAKAN ETAP DAN METODE SECTION TECHNIQUE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

$$\lambda (\text{line 1}) = \text{failure rate peralatan} \times \text{panjang saluran}$$

$$= 0.07 \times 0.120 = 0.0084 \text{ gangguan/tahun}$$

Tabel 3.14 Perhitungan Laju Kegagalan (λ) Pada Titik Beban 1

Peralatan	Failure Rate ($\lambda/\text{km}/\text{yr}$)	Panjang Saluran (Km)	λ (gangguan/tahun)
CB	0.004		0.004
LBS 1	0.003		0.003
LBS 2	0.003		0.003
Recloser	0.005		0.005
Trafo	0.005		0.005
Line 1	0.07	0.120	0.0084
Line 2	0.2	0.232	0.0464
Line 3	0.2	0.794	0.1588
Line 4	0.2	0.107	0.0214
Line 5	0.2	0.463	0.0926
Line 6	0.2	0.238	0.0476
Line 7	0.2	0.330	0.0660
Line 8	0.2	0.094	0.0188
Line 9	0.2	0.136	0.0272
Line 10	0.2	0.288	0.0576
Line 11	0.2	0.410	0.0820
Line 12	0.2	0.138	0.0276
Line 13	0.2	0.124	0.0248
Line 14	0.2	0.096	0.0192
Line 15	0.2	0.144	0.0288
Line 16	0.2	0.347	0.0694
Line 17	0.2	0.347	0.0694
Line 18	0.2	0.185	0.0370
Line 19	0.2	0.650	0.1300
Line 20	0.2	0.855	0.1710
Line 21	0.2	0.147	0.0294
Line 22	0.2	0.302	0.0604
Line 23	0.2	0.872	0.1744
Line 24	0.2	0.464	0.0928
Line 25	0.2	0.84	0.1680
Line 26	0.2	0.753	0.1506
Line 27	0.2	0.295	0.0590
Jumlah Total Laju Kegagalan $\Sigma(i = k)\lambda_i$			1.9586

Hasil analisa laju kegagalan titik beban 1 yaitu 1,9586. Nilai laju kegagalan titik beban 2 sampai titik beban 32 diasumsikan sama dengan titik beban 1, karena

nilai laju kegagalan tiap trafo sama dan titik beban 1 sampai titik beban 32 merupakan bagian yang sama dari *section*/bagian 1.

Tabel 3.15 Perhitungan Laju Kegagalan (λ) Pada Titik Beban 33

Peralatan	Failure Rate (λ /km/yr)	Panjang Saluran (Km)	λ (gangguan/tahun)
Trafo	0.005		0.005
LBS TMR	0.003		0.003
Line 28	0.2	0.80	0.1600
Line 29	0.2	0.798	0.1596
Line 30	0.2	0.895	0.1790
Line 31	0.2	0.157	0.0314
Line 32	0.2	0.597	0.1194
Line 33	0.2	0.56	0.1120
Line 34	0.2	0.390	0.0780
Line 35	0.2	0.310	0.0620
Line 36	0.2	0.98	0.1960
Line 37	0.2	0.273	0.0546
Line 38	0.2	0.420	0.0840
Line 39	0.2	1.276	0.2552
Line 40	0.2	0.515	0.1030
Line 41	0.2	0.165	0.0330
Line 42	0.2	0.173	0.0346
Line 43	0.2	0.392	0.0784
Line 44	0.2	0.508	0.1016
Line 45	0.2	0.887	0.1774
Line 46	0.2	0.349	0.0698
Line 47	0.2	1.225	0.2450
Line 48	0.2	0.779	0.1558
Line 49	0.2	0.608	0.1216
Line 50	0.2	0.639	0.1278
Line 51	0.2	0.692	0.1384
Line 52	0.2	0.553	0.1106
Line 53	0.2	0.300	0.0600
Line 54	0.2	0.468	0.0936
Line 55	0.2	0.469	0.0938
Line 56	0.2	0.255	0.0510
Line 57	0.2	0.386	0.0772
Line 58	0.2	0.730	0.1460

Faizal Ramadhan Sundara, 2021

ANALISIS KEANDALAN SISTEM DISTRIBUSI 20 kV PENYULANG CKNG DI PT. PLN (PERSERO) AREA CIAMIS MENGGUNAKAN ETAP DAN METODE SECTION TECHNIQUE

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Peralatan	Failure Rate (λ /km/yr)	Panjang Saluran (Km)	λ (gangguan/tahun)
Line 59	0.2	1.354	0.2708
Jumlah Total Laju Kegagalan $\Sigma(i = k)\lambda_i$			3.7886

Hasil analisa laju kegagalan untuk titik beban 33 yaitu 3,7886. Sama halnya dengan laju kegagalan titik beban 34 sampai titik beban 65. Kesamaan nilai laju kegagalan tersebut terjadi karena dari titik beban 33 sampai titik beban 65 sama-sama bagian dari *section 2*, yang mana apabila terjadi gangguan pada *section 1* maka pemisah akan membuka dan sistem antara *section 1* dan *section 2* akan terputus untuk sementara.

