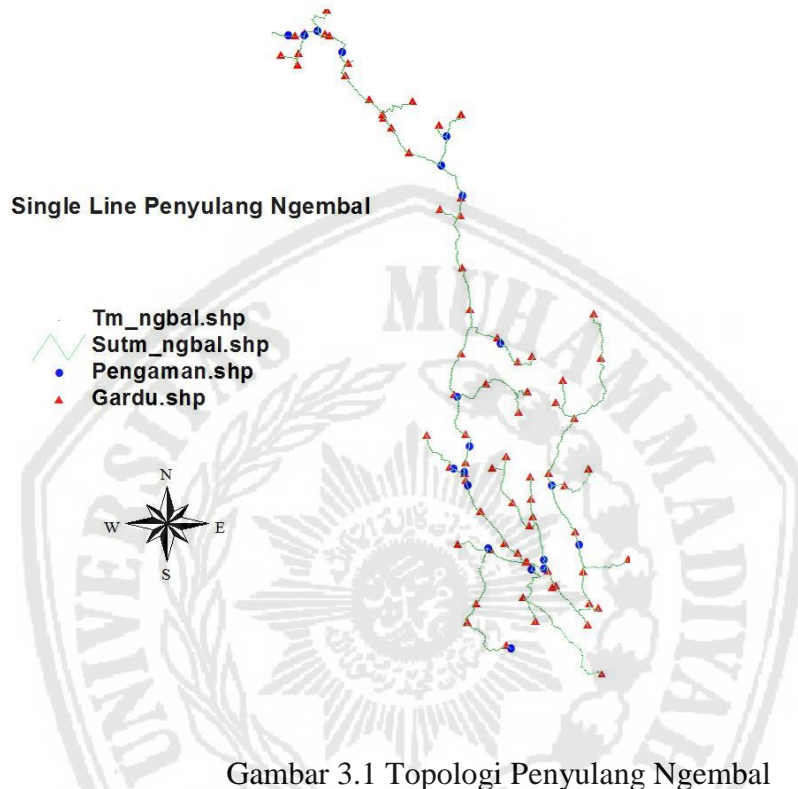


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menjelaskan tentang proses simulasi tentang peningkatan profil tegangan dengan memperbaiki *losses* daya menggunakan penetrasi energi terbarukan PLTS Kalipucang 15 kWp.



Gambar 3.1 Topologi Penyulang Ngembal

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Dusun Mucangan, Desa Kalipucang, Kecamatan Tukur, Kabupaten Pasuruan. Penulis melakukan penelitian pada tanggal 9 September 2017. Dusun Mucangan sendiri terpisah sekitar 2 km dari Desa Kalipucang. Akses jalan menuju dusun Mucangan sendiri lumayan susah karena akses jalannya masih berupa tanah dan bebatuan. Pada akhir Juli 2017 Dusun Mucangan ini baru merasakan jaringan listrik dari PLN dan Dusun Mucangan ini masuk area PLN Pasuruan Rayon Sukorejo Kabupaten Pasuruan dan nama Penyulang untuk Dusun Mucangan adalah Penyulang Ngembal.

Pengambilan data dilakukan di Rayon Sukorejo kabupaten Pasuruan dengan alamat Jl. Raya Malang-Pasuruan No. 20, Sengonagung, Purwosari, kabupaten

Pasuruan, Jawa Timur. Perjalanan dari Malang menuju kantor rayon Sukorejo kurang lebih 1,5 jam.



Gambar 3.2 PLTS Kalipucang

### 3.2 Studi Literatur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian informasi baik dari buku, jurnal, bahan dari internet maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini, di antaranya adalah:

