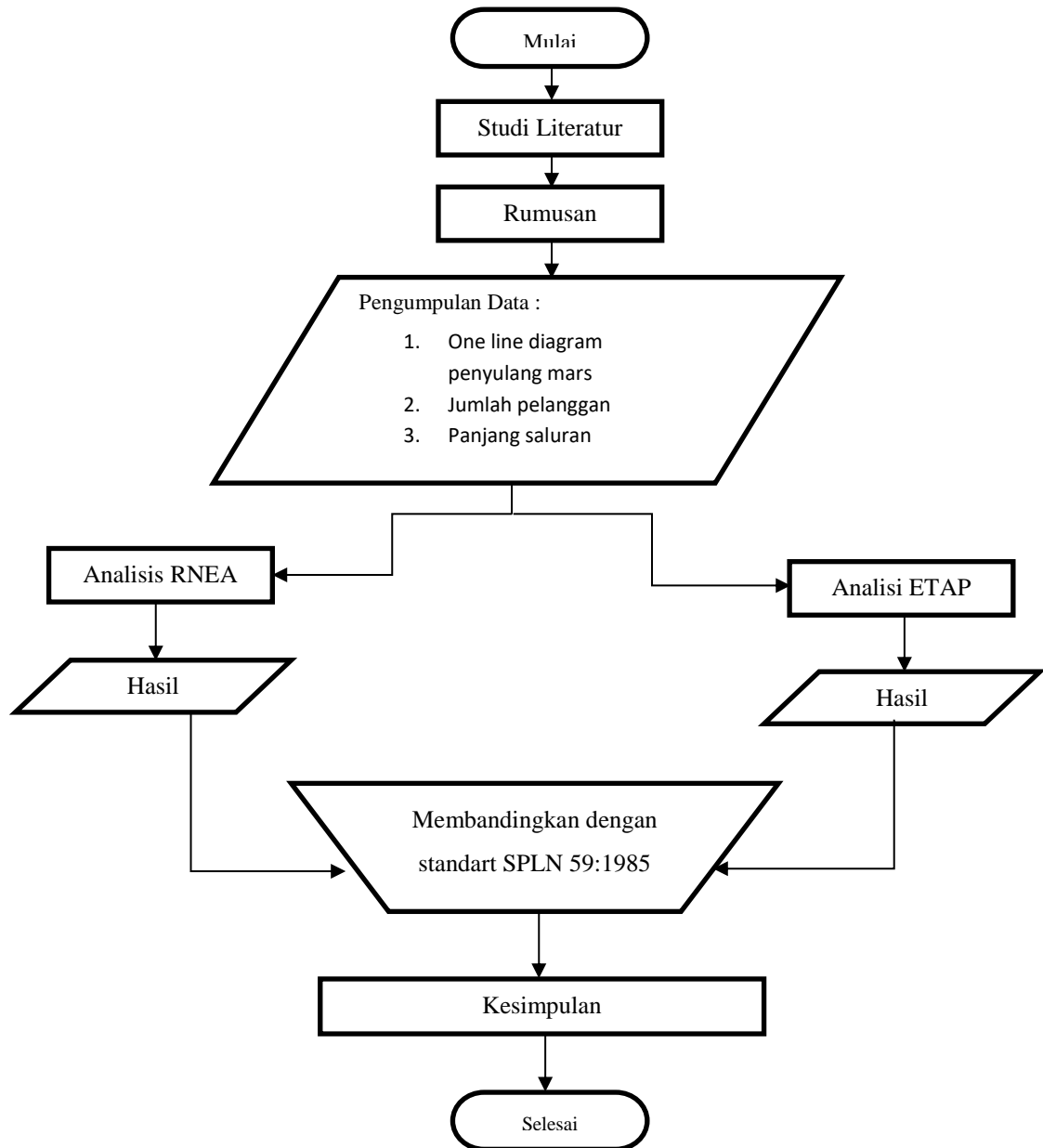


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

3.2 Lokasi dan Subjek Penelitian

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di PT. PLN UP3 Majalaya. Alamat: Jalan Jaksa Naranata No. 1, Baleendah, Kec. Baleendah, Bandung, Jawa Barat 40258. Dan penelitian ini dikhususkan pada penyulang Mars yang terhubung di Gardu Induk Majalaya.

