

**ANALISIS ALIRAN DAYA PERENCANAAN SISTEM  
KELISTRIKAN PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT  
HERMINA PASURUAN MENGGUNAKAN APLIKASI  
KOMPUTASI KELISTRIKAN**

*Load Flow Analysis in The Electrical System Planning of Hermina  
Pasuruan Hospital Construction Project Using Electrical Computation  
Application*

**SKRIPSI**

Disusun sebagai syarat kelulusan Pendidikan  
pada program studi strata 1 Teknik Elektro Universitas Sangga Buana YPKP

**Disusun Oleh:**


**I Made Gde Dharma Wirama**

**2114227011**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP BANDUNG**

**2024**

	<b>UNIVERSITAS SANGGA BUANA</b>	<b>FORMULIR LEMBAR PENGESAHAN</b>	
		No. Revisi	
		Berlaku efektif	

**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI**

**ANALISIS ALIRAN DAYA PERENCANAAN SISTEM KELISTRIKAN  
PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT HERMINA PASURUAN  
MENGUNAKAN APLIKASI KOMPUTASI KELISTRIKAN**

*Load Flow Analysis In The Electrical System Planning Of Hermina Pasuruan  
Hospital Construction Project Using Electrical Computation Application*

Disusun oleh:

**I Made Gde Dharma Wirama**

**211422701**

Telah disetujui dan disahkan sebagai Skripsi Program S1 Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP

Bandung, 16 Desember 2023

Disahkan oleh:

Pembimbing 1



**Kusmadi, S.T., M.T.**

**NIK. 432.200.202**

Penguji 1



Nina Lestari, S.T., M.T.

NIK. 432.200.202

Penguji 2



Ketut Abimanyu, S.T., M.T.

NIK. 432.200.166

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro



Ivany Sarief, ST., MT

NIK. 432.200.122



## ABSTRAK

Suatu instalasi listrik industri komersial khususnya rumah sakit, sangat mengutamakan keandalan dan kualitas energi yang tersalurkan secara berkesinambungan. Dalam merancang instalasi listrik rumah sakit, tim perencana diharuskan membuat perencanaan yang matang agar dapat menghasilkan suatu sistem yang andal. Untuk mengetahui keandalan dari instalasi listrik yang direncanakan, maka penulis melakukan analisis berupa simulasi terhadap aliran daya dari sistem kelistrikan rumah sakit tersebut menggunakan perangkat lunak ETAP 12.6. Analisis aliran daya yang dilakukan ditujukan untuk mengetahui kondisi aliran daya pada sistem dengan bersumber pada data hasil rekap daya perencanaan yang di simulasi ETAP 12.6. Dalam proses analisa ini berfokus pada, kondisi dan kesesuaian kapasitas dari unit utama dan backup serta pengaman sistem yang akan digunakan, kemudian pemaksimalan proses pendistribusian energi dari sumber ke *unit/user*. Dalam proses analisis dilakukan 2 periode kondisi pembebanan yaitu persentase pembebanan penuh 100% dan persentase pembebanan pakai 80% guna mengetahui gambaran akan kondisi instalasi listrik tiap pembebanannya yang kemudian di sandingkan dengan standar yang ada guna mengetahui keandalannya. Berdasarkan hasil analisis simulasi ETAP, menunjukkan bahwa perencanaan masih perlu ditinjau kembali. Melihat dari banyak poin dalam sistem yang belum memenuhi standar, seperti pembebanan dan efisiensi transformator, *drop voltage* pada panel distribusi, adanya *undercapacity* pada unit kapasitor dan GENSET serta di beberapa penghantar dan *circuit breaker* di beberapa panel distribusi.

Kata Kunci: Analisa Aliran Daya, ETAP 12.6, Instalasi, pembebanan, sistem

## ABSTRACT

*An electrical installation in commercial industries, particularly in hospitals, prioritizes reliability and continuous energy quality distribution. The planning team must meticulously design the hospital's electrical installation to ensure a reliable system. To assess the reliability of the planned electrical installation, the author conducted an analysis through simulation of Load flow in the hospital's electrical system using ETAP 12.6 software. The Load flow analysis aimed to determine the flow conditions based on the data obtained from the power planning summary simulated in ETAP 12.6. The analysis process focused on the condition and suitability of the main and backup unit capacities, as well as the protective systems to be used, and maximizing the energy distribution process from the source to the unit/user. Two loading conditions were analyzed: 100% full load and 80% load percentages to understand the electrical installation's conditions under different load scenarios compared against existing standards to assess its reliability. Based on the ETAP simulation analysis results, it was found that the planning needs further review. Several aspects of the system did not meet the standards, such as transformer loading and efficiency, voltage drop in distribution panels, under capacity in capacitor units and GENSET, as well as in some conductors and circuit breakers in various distribution panels.*

*Keywords: Load Flow Analysis, ETAP 12.6, Installation, Load, System*

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “ANALISIS ALIRAN DAYA PERENCANAAN SISTEM KELISTRIKAN PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH SAKIT HERMINA PASURUAN MENGGUNAKAN APLIKASI KOMPUTASI KELISTRIKAN”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi tugas akhir perkuliahan dan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Program Studi Teknik Elektro Universitas Sangga Buana. Selain itu, skripsi ini juga disusun sebagai salah satu wujud implementasi dari ilmu yang didapatkan selama masa perkuliahan di Program Studi Teknik Elektro Universitas Sangga Buana. Dengan segala kerendahan hati, perkenankan penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat pada penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran yang membangun sehingga penulis dapat meningkatkan kompetensi dalam melakukan penelitian. Penulis berharap penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya. Semoga Tuhan selalu memberikan hidayah kepada kita semua.