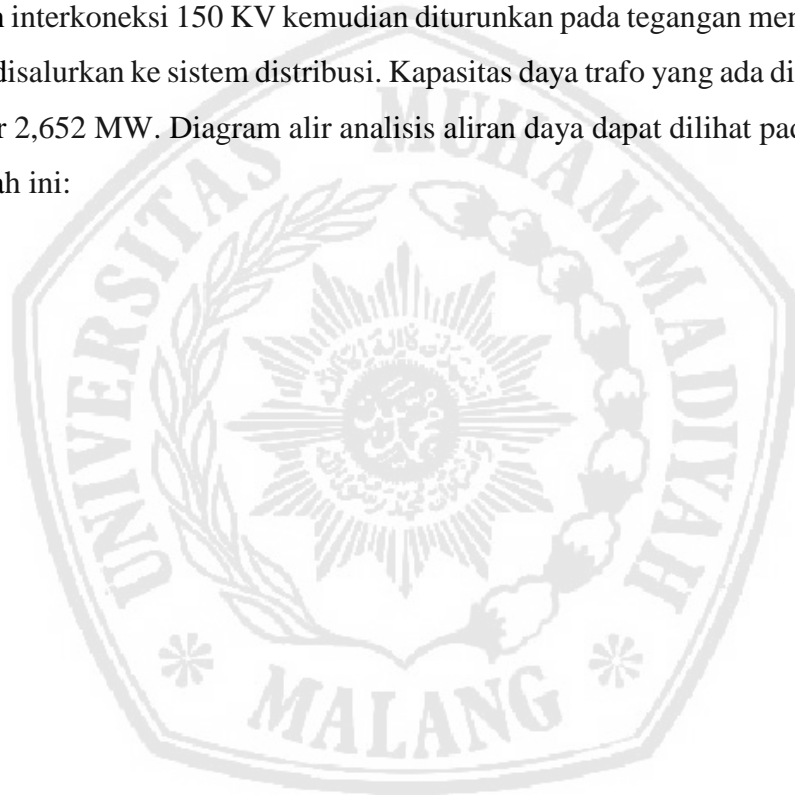
1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
2. Jaringan PLN
3. Sistem jaringan pembangkit
4. Sistem energi terbarukan
5. Perancangan sistem pembangkit

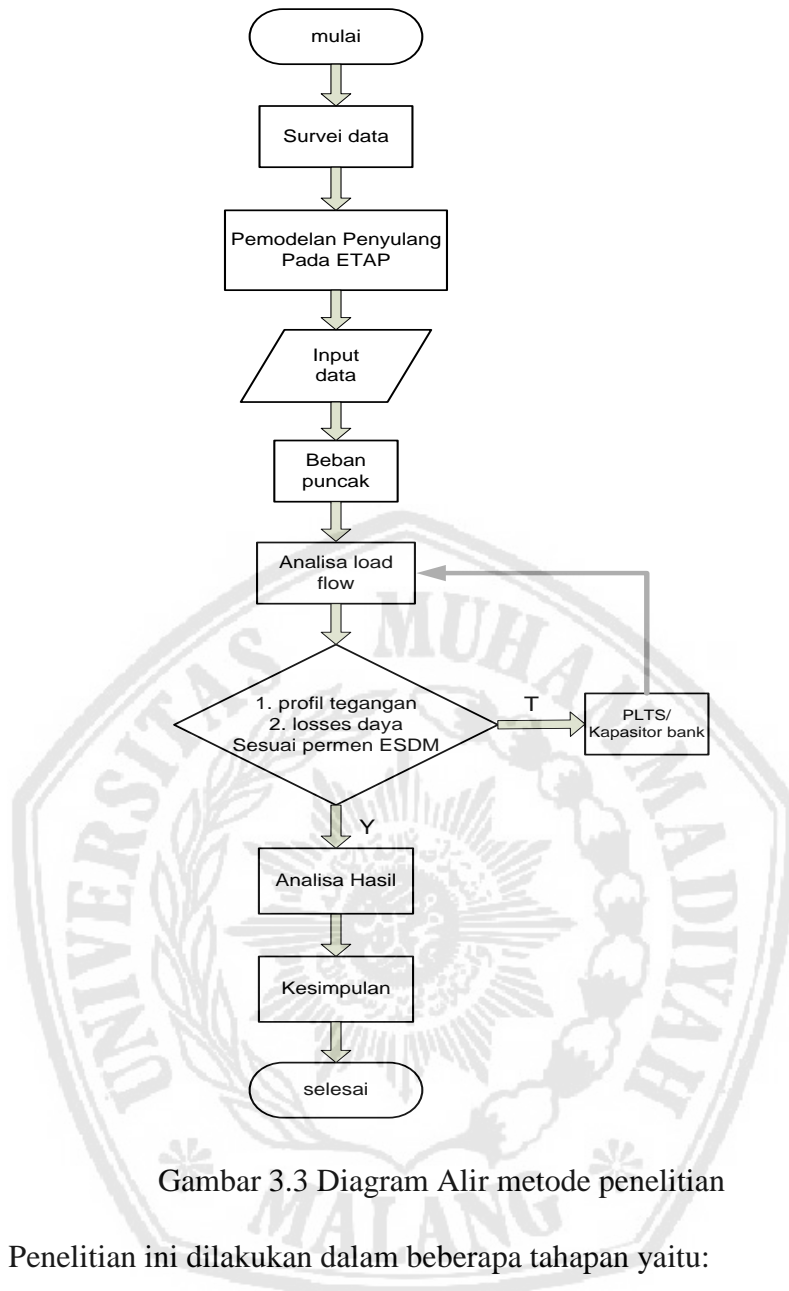
### 3.3 Diagram Alir Analisis Aliran Daya