3.3 Metode Pengumpulan Data

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

1. Studi Literatur

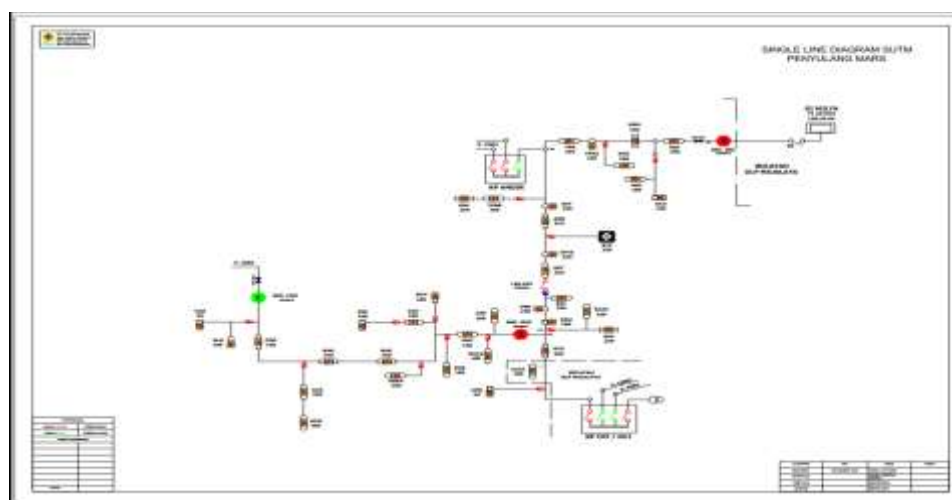
Pengumpulan data dengan metode studi literatur dilakukan dengan cara mendapatkan data melalui buku, jurnal, penelitian terdahulu dan lain sebagainya yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.

3.4 Data-Data Lapangan

Data yang didapat dari PT. PLN UP3 Majalaya diantaranya sebagai berikut:

3.4.1 Data One Line Diagram Penyulang Mars

Data *one line diagram* merupakan data yang penting dalam penelitian ini. Tujuannya untuk mengetahui komponen-komponen apa saja pada plant. Data tersebut digunakan sebagai acuan untuk membuat *one line diagram* pada Metode *Reliability-Network-Equivalent Approach* (RNEA) dan *software* ETAP 16.0.0. Berikut adalah *one line diagram* penyulang Mars.



Gambar 3.2 *One Line Diagram* Penyulang Mars

3.4.2 Data Transformator Distribusi

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

Table 3.1 Data Gardu Distribusi Dan Kapasitasnya

NO	KODE	KVA
1	GUL	250
2	CDU	50
3	CDD	160
4	ACM	200
5	ACO	250
6	RAK	160
7	BAK	250
8	PSE	100
9	SAH	160
10	RCH	100
11	PME	100
12	MUC	160
13	CRO	50
14	DCE	200
15	SAA	250
16	KGU	160
17	BRI	250
18	DPT	250
19	ANR	315
20	KAT	160
21	TPR	250
22	MGU	250
23	KCU	160
24	RSC	200
25	TPRA	160

26	DPTA	160
27	BAKA	250
28	MUCA	100
29	MUI	100
30	ALH	100
31	KGS	250
32	TPRB	250
33	HNS	100
34	ASP	100
35	BTP	250
36	SAAA	100

3.4.3 Data Jumlah Pelanggan

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

Table 3.2 Data Jumlah Pelanggan

NO	KODE	JUMLAH PELANGGAN
1	GUL	1176
2	CDU	56
3	CDD	830
4	ACM	773
5	ACO	1230
6	RAK	840
7	BAK	1033
8	PSE	321
9	SAH	516
10	RCH	566
11	PME	306
12	MUC	681
13	CRO	168
14	DCE	545

15	SAA	781
16	KGU	609
17	BRI	912
18	DPT	891
19	ANR	1431
20	KAT	563
21	TPR	902
22	MGU	924
23	KCU	603
24	RSC	488
25	TPRA	196
26	DPTA	448
27	BAKA	316
28	MUCA	39
29	MUI	134
30	ALH	1
31	KGS	60
32	TPRB	1
33	HNS	1
34	ASP	1
35	BTP	
36	SAAA	

3.4.4 Data Panjang Saluran

Data panjang saluran dari gardu distribusi pada penyulang Mars dapat dilihat pada tabel 3.3 sebagai berikut:

Table 3.3 Data Panjang Saluran

NO	PANJANG SALURAN	Jarak (KMS)
1	L1	0.052
2	L2	0.213
3	L3	0.468

4	L4	0.466
5	L5	0.089
6	L6	0.120
7	L7	0.287
8	L8	0.266
9	L9	0.261
10	L10	0.241
11	L11	0.199
12	L12	0.146
13	L13	0.407
14	L14	0.689
15	L15	0.053
16	L16	0.303
17	L17	0.356
18	L18	0.469
19	L19	0.072
20	L20	0.707
21	L21	0.309
22	L22	0.102
23	L23	0.053
24	L24	0.879
25	L25	0.468
26	L26	0.061
27	L27	0.751
28	L28	0.652
29	L29	0.433
30	L30	0.109
31	L31	0.188
32	L32	0.222
33	L33	0.237
34	L34	0.034
35	L35	1.358
36	L36	0.621
37	L37	0.145

38	L38	0.716
39	L39	0.090
40	L40	0.854
41	L41	0.910
42	L42	0.114
43	L43	0.395
44	L44	1.132
45	L45	0.033
46	L46	0.771
47	L47	1.110
48	L48	0.542
49	L49	0.242
50	L50	0.604
51	L51	0.295
52	L52	0.522

3.4.5 Data Keandalan Peralatan

Data keandalan peralatan yang digunakan menggunakan data dari SPLN 59 tahun 1985 dapat dilihat pada tabel 3.4 sebagai berikut:

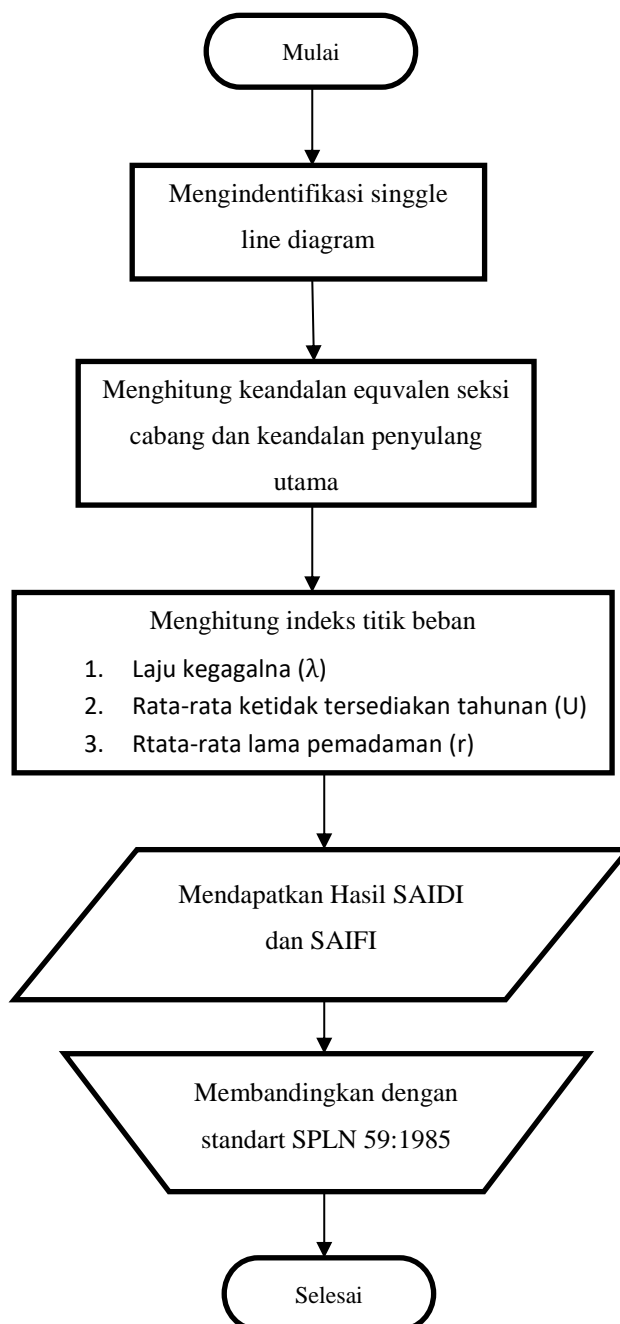
Table 3.4 Data Keandalan Peralatan

Peralatan	λ (Indeks Kegagalan)	r (Repair Time) (Jam)
SUTM	0.2 /KMS	3
Trafo Distribusi	0.005 unit/tahun	10
LBS	0.003 unit/tahun	10
FCO	0.003 unit/tahun	10