Bandung, 19 Desember 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR ISTILAH .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Pengembangan Penelitian Terdahulu .....	3
1.3. Rumusan Masalah .....	5
1.4. Maksud dan Tujuan .....	5
1.5. Ruang Lingkup .....	5
1.6. Sistematika Penulisan .....	6
BAB II LANDASAN TEORI .....	7
2.1 Sistem Tenaga Listrik .....	7
2.2 Sistem Distribusi Sekunder .....	8
2.3 Transformator .....	9
2.3.1 Prinsip Kerja Transformator .....	10
2.3.2 Persentase Pembebanan Transformator .....	10
2.3.3 Efisiensi Transformator .....	11
2.4 Kapasitor Bank .....	14
2.5 Generator Set (GENSET) .....	15
2.6 Panel Distribusi .....	16
2.6.1 <i>Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)</i> .....	16
2.6.2 <i>Sub Distribution Panel (SDP)</i> .....	16
2.7 Penghantar atau Kabel .....	17

2.8	Pengaman Arus Listrik .....	23
2.9	Konsep Dasar Aliran Daya .....	24
2.10	Rugi – Rugi ( <i>Losses</i> ) .....	30
2.11	ETAP Power Station 12.6.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....		39
3.1	Metode Penelitian .....	39
3.2	Rancangan Sistem.....	41
3.2.1	Algoritma Penelitian .....	42
3.3	Pengolahan Data .....	42
3.4	Analisis Data.....	45
3.5	Hasil Yang Diharapkan .....	45
BAB IV DATA DAN ANALISIS .....		46
4.1	Objek Penelitian .....	46
4.2	Perancangan Simulasi Instalasi Listrik Menggunakan Software .....	53
4.2.1	Input Dan <i>Setting</i> Data Pada Software.....	53
4.2.2	Input Data Power Grid .....	53
4.2.3	Input Data Transformator .....	55
4.2.4	Input Data Penghantar.....	57
4.2.5	Data Beban Terpasang .....	58
4.2.6	Diagram Satu Garis.....	59
4.2.7	Hasil Simulasi Software.....	61
4.3	Pembahasan .....	65
4.3.1	Perhitungan Persentase Pembebanan dan Efisiensi Transformator .....	65
4.3.2	Perhitungan <i>Drop Voltage</i> (Tegangan Jatuh) .....	68
4.3.3	Menentukan Kapasitas Kapasitor Bank .....	71
4.3.4	Perhitungan KHA Penghantar.....	72
4.3.5	Menentukan Kapasitas Daya Generator Set (GENSET) .....	75
4.4	Analisis .....	76
4.4.1	Persentase Pembebanan dan Efisiensi Transformator .....	76
4.4.2	Kapasitas Kapasitor Bank Yang Digunakan .....	78
4.4.3	<i>Drop Voltage</i> (Tegangan Jatuh) Transformator dan Sub Panel Distribusi .....	78
4.4.4	Ukuran Penghantar Dan <i>Circuit Breaker</i> .....	84

4.4.5 Kapasitas GENSET (Generator Set) Yang Digunakan.....	90
BAB V PENUTUP.....	91
5.1 Kesimpulan.....	91
5.2 Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA .....	94
LAMPIRAN A .....	A-1
LAMPIRAN B .....	B-1
LAMPIRAN C .....	C-1
LAMPIRAN D .....	D-1
LAMPIRAN E .....	E-1
LAMPIRAN F.....	F-1

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Sistem Tenaga Listrik.....	7
<b>Gambar 2.2</b> Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik .....	8
<b>Gambar 2.3</b> Ruang Lingkup Sistem Distribusi Sekunder.....	8
<b>Gambar 2.4</b> Transformator <i>Step Down</i> Gedung .....	9
<b>Gambar 2.5</b> Panel Kapasitor Bank .....	14
<b>Gambar 2.6</b> GENSET RS Hermina Pasuruan .....	15
<b>Gambar 2.7</b> <i>Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)</i> .....	16
<b>Gambar 2.8</b> <i>Sub Distribution Panel (SDP)</i> .....	16
<b>Gambar 2.9</b> Kabel NYA .....	18
<b>Gambar 2.10</b> Kabel NYM .....	18
<b>Gambar 2.11</b> Kabel NYY .....	19
<b>Gambar 2.12</b> Kabel NYFGBY .....	19
<b>Gambar 2.13</b> <i>Miniature Circuit Breaker (MCB)</i> .....	22
<b>Gambar 2.14</b> <i>Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)</i> .....	23
<b>Gambar 2.15</b> Segitiga Daya.....	24
<b>Gambar 2.16</b> Model Bus Sistem Tenaga Listrik .....	28
<b>Gambar 2.17</b> Standar IEC dan ANSI.....	34
<b>Gambar 2.18</b> Simbol Transformator 2 Kawat Di ETAP .....	34
<b>Gambar 2.19</b> Generator .....	35
<b>Gambar 2.20</b> <i>Static Load</i> .....	35
<b>Gambar 2.21</b> <i>Lumped Load</i> .....	35
<b>Gambar 2.22</b> <i>Circuit Breaker</i> untuk <i>High Voltage and Low Voltage</i> .....	36
<b>Gambar 2.23</b> Simbol Bus Pada Etap .....	36
<b>Gambar 2.24</b> <i>Toolbar Load Flow</i> di ETAP.....	37