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dari pengumpulan data lapangan berupa data diagram *single line* sistem kelistrikan penyulang Ngembal 20 KV; data *transformator* (kVA); kapasitas trafo (MVA), rasio tegangan trafo (kV) dan impedansi trafo; data penghantar (km): panjang penghantar (km) luas penampang (mm<sup>2</sup>), impedansi penghantar dan jenis penghantar; data pembebanan setiap trafo; daya aktif (MW), daya reaktif (MVAR), arus (ampere), tegangan (kV). Selanjutnya dilakukan input data pada kelistrikan penyulang ngembal yang sudah dimodelkan menggunakan *software etap power station* versi 12.6.0. *setting* variasi

tegangan pada sistem yang dimodelkan berdasarkan permen ESDM no. 3 tahun 2007 untuk sistem tegangan 20 KV +5%, -10%. Melakukan studi aliran daya dengan menggunakan metode *Newton Raphson* sebelum sistem terintegrasi untuk mengetahui karakteristik kelistrikan penyulang Ngembal meliputi nilai tegangan (KV) rugi rugi daya aktif (*Ploss*) dan rugi rugi daya reaktif (*Qloss*) maka dilakukan injeksi PLTS Kalipucang. Skenario yang dilakukan meliputi sistem sebelum interkoneksi dengan PLTS Kalipucang dan sistem setelah interkoneksi dengan PLTS Kalipucang.

Daya listrik pada penyulang Ngembal dihasilkan dari GI Purwosari melalui saluran interkoneksi 150 KV kemudian diturunkan pada tegangan menengah 20 KV untuk disalurkan ke sistem distribusi. Kapasitas daya trafo yang ada di GI Purwosari sebesar 2,652 MW. Diagram alir analisis aliran daya dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini:





Gambar 3.3 Diagram Alir metode penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu:

1. Tahap pertama; dimulai dengan pengumpulan data awal berupa data teknis penyulang Ngembal, beban penyulang dan data PLTS Kalipucang.
2. Tahap kedua; melakukan pemodelan sistem dan melakukan simulasi aliran daya kondisi awal.
3. Tahap ketiga; melakukan pemodelan sistem penyulang Ngembal dengan injeksi PLTS Kalipucang.
4. Tahap keempat; membandingkan profil tegangan dan *losses* daya terhadap pengaruh masuknya PLTS Kalipucang.

### 3.4 Bahan dan Alat yang Digunakan

Bahan dan alat yang digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah:

1. Laptop / PC
2. *Software ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) Power Station*
3. Data sistem jaringan kelistrikan penyulang Ngemal 20 kV

### 3.5 Sistem PLTS Kalipucang Kapasitas 15 kWp

Jenis panel surya yang berada di desa Kalipucang ini mempunyai daya sebesar 15 kWp dengan jenis Polycrystalline dengan merek eSOL dan tipe model eS50236/PCM. Pada PLTS kalipucang ini terdiri dari 5 banjar panel surya, yang setiap banjar berisi 60 panel surya dan total keseluruhannya 300 panel surya. Dibawah ini adalah tabel spesifikasi panel surya

Tabel 3.1 spesifikasi panel surya

Model	eS50236/PCM
Maximum power	50Wp
Short circuit current	3,25 A
Maximum power current	2,91 A
Open circuit voltage	21,75 V
Nominal voltage	17,24 V
FF	0,710

Tabel 3.2 *Physical Spesification* PLTS

Length	670 mm
Width	620 mm
Weight	5,5 kg
Temperature	-40 ° C up to 50 ° C
Depth	40 mm

### 3.6 Baterai

Fungsi utama penggunaan baterai adalah sebagai penopang energi listrik bilamana pada saat waktu tertentu energi matahari tidak mampu menghasilkan energi yang cukup untuk menopang beban listrik agar listrik tidak mengalami pemadaman. Semakin besar kapasitas baterai akan berpengaruh pada lama waktu penopangan energi listrik bilamana sumber energi sama sekali tidak memadai. Pada PLTS Kalipucang ini terdapat 3 banjar baterai dengan total 375 baterai dengan kapasitas per baterai 2V 300 Ah.



Gambar 3.4 Baterai PLTS Kalipucang

### 3.7 Inverter

*Inverter* digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC menjadi sumber AC, dimana tegangan yang dihasilkan dapat merupakan nilai yang konstan atau variabel. Suatu *inverter* disebut inverter sumber tegangan (*voltage source inverter*) jika tegangan keluarannya konstan sedangkan *inverter* sumber arus (*current source inverter*) jika arus keluarannya konstan dan *inverter* hubungan DC yang variabel (*variable DC linked inverter*) jika tegangan keluarannya dapat dikontrol atau dikendalikan lebih besar maupun lebih kecil dari tegangan input.