3.5 Perhitungan Metode Reliability-Network-Equivalent Approach (RNEA)

Setelah menentukan faktor-faktor indkes kegagalan tahunan, tahap selanjutnya yang akan dilakukan adalah menghitung indeks keandalan (load point) menggunakan metode RNEA dengan data-data yang telah dikumpulkan. Untuk menghitung indeks keandalan (load point) penyulang Mars dan, bagan besar

menggunakan metode RNEA terdiri dari beberapa tahap yang dapat dilihat dibawah ini sebagai berikut :

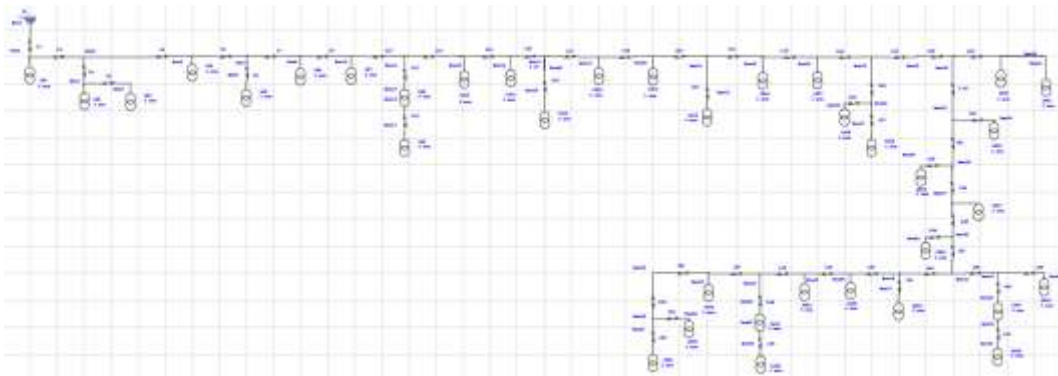


Gambar 3.3 Tahapan Perhitungan metode RNEA

Dalam perhitungan metode RNEA ada beberapa hal yang perlu dipahami dalam proses pengerjaannya seperti berikut:

3.5.1 Mengidentifikasi

Tahapan pertama menghitung indeks titik beban dengan menggunakan metode RNEA adalah mengidentifikasi *single line* diagram penyulang Mars. Dalam tahapan ini semuanya penyulang cabang (*sub feeder*) dan penyulang utama (*main feeder*) dicari, selanjutnya penyulang-penyulang cabang direduksi, sehingga menghasilkan jaringan ekuivalen. Dengan menggunakan jaringan ekuivalen, sistem dapat di reduksi kedalam bentuk sistem distribusi umum.



Gambar 3.4 Pemodelan Penyulang Mars

Gambar 3.4 merupakan pemodelan penyulang MARS, pada penyulang MARS terdapat 36 *load point*, dengan kapasitas trafo yang berbeda beda tiap *load point*, Jumlah pelanggan yang terdapat pada penyulang MARS adalah sebanyak 18342 pelanggan

3.5.2 Menghitung keandalan seksi cabang

Setelah mengindenfikasi penyulang cabang dan mengetahui komponen yang berpengaruh pada penyulang cabang tersebut, langkah selanjutnya menghitung keandalan seksi cabang. Dari tahapan ini semua peralatan yang terdapat pada seksi cabang tersebut akan di evaluasi keandalannya, sehingga semua λ_e (frekuensi gangguan titik beban anak) dan durasi gangguan U_e (ketidak tersediaan tahunan pada titik beban anak) berhasil dihitung. Persmaan yang digunakan dalam menghitung keandalan seksi cabang adalah persamaan berikut.

- a. Perhitungan nilai λ_e

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai λ_e adalah sebagai berikut :

$$\lambda_e = \lambda_i \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

λ_e = laju kegagalan ekuivalen komponen seri

λ_i = laju kegagalan komponen i

b. Perhitungan nilai U_e

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai U_e adalah sebagai berikut :

$$U_e = \lambda_i r_i \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan :

U_e = total ketaktersediaan tahunan ekuivalen komponen seri

λ_i = laju kegagalan komponen i

r_i = waktu perbaikan komponen i

c. Perhitungan nilai r_e

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai r_e adalah sebagai berikut :

$$r_e = \frac{U_e}{\lambda_e} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

r_e = waktu perbaikan (*repair time*)

U_e = total ketaktersediaan tahunan ekuivalen komponen seri

λ_e = laju kegagalan ekuivalen komponen seri

d. Parameter indeks keandalan

Data indeks keandalan yang diperlukan untuk perhitungan keandalan system distribusi dengan metode *RNEA* berdasarkan SPLN No. 59 Tahun 1985 Mengenai “Keandalan pada Sistem Distribusi 20 kV dan 6 kV” yang terdiri dari data kegagalan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan data kegagalan serta waktu perbaikan peralatan yang ada pada sistem distribusi.