<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	40
<b>Gambar 4.1</b> Tampak Bangunan Depan.....	45
<b>Gambar 4.2</b> Tampak Bangunan Sisi Kiri.....	45
<b>Gambar 4.3</b> Tampak Samping Sisi Kanan.....	45
<b>Gambar 4.4</b> <i>Nameplate</i> Transformator.....	47
<b>Gambar 4.5</b> Transformator Step Down Rumah Sakit Hermina Pasuruan.....	47
<b>Gambar 4.6</b> Diagram Sistem Panel Rumah Sakit Hermina Pasuruan.....	48
<b>Gambar 4.7</b> Input Data Bagian <i>Info</i> Pada <i>Power Grid</i> .....	52
<b>Gambar 4.8</b> Input Data Bagian Rating Pada <i>Power Grid</i> .....	52
<b>Gambar 4.9</b> Input Data Bagian <i>Short Circuit</i> Pada <i>Power Grid</i> .....	53
<b>Gambar 4.10</b> Input Data Bagian <i>Info</i> Pada Transformator.....	54
<b>Gambar 4.11</b> Input Data Bagian Rating Pada Transformator.....	54
<b>Gambar 4.12</b> Input Data Penghantar.....	55
<b>Gambar 4.13</b> Input Data Bagian <i>info</i> Pada <i>Load</i> .....	56
<b>Gambar 4.14</b> Input Data Bagian <i>Name Plate</i> Pada <i>Load</i> .....	57
<b>Gambar 4.15</b> Gambar Sebagian Diagram Satu Garis Pada <i>Software</i> .....	58
<b>Gambar 4.16</b> Hasil Simulasi Beban 100% dengan <i>Software</i> .....	60
<b>Gambar 4.17</b> Diagram Persentase Pembebanan Transformator.....	75
<b>Gambar 4.18</b> Diagram Persentase Pembebanan Transformator.....	76
<b>Gambar 4.19</b> Diagram <i>Drop Voltage</i> Transformator.....	78
<b>Gambar 4.20</b> Diagram <i>Drop Voltage</i> Sub Panel Beban Penuh.....	80
<b>Gambar 4.21</b> Diagram <i>Drop Voltage</i> Sub Panel Beban Pakai.....	81

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.1</b> Jurnal Penelitian Terdahulu.....	4
<b>Tabel 2.1</b> Tabel Nomenklatur Kabel di Indonesia.....	20
<b>Tabel 2.2</b> Tabel KHA Penghantar .....	21
<b>Tabel 4.1</b> Spesifikasi Penghantar .....	49
<b>Tabel 4.2</b> Rekapitulasi Kebutuhan Daya dan Ukuran Pengaman.....	50
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Simulasi ETAP Dengan Beban 100%.....	62
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Simulasi ETAP Dengan Beban 80%.....	63
<b>Tabel 4.5</b> Persentase Pembebanan Transformator.....	65
<b>Tabel 4.6</b> Efisiensi Transformator .....	66
<b>Tabel 4.7</b> Rugi Tegangan ( <i>Drop Voltage</i> ) Transformator.....	67
<b>Tabel 4.8</b> Rugi Tegangan ( <i>Drop Voltage</i> ) Beban 100% Sub Panel .....	68
<b>Tabel 4.9</b> Rugi Tegangan ( <i>Drop Voltage</i> ) Beban 80% Sub Panel .....	69
<b>Tabel 4.10</b> Besar Nilai Arus Nominal dan KHA Penghantar Beban 100% .....	72
<b>Tabel 4.11</b> Besar Nilai Arus Nominal dan KHA Penghantar Beban 80% .....	73
<b>Tabel 4.12</b> Tabulasi Penentuan Ukuran Kabel Periode Beban Penuh 100% .....	84
<b>Tabel 4.13</b> Tabulasi Penentuan Ukuran Kabel Periode Beban Pakai 80% .....	85
<b>Tabel 4.14</b> Tabulasi Penentuan Ukuran Circuit Breaker Periode Beban Penuh 100% .....	87
<b>Tabel 4.15</b> Tabulasi Penentuan Ukuran Circuit Breaker Periode Beban Pakai 80% .....	88

## DAFTAR ISTILAH

Tabulasi	:	Tabulasi adalah proses pengaturan data dalam bentuk tabel atau matriks. Umumnya, ini dilakukan untuk menyusun informasi dalam baris dan kolom yang terstruktur.
Kalkulasi	:	Kalkulasi adalah langkah matematis yang dipergunakan untuk menjalankan perhitungan atau menghitung suatu nilai. Sasaran utama dari proses kalkulasi adalah untuk memperoleh hasil yang tepat dan dapat dipercaya
Simulasi	:	Merupakan suatu cara atau pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan situasi atau peristiwa dalam dunia nyata menjadi model atau sistem yang bisa dipelajari, dianalisis, dan dipahami untuk memahami fenomena yang sedang diamati.
ETAP	:	Merupakan <i>software</i> komputer yang dimanfaatkan untuk menganalisis sistem tenaga listrik. Aplikasi ini umumnya dipakai oleh insinyur dan pakar listrik untuk mengevaluasi kinerja sistem tenaga listrik sebelum diterapkan
Demand Factor	:	Merupakan Ini adalah indikator keamanan penting dalam sistem distribusi listrik yang mencerminkan besarnya daya yang dibutuhkan agar sistem beroperasi pada tingkat beban tertingginya. Parameter ini sangat berguna dalam menentukan kapasitas sistem tenaga dan kebutuhan cadangan yang diperlukan untuk menangani beban puncak

## **DAFTAR LAMPIRAN**

### **LAMPIRAN A**

Data Rekap Daya Perencanaan

### **LAMPIRAN B**

Summary Report Etap

### **LAMPIRAN C**

Spesifikasi Transformator

### **LAMPIRAN D**

Spesifikasi Genset

### **LAMPIRAN E**

Spesifikasi Penghantar

### **LAMPIRAN F**

Standar persentase pembebanan trafo berdasarkan di Surat Edaran Direksi PT. PLN  
(Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan cepat dalam kebutuhan energi listrik saat ini terlihat dalam berbagai sektor, di mana semua jenis kegiatan, termasuk fasilitas publik khususnya Rumah Sakit, bergantung pada penggunaan energi listrik[1]. Sejumlah faktor yang berkaitan dengan sistem listrik perlu diperhitungkan dan dirancang secara cermat, termasuk analisis aliran daya, penelitian gangguan hubung singkat, pengaturan perlindungan relay, penentuan kapasitas peralatan, teknik distribusi daya, alokasi beban, kehilangan tegangan, efisiensi daya, dan aspek keselamatan instalasi yang akan diimplementasikan[2].