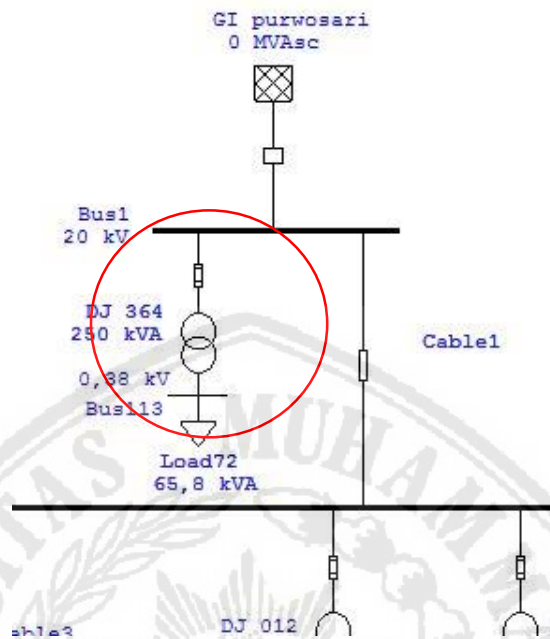
Gambar 3.5 Inverter PLTS kalipucang

### 3.8 Langkah Pengerjaan

Pada sub bab ini terdapat beberapa langkah dalam proses pengerjaan simulasi. Pertama membuat single line diagram sesuai data yang diperoleh dari PLN Rayon Sukorejo. Kedua memasukkan data-data yang diperoleh dari PLN Sukorejo berupa data beban, data trafo, dan data penghantar pada *software ETAP power station*. Setelah semua data selesai dimasukkan, dilakukan proses *running* untuk mengetahui hasil dari pengolahan data yang disimulasikan.

### 3.8.1 *Single Line Diagram* Penyulang Ngembal

Penyulang Ngembal mendapat *income* dari GI Purwosari. Berikut adalah single line diagram dari salah satu keseluruhan penyulang Ngembal.



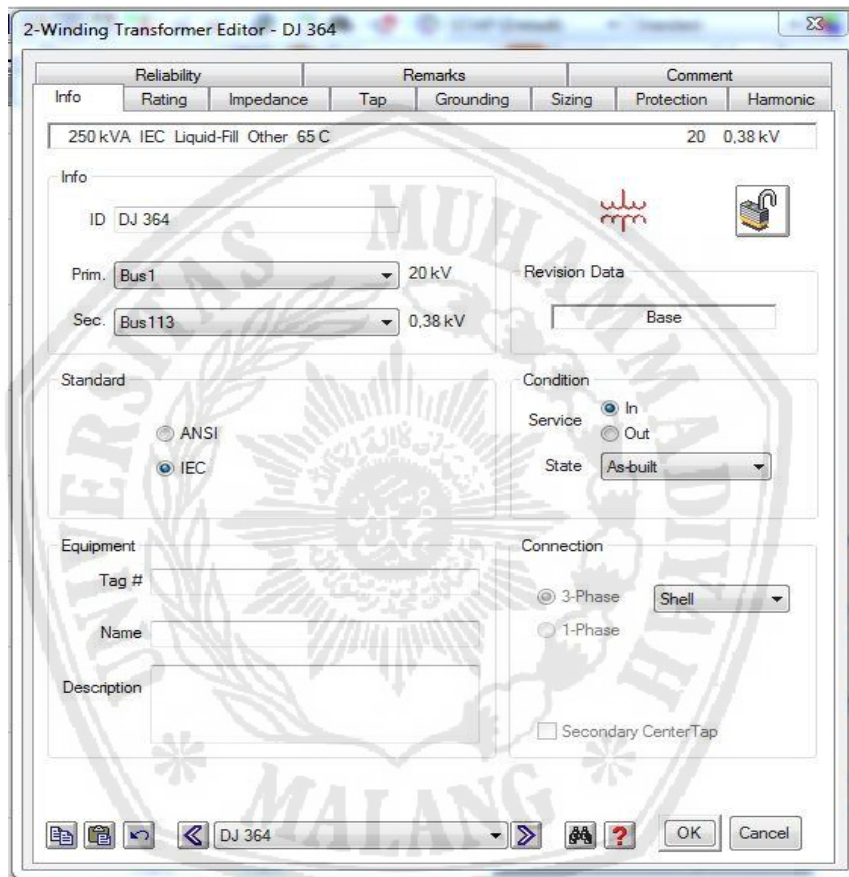
Gambar 3.6 single line diagram dari sebagian Penyulang Ngembal

### 3.8.2 **Data Trafo** Penyulang Ngembal DJ 364

Trafo adalah perangkat penting dalam setiap rangkaian jaringan listrik yang pada umumnya digunakan untuk mengubah suatu taraf tegangan AC (bolak-balik) ke taraf tegangan AC lainnya tanpa adanya kontak fisik dan juga tanpa terjadi perubahan pada karakteristik fasa dan frekuensi.