Table 3.5 Data indeks keandalan

Peralatan	Angka keluaran	Waktu perbaikan (jam)
Saluran	0.2 λ /km/tahun	3
Trafo	0.005 unit/tahun	10
FCO	0.003 unit/tahun	10

3.5.3 Menghitung Indeks Keandalan Sistem

Langkah selanjutnya dari penelitian adalah menentukan indeks keandalan sistem yaitu SAIDI (nilai rata-rata dari lamanya kegagalan untuk setiap konsumen selama satu tahun), dan SAIFI (jumlah rata-rata kegagalan yang terjadi perpelanggan yang dilayani oleh sistem persatuan waktu). Data yang dibutuhkan dalam menghitung indeks keandalan yaitu nilai λ_{lp} (laju kegagalan load point), U_{lp} (rata-rata ketersediaan tahunan load point), dan r_{lp} (rata-rata lama padam load point) serta data jumlah pelanggan per titik beban pada jaringan distribusi.

a. Perhitungan nilai λ_{lp}

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai λ_{lp} adalah sebagai berikut :

$$\lambda_{lp} = \sum \lambda_i \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

λ_{lp} = laju kegagalan tiap *load point*

λ_i = laju kegagalan komponen *i*

b. Perhitungan nilai U_{lp}

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai U_{lp} adalah sebagai berikut :

$$U_{lp} = \sum \lambda_i r_i \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan :

U_{lp} = total ketaktersediaan tahunan tiap *load point*

λ_i = laju kegagalan komponen *i*

r_i = waktu perbaikan komponen *i*

c. Perhitungan nilai r_{lp}

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai r_{lp} adalah sebagai berikut :

$$r_{lp} = \frac{U_{lp}}{\lambda_{lp}} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan :

r_{lp} = waktu perbaikan (*repair time*) tiap *load point*

U_{lp} = total ketaktersediaan tahunan tiap *load point*

λ_{lp} = laju kegagalan tiap *load point*

d. Perhitungan nilai SAIDI

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai SAIDI adalah sebagai berikut:

$$SAIDI = \frac{\sum U_{lp} \cdot N_{lp}}{\sum N} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

SAIDI = Jumlah durasi gangguan (jam/pelanggan/tahun).

U_{lp} = total ketaktersediaan tahunan tiap *load point*

N_{lp} = jumlah pelanggan *load point*

N = Jumlah pelanggan total penyulang

e. Perhitungan nilai SAIFI

Rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai SAIFI adalah sebagai berikut:

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_{lp} \cdot N_{lp}}{\sum N} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