Durasi gangguan peralatan setiap *section*:

$$U_{\text{Peralatan}} = \lambda_{\text{Peralatan}} \times t \text{ (jam)} \quad (2.2)$$

Dimana:

$U_{\text{Peralatan}}$ = Durasi gangguan untuk peralatan x

$\lambda_{\text{Peralatan}}$ = Laju kegagalan konstan ($\frac{\text{kegagalan}}{\text{tahun}}$)

t = Waktu perbaikan peralatan x

Peralatan x = Peralatan yang terdapat pada *load point*

Durasi gangguan pada *line 1*:

$U = \text{Failure rate peralatan} \times \text{Repairing time peralatan}$

$$= 0,0084 \times 15 = 0,126 \text{ jam/tahun.}$$

Tabel 3.16 Hasil Perhitungan Durasi Gangguan (U) Pada Titik Beban 1

Peralatan	λ (<i>fault/</i> <i>year</i>)	Repair Time (Jam)	Switching Time (Jam)	U (Jam/tahun)
CB	0.004	10	0.15	0.04
LBS 1	0.003	10	0.15	0.03
LBS 2	0.003	10	0.15	0.03
Recloser	0.005	10	0.15	0.05
Trafo	0.005	10	0.15	0.05
Line 1	0.0084	15	0.15	0.126
Line 2	0.0464	3	0.15	0.1392
Line 3	0.1588	3	0.15	0.4764
Line 4	0.0214	3	0.15	0.0642
Line 5	0.0926	3	0.15	0.2778

Peralatan	λ (<i>fault/</i> <i>year</i>)	<i>Repair</i> <i>Time</i> (Jam)	<i>Switching</i> <i>Time</i> (Jam)	U (Jam/tahun)
Line 6	0.0476	3	0.15	0.1428
Line 7	0.0660	3	0.15	0.198
Line 8	0.0188	3	0.15	0.0564
Line 9	0.0272	3	0.15	0.0816
Line 10	0.0576	3	0.15	0.1728
Line 11	0.0820	3	0.15	0.246
Line 12	0.0276	3	0.15	0.0828
Line 13	0.0248	3	0.15	0.0744
Line 14	0.0192	3	0.15	0.0576
Line 15	0.0288	3	0.15	0.0864
Line 16	0.0694	3	0.15	0.2082
Line 17	0.0694	3	0.15	0.2082
Line 18	0.0370	3	0.15	0.111
Line 19	0.1300	3	0.15	0.39
Line 20	0.1710	3	0.15	0.513
Line 21	0.0294	3	0.15	0.0882
Line 22	0.0604	3	0.15	0.1812
Line 23	0.1744	3	0.15	0.5232
Line 24	0.0928	3	0.15	0.2784
Line 25	0.1680	3	0.15	0.504
Line 26	0.1506	3	0.15	0.4518
Line 27	0.0590	3	0.15	0.177
Jumlah Total Durasi Gangguan $\Sigma(i = k)U_i$				6.1166

Peralatan pada titik beban 1 dalam kondisi *repair time* dan tidak ada peralatan yang mengalami kondisi *switching time*, karena jika ada peralatan mengalami kegagalan maka akan terjadi gangguan semua sistem, kecuali transformator.

Tabel 3.17 Hasil Perhitungan Durasi Gangguan (U) Pada Titik Beban 33

Peralatan	λ (<i>fault/</i> <i>year</i>)	<i>Repair</i> <i>Time</i> (Jam)	<i>Switching</i> <i>Time</i> (Jam)	U (Jam/tahun)
Trafo	0.005	10	0.15	0.0075
LBS TMR	0.003	10	0.15	0.0045
Line 28	0.1600	3	0.15	0.0720
Line 29	0.1596	3	0.15	0.07182
Line 30	0.1790	3	0.15	0.08055
Line 31	0.0314	3	0.15	0.01413
Line 32	0.1194	3	0.15	0.05373
Line 33	0.1120	3	0.15	0.0504
Line 34	0.0780	3	0.15	0.0351