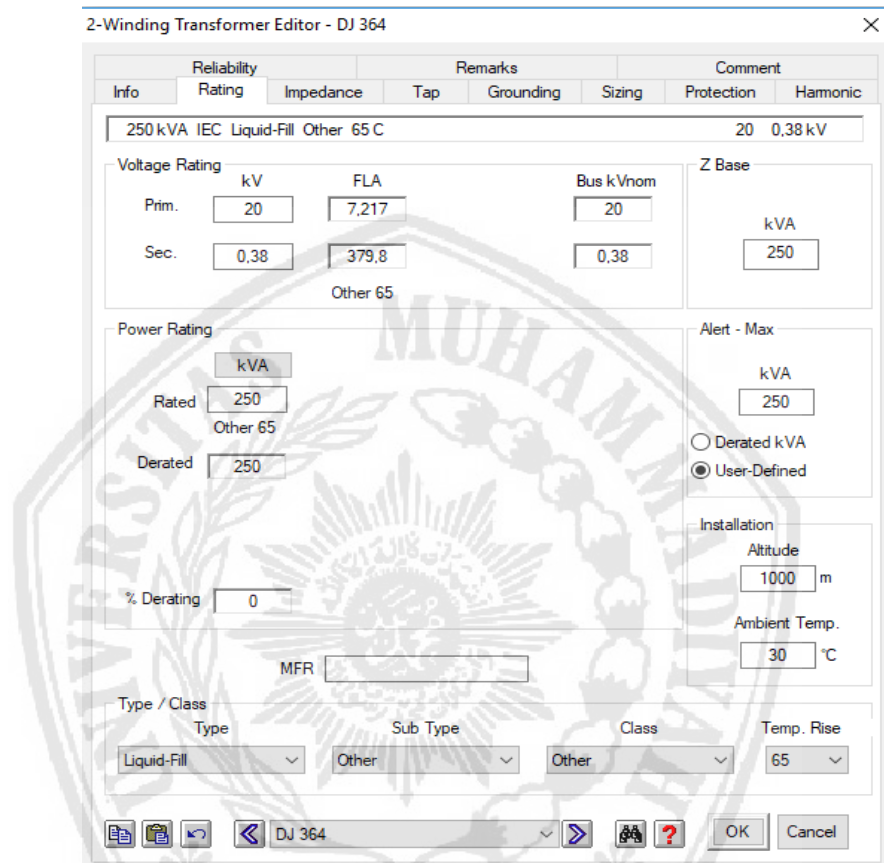


Pada dialog info nama ID diganti menjadi DJ 364, untuk standard simbol pada ETAP ada 2 pilihan yaitu ANSI dan IEC. Perbedaan antara standar IEC dan ANSI terletak pada standar frekuensi yang digunakan, yang mengakibatkan perbedaan spesifikasi peralatan yang digunakan. Jika pada standar IEC nilai frekuensi yang digunakan adalah 50 Hz, sedangkan pada standar ANSI nilai frekuensi yang digunakan adalah 60 Hz. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada (gambar kotak dialog 3.4).



Gambar 3.7 kotak dialog Info 2-winding transformer editor-DJ 364

Dari tegangan 20 kV diturunkan ke tegangan 220/380 V dibutuhkan sebuah trafo *step down*. Kolom primer menjelaskan bahwa sisi dari trafo bersal dari bus 1 dengan tegangan 20 kV. Sedangkan Kolom sekunder terhubung dengan bus 113 dengan tegangan 0,38 kV (gambar kotak dialog 3.5). untuk kapasitas trafo pada DJ 364 mempunyai rating 250 kVA.



Gambar 3.8 kotak dialog rating 2-winding transformer editor-DJ 364

### 3.8.3 Data Beban Penyulang Ngembal DJ 364

Pada kolom info *static load editor* menjelaskan bahwa beban terhubung dengan bus 113 tegangan rendah (TR) 0,38 kV terhubung dengan sisi sekunder dari trafo DJ 364. Penjelasan tersebut dapat dilihat pada gambar kotak dialog dibawah ini