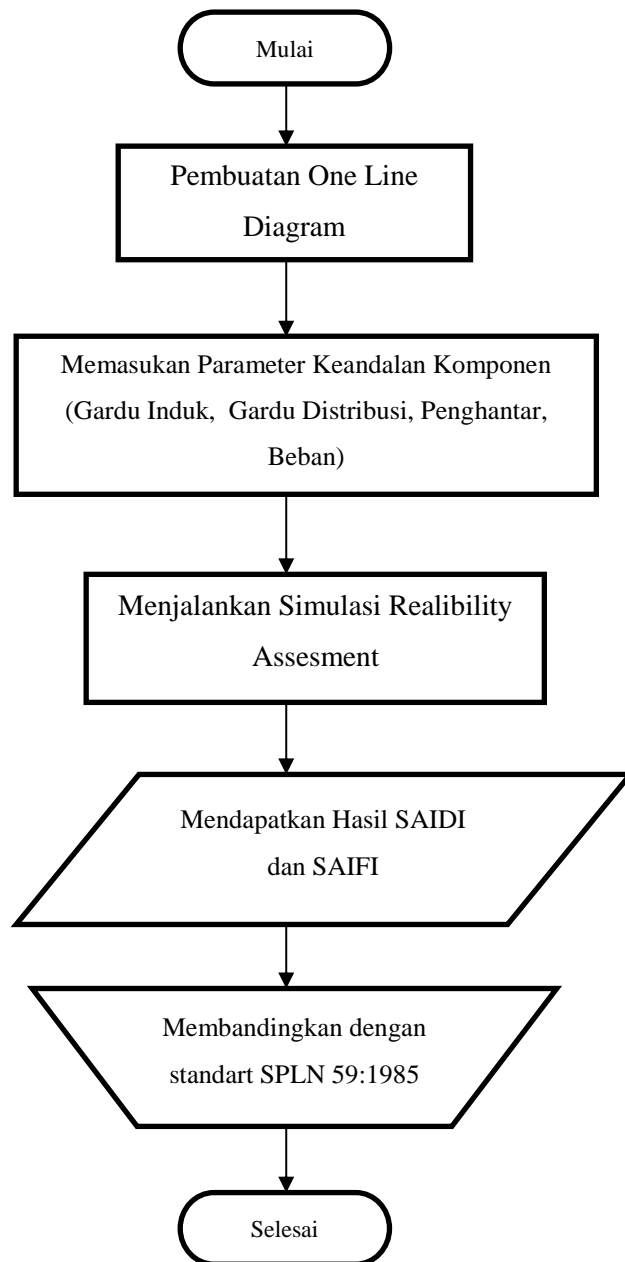
SAIDI = Rata-rata jumlah gangguan pada pelanggan (jumlah gangguan/pelanggan).

λ_{lp} = laju kegagalan tiap *load point*

N_{lp} = Jumlah pelanggan *load point*

N = Jumlah pelanggan total penyulang

3.6 Tahap Analisis Simulasi ETAP



Gambar 3.5 Tahap Analisis Simulasi ETAP

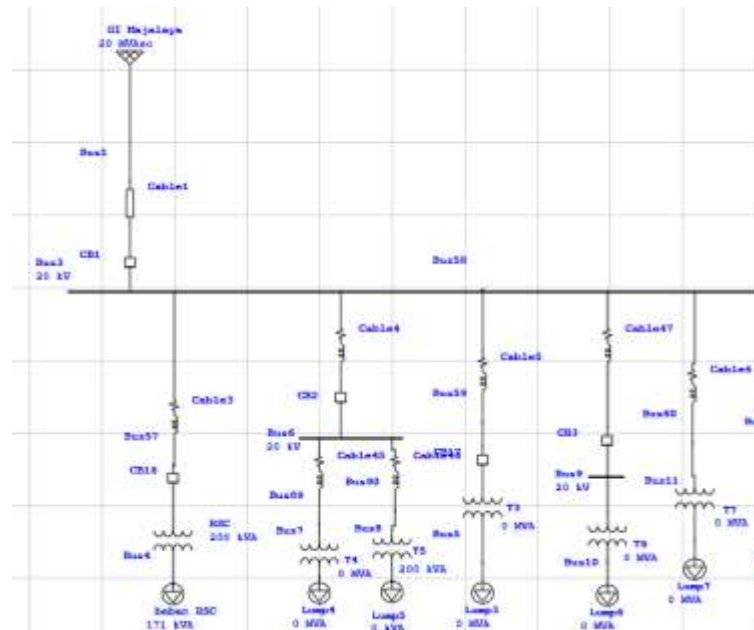
Dalam penelitian ini simulasi menggunakan *software* ETAP 16.0.0. ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) merupakan suatu *software* atau perangkat lunak yang berfungsi untuk membantu pekerjaan dibidang sistem tenaga listrik. *Software* ini dapat beroperasi secara *offline* untuk menjalankan simulasi sistem

tenaga listrik, maupun secara *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau untuk mengendalikan sistem secara *real-time*.

Dalam menggunakan *software* ETAP ada beberapa hal yang perlu dipahami dalam proses pengerjaannya seperti berikut:

3.6.1 Pembuatan One Line Diagram

Data yang terkumpul diolah untuk membuat *one line diagram* penyulang MARS menggunakan *software* ETAP 16.0.0. Setelah membuat *one line diagram*.