Analisis aliran daya digunakan untuk mengevaluasi kondisi normal sistem, dan ini sangat esensial dalam perencanaan jangka panjang serta penilaian kinerja sistem yang sedang beroperasi saat ini. Oleh karena itu, penting untuk melakukan studi analisis aliran daya tenaga listrik guna memastikan bahwa suatu sistem memiliki sistem tenaga listrik yang aman, efisien, dan dapat diandalkan. Melakukan analisis tenaga listrik secara manual dianggap sebagai proses yang kompleks, Oleh karena itu, penggunaan aplikasi komputasi sistem kelistrikan yang dapat melakukan simulasi sangat membantu sekali dalam mereview suatu sistem.

Program ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) adalah sebuah perangkat lunak yang memberikan dukungan dalam merencanakan dan memperbaiki sistem tenaga listrik secara komputerisasi, membuatnya lebih mudah bagi perancang sistem tenaga listrik. ETAP juga dapat digunakan untuk menilai jaringan atau instalasi tenaga listrik yang sudah ada, dengan tujuan mendeteksi kesalahan atau gangguan yang terjadi, serta mengukur peningkatan beban yang terjadi pada jaringan listrik tersebut[2].

Proyek Rumah Sakit Hermina Pasuruan merupakan proyek pembangunan Rumah Sakit yang dibangun diatas lahan 1 hektar dengan luas bangunan 9000 m<sup>2</sup> yang memiliki 5 lantai pada gedung utama dengan 1 lantai sebagai lantai atap, yang berlokasi di Jl. Raya Pasuruan-Probolinggo Km. 5, Desa Sambirejo Kec.

Rejoso, Kab. Pasuruan, Jawa Timur. Sebagai bangunan yang akan menjadi fasilitas umum, utamanya dalam bidang kesehatan Rumah Sakit Hermina sangat mengutamakan kualitas untuk segala aspek bidang yang menunjang bagi kenyamanan pasiennya. Dalam mendukung pemaksimalan fasilitas tersebut pastinya perlu didukung oleh sistem kelistrikan gedung yang optimal. Pusat pengaturan distribusi energi ke beban yang ada di tiap bangunan, berdasarkan data rekap daya perencanaan disuplai melalui transformator distribusi yang berkapasitas 800 kVA dengan memikul beban sebesar 1130.5 kVA yang merupakan 100% beban total. Kemudian dalam pendistribusian energi yang disuplai dari transformator untuk tiap lantai dari panel distribusi terdapat 30 sub panel distridistribusi yang tersebar di beberapa area sebagai tempat pemusatan penyaluran energi di tiap bebannya.

Untuk merencanakan suatu sistem yang optimal tim perencana pastinya telah melakukan kalkulasi kebutuhan daya pada sistem Proyek Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Namun terkadang suatu perencanaan suatu sistem, masih terdapat potensi terjadinya kesalahan atau kekeliruan dalam mengkalkulasikan kebutuhan sistem. Dalam menanggapi hal tersebut penulis melakukan analisis aliran daya perencanaan instalasi listrik rumah sakit, guna mengetahui proses penyaluran energi dan kemungkinan terjadinya suatu potensi masalah yang akan muncul pada sistem. Dalam membantu mempermudah melakukan analisis dari Rumah Sakit Hermina Pasuruan yang belum rampung 100%, penulis menggunakan aplikasi ETAP 12.6 sebagai sarana simulasi dari sistem aliran daya di Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

## 1.2. Pengembangan Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian yang dijadikan referensi oleh peneliti:

**Tabel 1.1** Jurnal Penelitian Terdahulu

No	Judul, Author, Tahun	Tahun	Hasil penelitian	Pembaharuan
1.	Analisis Aliran Daya Listrik di PT Cargill Semarang Bagian Gedung Produksi Menggunakan Simulasi Etap	2022	Hasil Penelitian berupa diketahui persentase pembebanan trafo sebesar yang masih dalam kondisi aman jika dilakukan pengembangan beban pada beban tersebut	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengetahui kondisi sistem dengan acuan data perencanaan pembangunan gedung</li> <li>- Penelitian dilakukan saat kondisi bangunan belum digunakan</li> <li>- Fokus dalam mengetahui efisiensi perencanaan dalam merencanakan suatu sistem kelistrikan gedung</li> </ul>
2	Estimasi Rugi Daya Chiller Pada Gedung SCTV Tower Dengan Aplikasi ETAP <i>Power Station</i>	2023	Mengetahui potensi rugi – rugi daya dan tegangan pada sistem chiller jika di <i>runing</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengetahui kondisi sistem dengan acuan data perencanaan pembangunan gedung</li> <li>- Penelitian dilakukan saat</li> </ul>

				<p>kondisi bangunan belum digunakan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fokus dalam mengetahui efisiensi perencanaan dalam merencanakan suatu sistem kelistrikan gedung</li> </ul>
3.	<p>Analisis Aliran Daya Pada Jalur Kelistrikan Gedung Menggunakan Aplikasi ETAP 12.6 (Studi Kasus Gedung Program Studi Teknik Listrik dan Instalasi Politeknik Industri Logam Morowali )</p>	2020	<p>Mengetahui penyebab dari sering terjadinya trip pada laboratorium kampus, dengan memeriksa kapasitas dari breaker yang digunakan dan rugi – rugi yang terjadi pada bangunan tersebut</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengetahui kondisi sistem dengan acuan data perencanaan pembangunan gedung</li> <li>- Penelitian dilakukan saat kondisi bangunan belum digunakan</li> <li>- Fokus dalam mengetahui efisiensi perencanaan dalam merencanakan suatu sistem kelistrikan gedung</li> </ul>

### **1.3. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi aliran daya (*load flow*) pada sistem kelistrikan sesuai data Perencana Proyek Rumah Sakit Hermina menggunakan simulasi software ETAP 12.6 ?
2. Bagaimana kondisi kesesuaian kapasitas komponen kelistrikan utama yang direncanakan tim perencana untuk sistem kelistrikan Proyek Rumah Sakit Hermina Pasuruan dilihat dari simulasi *software* ETAP 12.6 ?