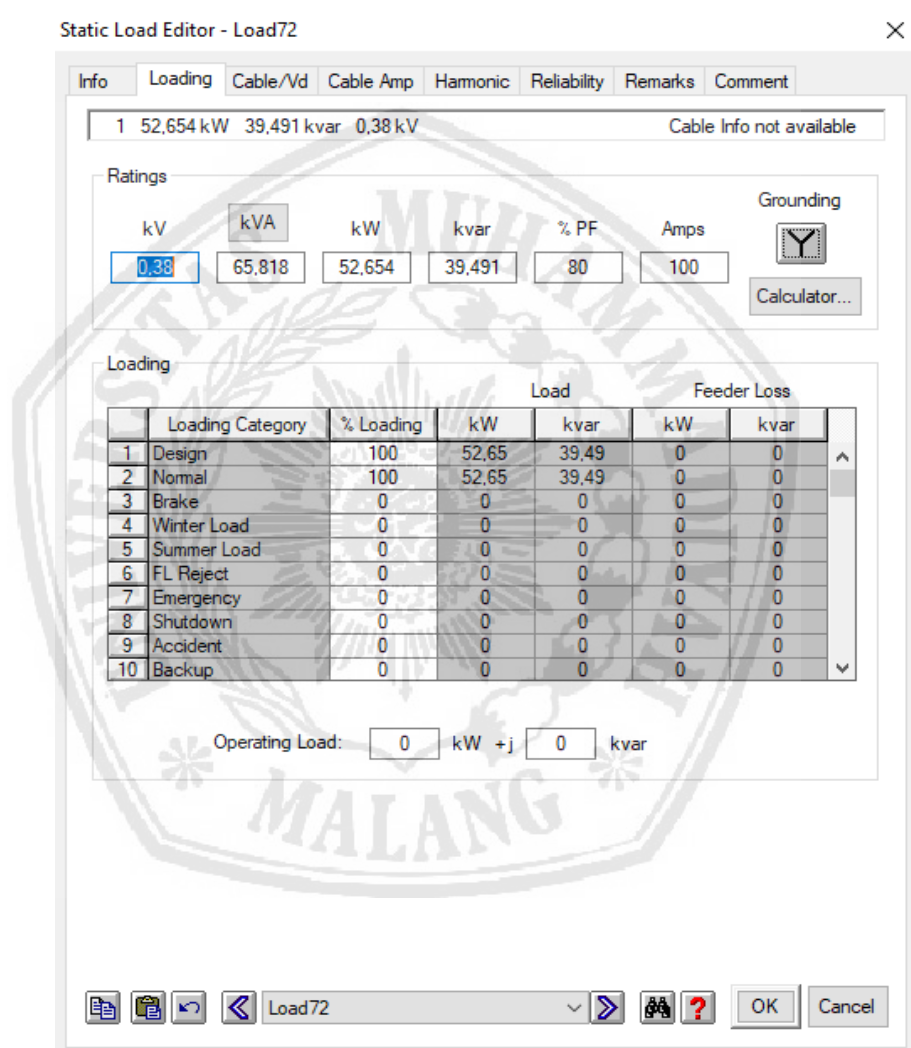
The screenshot shows the 'Static Load Editor - Load72' dialog box. At the top, there are tabs for 'Info', 'Loading', 'Cable/Vd', 'Cable Amp', 'Harmonic', 'Reliability', 'Remarks', and 'Comment'. The 'Info' tab is active, displaying a table with one row: '1 52,654 kW 39,491 kvar 0,38 kV'. Below the table, there are several sections for configuring the load:

- Info:** ID is 'Load72', Bus is 'Bus113', and Voltage is '0,38 kV'. There is a 'Cable Info not available' warning.
- Equipment:** Fields for Tag #, Name, and Description are present.
- Data Type:** Set to 'Estimated'.
- Priority:** Set to 'Other'.
- Load Type:** Set to 'Other'.
- Demand Factor:** Radio buttons for 'Continuous' (100%), 'Intermittent' (50%), and 'Spare' (0%).
- Condition:** 'Service' is set to 'In' (radio button), and 'State' is 'As-built'.
- Configuration:** 'Normal' is selected in the dropdown, and 'Status' is 'Continuous'.
- Connection:** '3 Phase' is selected (radio button), and 'Quantity' is '1'.
- Reference kV:** 'Calculated' is selected (radio button), with a value of '0'.

At the bottom, there are navigation buttons (back, forward, search), a dropdown menu showing 'Load72', and 'OK' and 'Cancel' buttons.

Gambar 3.9 kotak dialog info static load editor

Pada kolom *loading* terdapat tegangan (kV), daya semu (kVA), daya aktif (kW), daya reaktif (Kvar), *power factor* (%), dan arus (amper). Memasukan data arus pada kolom Amps yaitu dengan menjumlah rata-rata dari arus R S T beban yang ada pada trafo DJ 364. Pada kolom PF diberikan nominal 80% dikarenakan batas beban normal yang akan disuplai idealnya ada pada angka 80%. ETAP akan secara otomatis menghitung daya semu, daya aktif, dan daya reaktif tersebut. Penjelasan diatas bisa dilihat di gambar dibawah ini.