Gambar 3.6 *One Line Diagram* Penyulang MARS Pada ETAP 16.0.0

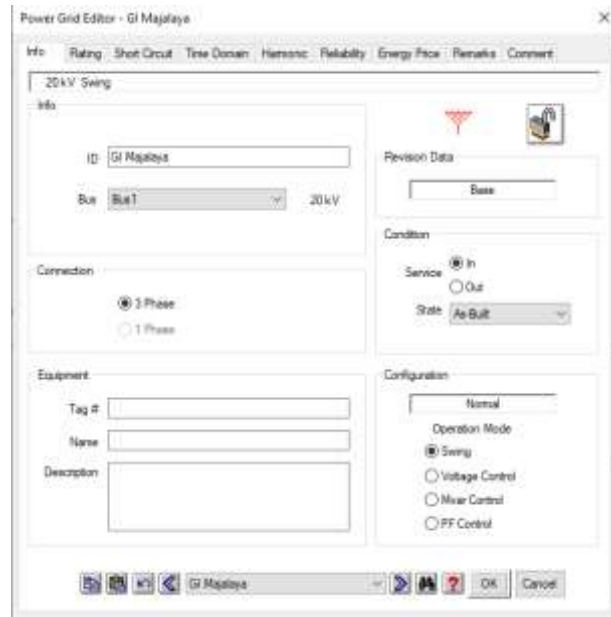
Gambar 3.6 merupakan sebagian *one line diagram* penyulang Mars yang dibuat menggunakan *software* ETAP 16.0.0. Pada pembuatan *one line diagram* penyulang Mars, terdapat 36 buah trafo.

3.6.2 Memasukan Parameter

Dalam membuat *one line diagram* perlu memasukan parameter-parameter yang akan mempengaruhi hasil dari simulasi seperti:

- a. *Power Grid* (Gardu Induk)

Power grid dalam simulasi ini memiliki fungsi sebagai gardu induk Majalaya yang memasok tenaga listrik pada penyulang Mars.



Gambar 3.7 Power Grid Editor Software ETAP 16.0.0

Pada gambar 3.7 dapat dilihat ada beberapa parameter dalam tampilan tersebut seperti: *info, rating, Short Circuit, Time Domain, Harmonic, Reliability, Energy Price, Remarks, dan Comment.*

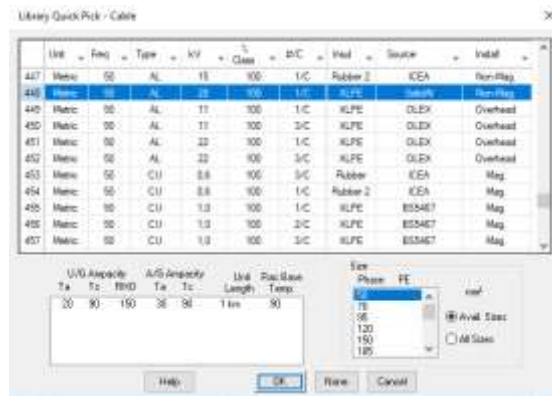
b. *Cable* (Penghantar)

Untuk menghubungkan dari gardu induk menuju pusat beban, dibutuhkan penghantar listrik. Dalam ETAP 16.0.0 dapat menggunakan *tools cable* untuk memasukan komponen penghantar pada *one line diagram.*



Gambar 3.8 Cable Editor Software ETAP 16.0.0

Pada gambar 3.8 Terdapat beberapa parameter-parameter yang dibutuhkan dalam membuat penghantar pada *one line diagram*. Untuk menentukan panjang saluran dapat diatur pada kolom *length* dan untuk menentukan jenis saluran dapat ditentukan dengan membuka *library* seperti gambar 3.8.