### **1.4. Maksud dan Tujuan**

1. Mengetahui kondisi aliran daya (*load flow*) pada sistem kelistrikan sesuai data Perencana Proyek Rumah Sakit Hermina menggunakan simulasi software ETAP 12.6 ?
2. Mengetahui kondisi kesesuaian kapasitas komponen kelistrikan utama yang direncanakan tim perencana untuk sistem kelistrikan Proyek Rumah Sakit Hermina Pasuruan dilihat dari simulasi *software* ETAP 12.6 ?

### **1.5. Ruang Lingkup**

Adapun ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kondisi sistem kelistrikan dari Rumah Sakit Hermina Pasuruan akan dihitung menggunakan data hasil simulasi ETAP 12.6 yang mengacu pada data rekap daya perencanaan
2. Dalam mengetahui kondisi sistem kelistrikan dilakukan uji pembebanan pada 2 periode kondisi, yaitu kondisi beban penuh 100% dan kondisi beban pakai 80% dari beban keseluruhan.
3. Ruang lingkup dari sistem kelistrikan yang dianalisis adalah dari sisi primer transformator sampai sub panel keluaran PUTR.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

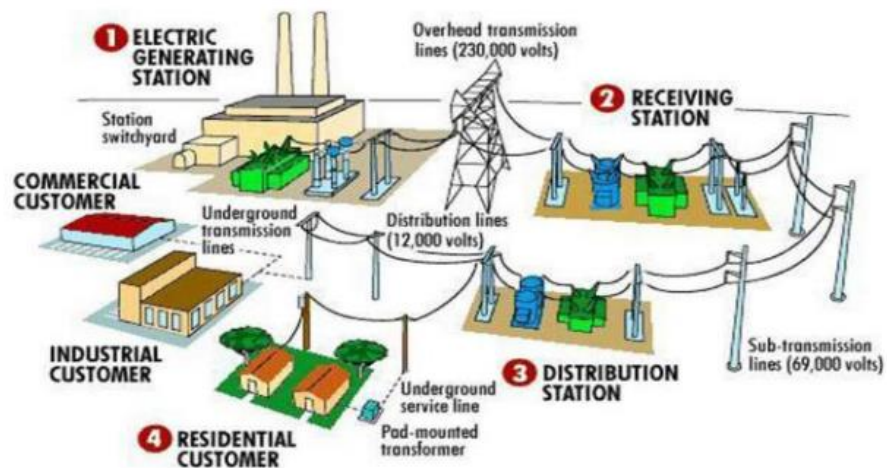
- BAB I : Pendahuluan, memuat tentang latar belakang penelitian, perumusan dan batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika dari penulisan skripsi.
- BAB II : Landasan Teori, memuat tentang teori sistem distribusi di sisi sekunder, teori dan perumusan tentang transformator utamanya dalam menentukan efisiensi dan persentase pembebanan transformator, teori dasar aliran daya, teori dan perumusan rugi rugi seperti rugi daya dan rugi tegangan, serta teori dasar tentang Aplikasi Komputasi Kelistrikan yang akan digunakan.
- BAB III : Metodologi, Berisi rancangan tahapan implementasi penelitian menggunakan ETAP yang nanti akan dibandingkan dengan hasil kalkulasi data menggunakan perumusan
- BAB IV : Pembahasan dan Analisa, memuat tentang pembahasan mengenai gambaran kondisi aliran daya (*load flow*) pada seluruh sistem kelistrikan dari perencanaan pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Hermina Pasuruan setelah dilakukan simulasi dengan Aplikasi Komputasi Kelistrikan dengan menganalisa terjadinya rugi rugi pada saluran distribusi keluaran PUTR serta efisiensi dan persentase pembebanan transformator di Rumah Sakit Hermina Pasuruan.
- BAB V : Penutup, memuat tentang kesimpulan dan saran mengenai hasil dari analisa permasalahan yang terjadi pada perencanaan sistem kelistrikan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

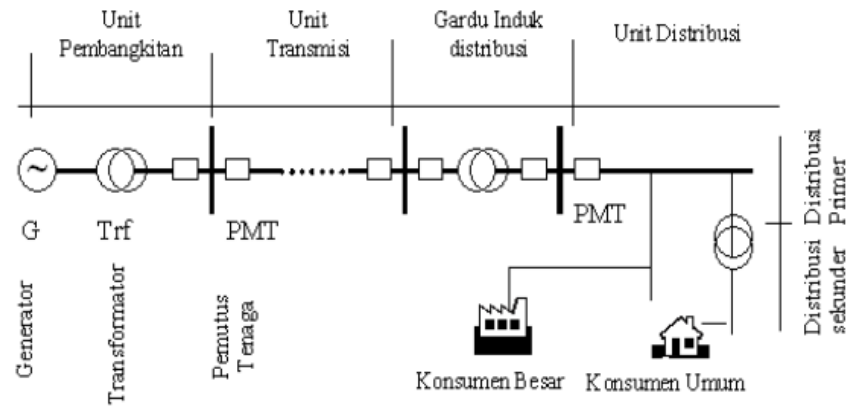
#### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah suatu sistem terpadu yang mencakup berbagai komponen, mulai dari pembangkit listrik, transmisi listrik, hingga distribusi listrik, dengan tujuan mengirimkan listrik dari produsen ke konsumen, dilengkapi dengan sistem proteksi yang mengawasi keseluruhan sistem ini. Menurut PT. PLN (Persero) tahun 2010, terdapat tiga elemen kunci dalam proses penyampaian tenaga listrik, yaitu pembangkitan, penyaluran (transmisi), dan distribusi. Secara umum, skema sistem tenaga listrik dapat dilihat pada gambar 2.1 [3].