Gambar 3.10 Kotak Dialog Loading Static Load editor-DJ 364

### 3.8.4 Data Kabel Penghantar Penyulang Ngembal DJ 364

Kabel 1 pada penyulang Ngembal DJ 364 menghantarkan dari bus 1 ke bus 2 dengan jaringan 20 kV Tegangan Menengah (TM). Pada kolom info pada bagian *length* digunakan untuk menentukan panjang hantaran dari kabel. Pada kolom *library* ini berisi tentang data sheet kabel yang akan digunakan untuk simulasi pada software ETAP. Penjelasan diatas bisa dilihat pada gambar dibawah ini:

Sizing - Phase	Sizing - GND/PE	Reliability	Routing	Remarks	Comment	
Info	Physical	Impedance	Configuration	Loading	Ampacity	Protection
Heesung	Non-Mag.	50 Hz	Code : 150			
XLPE	100 %	20 kV	3/C CU	150	mm <sup>2</sup>	

Info

ID: Cable1

From: Bus1 (20 kV)

To: Bus2 (20 kV)

Revision Data: Base

Equipment

Tag #: [ ]

Name: [ ]

Description: [ ]

Condition

Service:  In  Out

State: As-built

No. of Conductors / Phase: 1

Length

Length: 53 m

Tolerance: 0 %

Library

Library... [ ]

Link to Library

Connection

3 Phase  1 Phase

OK Cancel

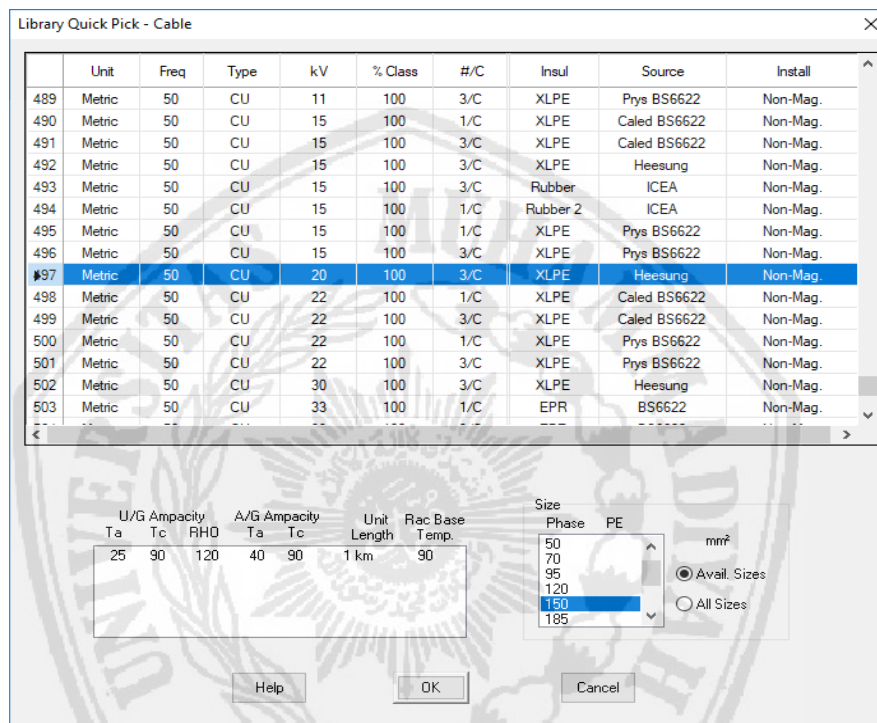
Gambar 3.11 kotak dialog cable editor Penyulang Ngembal DJ 364

Kabel pada DJ 364 mempunyai data sheet : ID, kode gardu induk, kode penyulang, nomer jaringan tegangan menengah (JTM), panjang hantaran, kode hantaran, shape len, luas penampang, nama bahan, nomer tiang. Dibawah ini tabel data sheet kabel penyulang Ngembal DJ 364.

Tabel 3.3 Data Sheet Kabel Penyulang Ngembal DJ 364

ID	3049
kode gardu induk	Purwosari
kode penyulang	Ngembal
nomer jaringan tegangan menengah(JTM)	PSARINGBALDJ3079
panjang hantaran (m)	53
kode hantaran	M107
shape len	45.78847
luas penampang (mm)	3x150
nama bahan	XLPE
nomer tiang	DJ 3079