Peralatan	λ (<i>fault/</i> <i>year</i>)	<i>Repair</i> <i>Time</i> (Jam)	<i>Switching</i> <i>Time</i> (Jam)	U (Jam/tahun)
Line 35	0.0620	3	0.15	0.0279
Line 36	0.1960	3	0.15	0.0882
Line 37	0.0546	3	0.15	0.02457
Line 38	0.0840	3	0.15	0.0378
Line 39	0.2552	3	0.15	0.11484
Line 40	0.1030	3	0.15	0.04635
Line 41	0.0330	3	0.15	0.01485
Line 42	0.0346	3	0.15	0.01557
Line 43	0.0784	3	0.15	0.03528
Line 44	0.1016	3	0.15	0.04572
Line 45	0.1774	3	0.15	0.07983
Line 46	0.0698	3	0.15	0.03141
Line 47	0.2450	3	0.15	0.11025
Line 48	0.1558	3	0.15	0.07011
Line 49	0.1216	3	0.15	0.05472
Line 50	0.1278	3	0.15	0.05751
Line 51	0.1384	3	0.15	0.06228
Line 52	0.1106	3	0.15	0.04977
Line 53	0.0600	3	0.15	0.027
Line 54	0.0936	3	0.15	0.04212
Line 55	0.0938	3	0.15	0.04221
Line 56	0.0510	3	0.15	0.02295
Line 57	0.0772	3	0.15	0.03474
Line 58	0.1460	3	0.15	0.0657
Line 59	0.2708	3	0.15	0.12186
Jumlah Total Durasi Gangguan $\Sigma(i = k)U_i$				1.71327

Hasil dari analisa perhitungan untuk durasi gangguan titik beban 33 yaitu 1,71327. Nilai durasi gangguan tersebut diasumsikan sama dengan durasi gangguan untuk titik beban 34 sampai 65. Hal itu terjadi karena *section 2* akan terjadi pemutusan sementara saat *section 1* mengalami gangguan.

Tabel 3.18 Laju Kegagalan (λ) Dan Durasi Gangguan (U) Penyulang CKNG

Titik Beban	Indeks Keandalan Titik Beban	
	λ (gangguan/tahun)	U (jam/tahun)
1	1.9586	6.1166
2	1.9586	6.1166
3	1.9586	6.1166
4	1.9586	6.1166
5	1.9586	6.1166

Titik Beban	Indeks Keandalan Titik Beban	
	λ (gangguan/tahun)	U (jam/tahun)
6	1.9586	6.1166
7	1.9586	6.1166
8	1.9586	6.1166
9	1.9586	6.1166
10	1.9586	6.1166
11	1.9586	6.1166
12	1.9586	6.1166
13	1.9586	6.1166
14	1.9586	6.1166
15	1.9586	6.1166
16	1.9586	6.1166
17	1.9586	6.1166
18	1.9586	6.1166
19	1.9586	6.1166
20	1.9586	6.1166
21	1.9586	6.1166
22	1.9586	6.1166
23	1.9586	6.1166
24	1.9586	6.1166
25	1.9586	6.1166
26	1.9586	6.1166
27	1.9586	6.1166
28	1.9586	6.1166
29	1.9586	6.1166
30	1.9586	6.1166
31	1.9586	6.1166
32	1.9586	6.1166
33	3.7886	1.71327
34	3.7886	1.71327
35	3.7886	1.71327
36	3.7886	1.71327
37	3.7886	1.71327
38	3.7886	1.71327
39	3.7886	1.71327
40	3.7886	1.71327
41	3.7886	1.71327
42	3.7886	1.71327
43	3.7886	1.71327
44	3.7886	1.71327
45	3.7886	1.71327
46	3.7886	1.71327
47	3.7886	1.71327
48	3.7886	1.71327

Titik Beban	Indeks Keandalan Titik Beban	
	λ (gangguan/tahun)	λ (gangguan/tahun)
49	3.7886	1.71327
50	3.7886	1.71327
51	3.7886	1.71327
52	3.7886	1.71327
53	3.7886	1.71327
54	3.7886	1.71327
55	3.7886	1.71327
56	3.7886	1.71327
57	3.7886	1.71327
58	3.7886	1.71327
59	3.7886	1.71327
60	3.7886	1.71327
61	3.7886	1.71327
62	3.7886	1.71327
63	3.7886	1.71327
64	3.7886	1.71327
65	3.7886	1.71327