Gambar 2.1. Sistem Tenaga Listrik

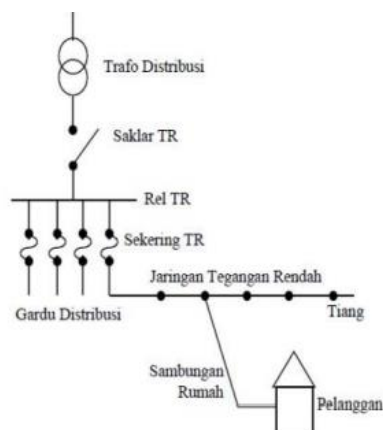
Sebuah sistem tenaga listrik terdiri dari komponen dasar seperti generator, transformator, saluran transmisi, dan beban. Dalam rangka menganalisis sistem tenaga ini, diperlukan suatu gambaran grafis yang dapat merepresentasikan setiap komponen tersebut. Diagram yang umum digunakan untuk tujuan ini termasuk diagram satu garis, diagram impedansi, dan diagram reaktansi [4].



**Gambar 2.2** Diagram Satu Garis Sistem Tenaga Listrik

## 2.2 Sistem Distribusi Sekunder

Distribusi sekunder adalah bagian dari sistem distribusi yang terdiri dari dua jenis jalur, yaitu Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) dan Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR). Tegangan yang ada dalam saluran ini adalah hasil penurunan tegangan dari transformator di sisi primer sistem distribusi yang memiliki tegangan 400/230V.



**Gambar 2.3** Ruang Lingkup Sistem Distribusi Sekunder

Dari perspektif cakupannya, sisi sekunder adalah segmen yang memiliki hubungan langsung dengan pelanggan. Secara umum, fungsi utama sistem distribusi sekunder adalah menerima pasokan daya listrik dari transformator di sisi primer, kemudian menyebarkannya ke konsumen. Karena berada dalam posisi dekat dengan pelanggan, penting untuk memberikan perhatian serius terhadap kualitas listrik yang disalurkan.

### 2.3 Transformator

Transformator berfungsi untuk menurunkan tegangan primer 20 kV (dari PLN) menjadi tegangan sekunder 380/220 V. Transformator merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan pemilihan tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh. Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi :

- a. Transformator daya
- b. Transformator distribusi
- c. Transformator pengukuran (transformator arus dan transformator tegangan)

Transformator direpresentasikan sebagai resistansi  $R$  dan reaktansi bocor  $X$ , karena  $R$  dan  $X$  akan mempunyai nilai persatuan yang sama baik pada sisi tegangan rendah maupun sisi tegangan tinggi pada transformator [5].



**Gambar 2.4** Transformator *Step Down* Gedung

### 2.3.1 Prinsip Kerja Transformator

Transformator beroperasi berdasarkan prinsip-prinsip hukum Ampere dan Faraday, yang melibatkan konversi energi elektromagnetik. Ketika arus bolak-balik diterapkan pada salah satu gulungan transformator, jumlah garis medan magnet berfluktuasi. Hal ini menghasilkan induksi pada sisi primer. Sisi sekunder, pada gilirannya, menerima perubahan dalam jumlah garis medan magnet yang juga mengakibatkan induksi. Akibatnya, terdapat perbedaan tegangan antara dua ujung sisi sekunder. Prinsip dasar transformator adalah bahwa jumlah garis medan (fluks) yang memasuki gulungan sekunder sama dengan jumlah garis medan yang keluar dari gulungan primer.

### 2.3.2 Persentase Pembebanan Transformator

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan primer dapat diketahui menggunakan persamaan[6].

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \text{ (VA)} \quad (2.1)$$

Di mana :

S = daya transformator ( kVA)

V = tegangan sisi primer transformator (V)

I = Arus (A)

Sehingga, untuk menghitung arus beban penuh (*full load*) dapat menggunakan persamaan.

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2.2)$$

Dimana :

IFL = Arus beban Penuh (A)

S = Daya transformator (kVA)

V=Tegangan sisi sekunder transformator (V)

Dalam menghitung persentase pembebanan suatu transformator dapat diketahui dengan menggunakan persamaan.

$$\% \text{Pembebanan} = \frac{V \times I_{\text{rata-rata}} \times \sqrt{3}}{\text{Daya Transformator}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana :

V = Tegangan

I rata-rata = Arus rata-rata

Rumus untuk menghitung I rata-rata adalah.