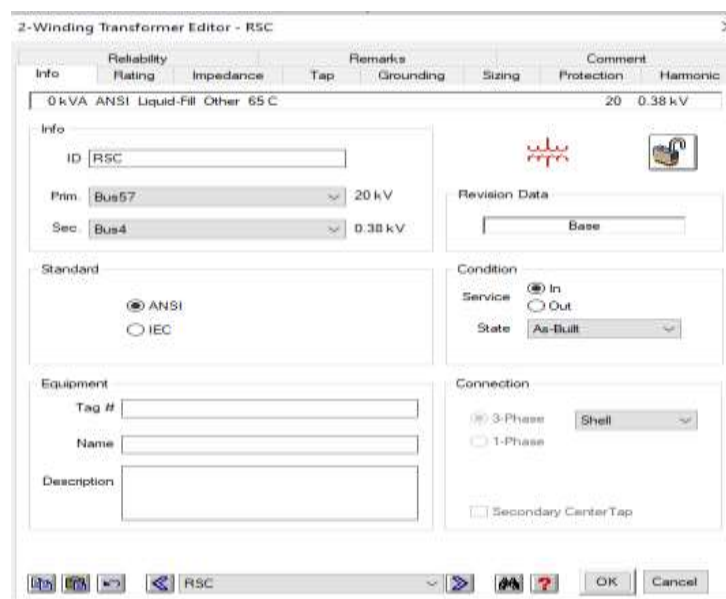


Gambar 3.9 *Library Quick Pick* Pada Komponen *Cable*

Gambar 3.9 menunjukkan kita dapat memilih frekuensi, ukuran luas penampang penghantar, bahan penghantar, dan bahan isolasi pada penghantar untuk digunakan dalam pembuatan *one line diagram*.

c. Gardu Distribusi

Pada simulasi ini menggunakan transformator dengan dua belitan. Pada sisi primer dengan tegangan 20 kV sedangkan pada sisi sekunder dengan tegangan 220/380 Volt.

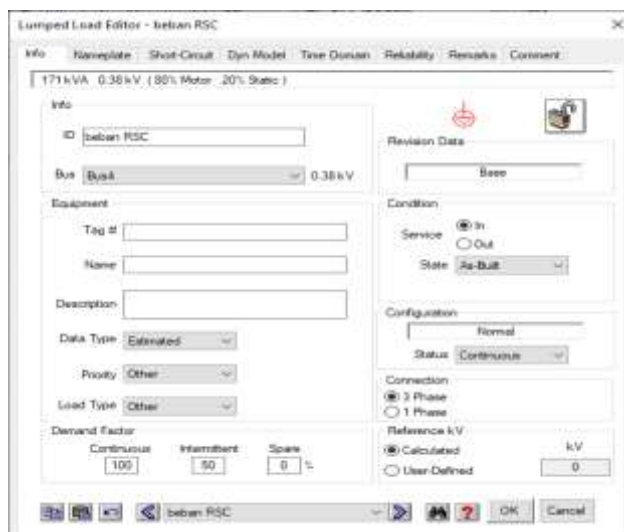


Gambar 3.10 *2-Winding Transformer Editor Software* ETAP 16.0.0

Pada gambar 3.10 merupakan tampilan jendela parameter-parameter pada komponen *2-winding transformer*. Parameter-parameter tersebut antara lain: *rating*, *info*, dan *reliability* sesuai dengan data yang didapat dari lapangan.

d. *Lumped Load*



Lumped load merupakan beban yang memiliki dua jenis beban yaitu motor dan statis (penerangan). Dapat kita lihat pada gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3.11 *Lumped Load Editor Software ETAP 16.0.0*

Pada gambar 3.11 terdapat kolom untuk mengatur persentasi jenis beban yang digunakan. Penulis mengatur menjadi 90% untuk jenis beban statis dan 10% beban motor.

3.7.3 Menjalankan Reliability Assesment

Setelah parameter dimasukkan pada setiap komponen, penulis menjalankan simulasi dengan model *reliability assesment* untuk mendapatkan indeks keandalan pada penyulang MARS. Dalam menggunakan model simulasi *reliability assesment* dapat menekan simbol pada *tools* bagian atas. Lalu  untuk mendapatkan hasilnya dengan menekan *tools* dengan simbol  *report manager*.

3.7 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah mendapatkan hasil perhitungan metode RNEA dan hasil simulasi *reliability assesment* dari *one line diagram* penyulang

Mars lalu dibandingkan dengan standar indeks keandalan SPLN 59: 1985 pada tabel 3.6

Table 3.6 Standar Indeks Keandalan SPLN 59: 1985

Indikator Kerja	Standar Nilai	Satuan
SAIFI	2.4	Kali/Pelanggan/Tahun
SAIDI	12.8	Jam/Pelanggan/Tahun

3.8 Perangkat Penelitian

Perangkat yang menunjang untuk melakukan pengelolaan data penelitian ini yaitu perangkat keras dan lunak. Perangkat keras (hardware) yang digunakan adalah sebuah laptop Acer Aspire 3 dengan prosesor AMD Ryzen™ 5 2500U CPU @ 2.00 GHz dengan sistem operasi Windows 10 Perangkat lunak (software) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu aplikasi ETAP 16.0.0. Microsoft Office 2016, dan Microsoft Excel 2016.