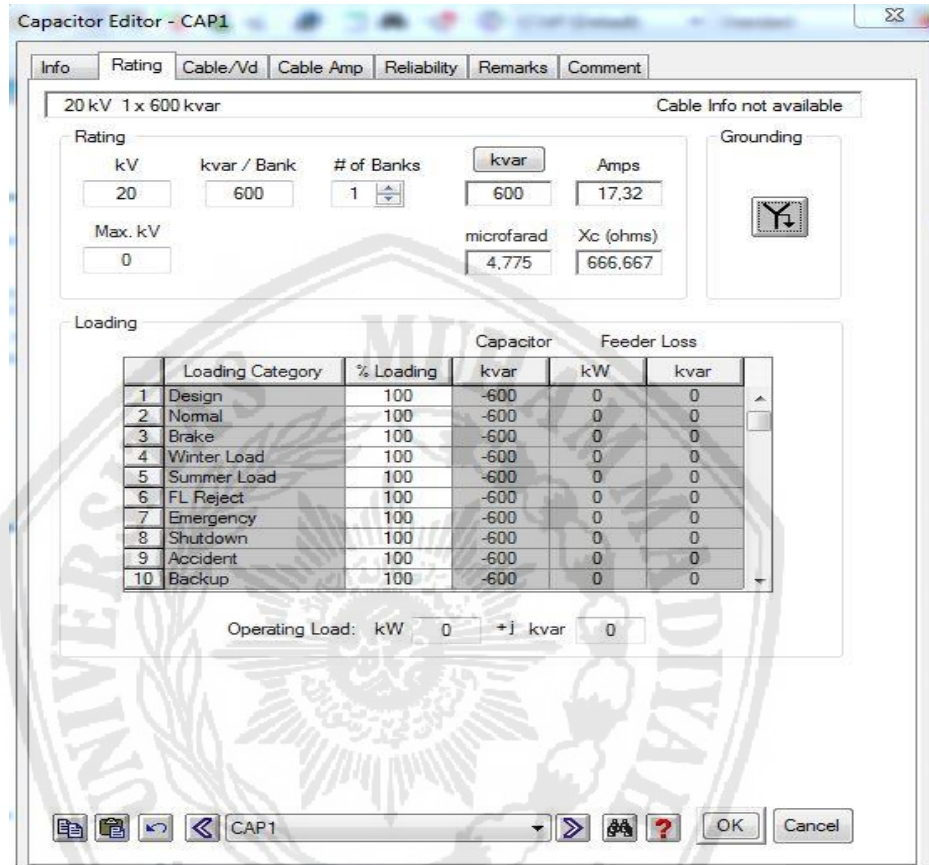
Pada tabel 3.3 dikonversikan pada software ETAP, bisa dilihat pada gambar 3.9 dibawah ini. Kolom *Phase PE* menunjukkan bahwa luas pemampang pada kabel DJ 364 adalah 150 mm<sup>2</sup>. Unit digunakan untuk menjelaskan semua dimensi pada kabel. freq menjelaskan frekuensi pada kabel dalam satuan Hz. Type menjelaskan jenis bahan yang digunakan pada kabel. kV menunjukkan kabel digunakan pada kapasitas tegangan yang sesuai dengan sistem jaringan listrik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar dibawah ini.



Gambar 3.12 kotak dialog library Quick Pick -Cable Penyulang Ngembal DJ 364

### 3.8.5 Data Kapasitor Bank

Pemasangan kapasitor bank dilakukan pada sistem 20 kV untuk menaikkan tegangan yang turun dan kembali standar nilai tegangan operasi jaringan. Kapasitor bank dipasang pada bus yang mengalami penurunan tegangan cukup kritis. Dibawah ini adalah kotak dialog kapasitor bank



Gambar 3.13 kotak dialog kapasitor bank

Untuk penentuan pemilihan kapasitor bank dapat dilakukan melalui perhitungan untuk mencari kapasitas yang akan di pasang pada sistem jaringan. Di bawah ini cara menentukan kebutuhan kapasitas kapasitor bank

$$PF = \frac{P_1}{S_1} \dots\dots\dots(3-1)$$

$$\begin{aligned} P_1 &= S \cdot PF \\ &= 936 \cdot 0,78 \\ &= 730,08 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= S \cdot PF \\ &= 936 \cdot 0,99 \\ &= 926,64 \text{ kW} \end{aligned}$$



Daya reaktif kapasitor

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \dots\dots\dots(3-2)$$

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} \dots\dots\dots(3-3)$$

$$= \sqrt{(936)^2 - (730)^2}$$

$$= 585,729 \text{ KVAr}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} \dots\dots\dots(3-4)$$

$$= \sqrt{(936)^2 - (926,64)^2}$$

$$= 132,039 \text{ KVAr}$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \dots\dots\dots(3-5)$$

$$= 585,729 - 132,039$$

$$= 453,69 \text{ KVAr}$$

Jika kapasitor yang tersedia di pasaran memiliki nilai 50 KVAr, maka kita dapat menggunakan kapasitor bank ukuran 50 KVAr sebanyak 12 buah (12 step). Untuk pemasangan pada penyulang Ngembal menggunakan kapasitas 1800 KVAr, karena untuk memperbaiki bus yang *losses* nya tinggi.