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \quad (2.4)$$

Dimana :

I rata-rata = rata-rata arus beban (A)

I = arus beban penuh (A)

I<sub>r</sub> = arus fasa R (A)

I<sub>s</sub> = arus fasa S (A)

I<sub>t</sub> = arus fasa T (A)

### 2.3.3 Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya output dengan daya input, secara matematis dapat dituliskan dengan persamaan [7].

$$\% \eta = \frac{\text{Daya Output (W)}}{\text{Daya Input (W)}} \times 100 \% \quad (2.5)$$

$$\% \eta = \frac{\text{Daya Output (W)}}{\text{Daya Output (W)} + \text{Losses (W)}} \times 100 \% \quad (2.6)$$

$$\% \eta = \frac{\text{Daya Output (W)}}{\text{Daya Output (W)} + \text{Rugi Inti (W)} + \text{Rugi Tembaga}} \times 100 \% \quad (2.7)$$

Efisiensi maksimum dari sebuah transformator didapatkan ketika rugi inti sama dengan rugi tembaga. Untuk mencari daya dengan efisiensi maksimum dari sebuah transformator, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan [7].

$$kVA_{\text{efisiensi maksimum}} = kVA_{\text{rated}} \times \sqrt{(P_i/P_{cu})} \quad (2.8)$$

Total rugi tembaga ( $P_{cu}$ ) pada trafo tiga fasa dapat ditentukan dengan persamaan.

$$P_{cu} = 3 \times I_2 \times R_{02} \quad (2.9)$$

Dimana :

$P_{cu}$  = rugi tembaga total (W)

$I_2$  = arus nominal sisi sekunder (A)

$R_{02}$  = resistansi total ekuivalen yang ditinjau dari sisi sekunder (Ohm)

Apabila beban antar fasa tidak sama maka digunakan persamaan.

$$P_{cu} = (I_{R2} + I_{S2} + I_{T2}) \times R_{02} \quad (2.10)$$

$$P_{cu} = ((I_{R2} \times R_{02}) + (I_{S2} \times R_{02}) + (I_{T2} \times R_{02})) \quad (2.11)$$

Dimana :

$P_{cu}$  = rugi tembaga total (W)

$I_R$  = arus fasa R sisi sekunder (A)

$I_S$  = arus fasa S sisi sekunder (A)

$I_T$  = arus fasa T sisi sekunder (A)

$R_{02}$  = resistansi total ekuivalen yang ditinjau dari sisi sekunder

Besar rugi-rugi tembaga pada setiap perubahan beban dapat ditentukan dengan persamaan.

$$P_{t2} = (S_2/S_1) \times P_{t1} \quad (2.12)$$

Dimana :

Pt<sub>2</sub> = rugi-rugi tembaga pada saat pembebanan

Pt<sub>1</sub> = rugi-rugi tembaga beban penuh

S<sub>2</sub> = beban yang dioperasikan

S<sub>1</sub> = nilai pengena

Dengan demikian, untuk menentukan efisiensi transformator pada setiap pembebanan dengan beban dan faktor daya pada setiap fasa yang berbeda maka persamaan .

$$\% \eta = \frac{\text{Daya Output (W)}}{\text{Daya Output (W)} + \text{Rugi Daya total(W)}} \times 100 \% \quad (2.13)$$

$$\% \eta = \frac{((VRN \times IR \times \cos \theta R) + (VSN \times IS \times \cos \theta S) + (VTN \times IT \times \cos \theta T))}{((VRN \times IR \times \cos \theta R) + (VSN \times IS \times \cos \theta S) + (VTN \times IT \times \cos \theta T)) + Pi + Pcu} \times 100 \% \quad (2.14)$$

Dimana :

VRN = tegangan fasa-netral R (V)

VSN = tegangan fasa-netral S (V)

VTN = tegangan fasa-netral T (V)

IR = arus fasa R (A)

IS = arus fasa S (A)

IT = arus fasa T (A)

Cos θ R = faktor daya R

Cos θ S = faktor daya S

Cos θ T = faktor daya T

Pi = rugi inti (W)

Pcu = rugi tembaga (W)

## 2.4 Kapasitor Bank

Kapasitor bank adalah rancangan dari beberapa kapasitor yang saling terhubung secara seri atau paralel yang digunakan untuk memberikan kompensasi daya reaktif. Pemasangan kapasitor bank dapat dijabarkan menjadi tiga bagian yaitu *global compensation*, *group compensation*, dan *individual compensation*. Bank Kapasitor adalah rangkaian yang terdiri dari beberapa unit kapasitor. Kapasitas unit kapasitor menyatakan besar daya reaktif nominal yang dihasilkan pada tegangan dan frekuensi nominal, dinyatakan dalam satuan dasar Var. Praktisnya, unit kapasitor diproduksi dalam kapasitas tertentu dan bersifat diskrit [3].



**Gambar 2.5** Panel Kapasitor Bank

Dalam menentukan nilai kapasitas kapasitor bank dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [2];

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \quad (2.15)$$

Dimana :

$Q_c$  = Nilai kVAR yang perlu ditambahkan

$Q_1$  = Nilai kVAR ketika Faktor Daya Standar

$Q_2$  = Nilai kVAR dengan Faktor

## 2.5 Generator Set (GENSET)

Genset atau generator set, adalah suatu perangkat yang digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik. Nama "generator set" merujuk pada kombinasi peralatan yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu mesin dan generator. Mesin berperan sebagai perangkat penggerak, sementara generator berfungsi sebagai perangkat pembangkit listrik. Dalam generator set, berbagai jenis mesin dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan, termasuk mesin bensin, mesin diesel, mesin gas, atau mesin turbin. Inti dari sistem ini adalah mesin yang digunakan untuk menggerakkan generator, yang terdiri dari sekelompok kawat tembaga. Putaran yang dihasilkan oleh mesin menciptakan medan magnet yang berputar secara konsisten dan stabil, menghasilkan aliran listrik [8].