Dari tabel 4.8 dengan rumus di bawah ini dapat ditentukan nilai SAIFI dan SAIDI pada masing-masing titik beban:

$$SAIFI = \frac{\sum N_{LP} \times \lambda_{LP}}{\sum N} \quad (2.3)$$

$$SAIFI_{TB1} = \frac{1,9586 \times 611}{18733} = 0,063882$$

$$SAIDI = \frac{\sum N_{LP} \times U_{LP}}{\sum N} \quad (2.4)$$

$$SAIDI_{TB1} = \frac{6,1166 \times 611}{18733} = 0,1995$$

Tabel 3.19 Hasil Perhitungan SAIFI dan SAIDI Metode *Section Technique*

Titik Beban	Indeks Keandalan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
1	0.0639	0.1995
2	0.0157	0.0490
3	0.0210	0.0656
4	0.0768	0.2400
5	0.0272	0.0849
6	0.0004	0.0013
7	0.0635	0.1982
8	0.0238	0.0744

Titik Beban	Indeks Keandalan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
9	0.0379	0.1185
10	0.0118	0.0369
11	0.0001	0.0003
12	0.0176	0.0548
13	0.0696	0.2174
14	0.0001	0.0003
15	0.0683	0.2132
16	0.0001	0.0003
17	0.0350	0.1094
18	0.0001	0.0003
19	0.0224	0.0702
20	0.0001	0.0003
21	0.0350	0.1094
22	0.0286	0.0895
23	0.0001	0.0003
24	0.0790	0.2468
25	0.0001	0.0003
26	0.0004	0.0013
27	0.0002	0.0006
28	0.0638	0.1995
29	0.0314	0.0983
30	0.0157	0.0490
31	0.0690	0.2155
32	0.0798	0.2491
33	0.0307	0.0139
34	0.0675	0.0305
35	0.1236	0.0559
36	0.0491	0.0222
37	0.1264	0.0572
38	0.1165	0.0527
39	0.0307	0.0139
40	0.0987	0.0446
41	0.0336	0.0152
42	0.0987	0.0446
43	0.0334	0.0151
44	0.0222	0.0101
45	0.0617	0.0279
46	0.0330	0.0149
47	0.1468	0.0664
48	0.0324	0.0146
49	0.0002	0.0001
50	0.0987	0.0446

Titik Beban	Indeks Keandalan	
	SAIFI (gangguan/tahun)	SAIDI (jam/tahun)
51	0.0617	0.0279
52	0.1236	0.0559
53	0.0617	0.0279
54	0.0334	0.0151
55	0.0154	0.007
56	0.0156	0.007
57	0.0233	0.0105
58	0.0303	0.0137
59	0.0617	0.0279
60	0.0307	0.0139
61	0.0870	0.0393
62	0.0253	0.0114
63	0.0307	0.0139
64	0.0987	0.0446
65	0.0307	0.0139
Total	2.89	3.87

Nilai indeks keandalan SAIFI dan SAIDI yang dihasilkan dengan menggunakan perhitungan metode *section technique* yaitu didapatkan nilai SAIDI 2.89 frekuensi/pelanggan/tahun dan SAIDI 3.87 jam/pelanggan/tahun pada penyulang CKNG. Nilai indeks keandalan CAIDI dihasilkan dari:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (2.5)$$

$$\begin{aligned} CAIDI &= \frac{3.87}{2.89} \\ &= 1.34 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai CAIDI pada penyulang CKNG didapatkan nilai CAIDI 1.34 jam/frekuensi/tahun.

3.7 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah mendapatkan hasil simulasi *reliability analysis* pada *software* ETAP 19.0.1 dari *one line diagram* penyulang CKNG dan perhitungan menggunakan metode *section technique*, lalu dibandingkan dengan standar indeks keandalan SPLN (59: 1985) pada tabel 3.20 dan standar indeks keandalan IEEE (1366-2000) pada tabel 3.21.

Tabel 3.20 Standar Indeks Keandalan SPLN (59: 1985)

INDIKATOR KERJA	STANDAR NILAI	SATUAN
SAIFI	2.4	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	12.8	Jam/Pelanggan/Tahun
CAIDI	5.33	Jam/Frekuensi/Tahun

Tabel 3.21 Standar Indeks Keandalan IEEE (1366-2000)

INDIKATOR KERJA	STANDAR NILAI	SATUAN
SAIFI	1.45	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	2.30	Jam/Pelanggan/Tahun
CAIDI	1.58	Jam/Frekuensi/Tahun

3.8 Perangkat Penelitian

Perangkat keras yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah sebuah laptop merk HP dengan prosesor *AMD Ryzen 5 @ 2.1 GHz* dengan sistem operasi Windows 10 *64-bit* serta aplikasi ETAP 19.0.1.