**Gambar 2.6** GENSET RS Hermina Pasuruan

Dalam menentukan kapasitas dari GENSET, hal pertama yang perlu diketahui besar dari demand factor (DF), selanjutnya dapat menentukan kapasitas dari GENSET yang akan digunakan, dengan rumus sebagai berikut [9] ;

$$DF = \frac{\text{Beban Maksimum terukur}}{\text{Beban total terpasang}} \quad (2.16)$$

Kemudian dalam menentukan kapasitas GENSET menggunakan rumus sebagai berikut;

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas daya} &= DF \times \text{Beban total terpasang} \times \text{Faktor keamanan trafo} \\ \text{Kapasitas daya} &= DF \times \text{Beban total terpasang} \times 125\% \end{aligned} \quad (2.17)$$

## 2.6 Panel Distribusi

Panel distribusi daya adalah sebuah perangkat listrik yang digunakan dalam sistem instalasi listrik untuk memastikan kinerja yang handal dan aman. Komponen-komponen dalam panel distribusi daya melibatkan lemari panel, pelindung beban berlebih, pelindung fase gangguan, kontaktor magnetik, saklar, dan indikator. Semua peralatan listrik dapat dikendalikan secara sentral melalui panel distribusi daya. Pengaturan panel distribusi daya dilakukan sedemikian rupa sehingga berfungsi dengan baik dan memungkinkan pemeliharaan yang mudah dan aman [10].

### 2.6.1 *Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)*

*Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)* atau dalam bahasa Indonesia Panel Utama Tegangan Rendah (PUTR) adalah panel yang bertugas sebagai penerima daya dari transformator dan selanjutnya mendistribusikan daya ini ke *Sub Distribution Panel (SDP)*. Dengan bantuan circuit breaker seperti *Air Circuit Breakers (ACB)* atau *Moulded Case Circuit Breakers (MCCB)*, panel distribusi tambahan ini akan mengarahkan aliran daya ke berbagai beban dan peralatan listrik [10].



**Gambar 2.7** *Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)*

### 2.6.2 *Sub Distribution Panel (SDP)*

*Sub Distribution Panel (SDP)*, yang sering dikenal sebagai sub panel, berperan sebagai penerima daya dari saluran keluar panel utama atau PUTR. Daya

yang diterima dari PUTR akan dialirkan ke panel-panel lain sesuai dengan perencanaan instalasi listrik yang ada [10].



**Gambar 2.8** *Sub Distribution Panel (SDP)*

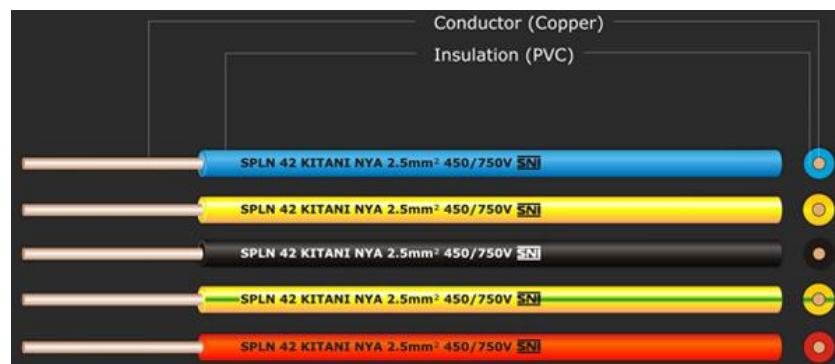
## **2.7 Penghantar atau Kabel**

Sebagai ketentuan umum untuk penghantar, dijelaskan bahwa semua konduktor yang digunakan harus terbuat dari bahan yang memenuhi persyaratan sesuai dengan tujuan penggunaannya, serta telah mengikuti pemeriksaan dan pengujian sesuai dengan standar yang berlaku. Secara umum, penghantar dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu penghantar berbentuk persegi atau rel (seperti busbar dan penampang pejal) dan kabel, dengan bahan yang paling umum digunakan adalah tembaga dan aluminium [11].

Dalam instalasi bangunan, baik itu gedung maupun rumah, kabel listrik memiliki peran penting sebagai komponen vital yang bertugas menghantarkan arus listrik dari sumber PLN ke peralatan listrik yang digunakan. Kabel listrik dapat dibandingkan dengan pembuluh darah dalam tubuh manusia, di mana jika terjadi masalah, kinerja keseluruhan sistem terganggu. Hal yang sama berlaku untuk kabel listrik; jika ada gangguan pada salurannya, maka sistem instalasi kelistrikannya berpotensi terganggu. Di bawah ini terdapat beberapa jenis kabel listrik yang umum digunakan dalam instalasi listrik bangunan, termasuk gedung dan rumah [12].

a. Kabel NYA

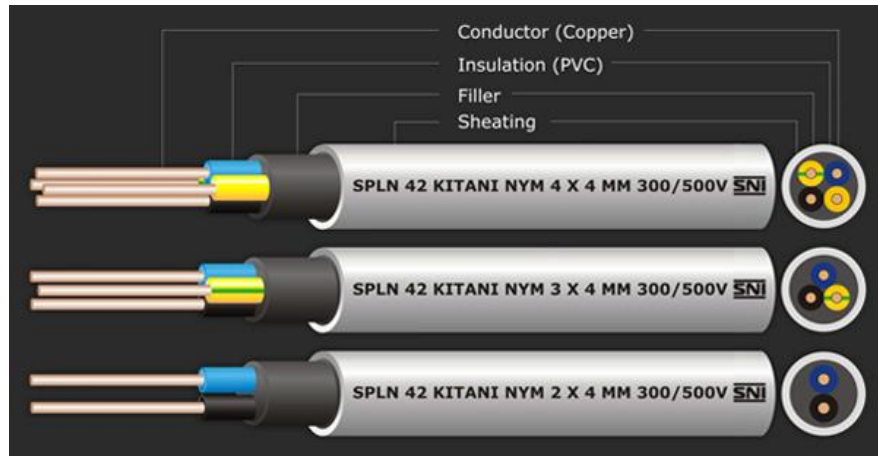
Kabel NYA yang terdapat dalam instalasi bangunan memiliki isolasi PVC dan inti kawat tunggal. Warna isolasi kabel ini bervariasi, termasuk merah, kuning, biru, dan hitam. Kabel NYA termasuk dalam kategori kabel udara (tidak disarankan untuk penguburan di dalam tanah) karena memiliki karakteristik tertentu. Isolasi satu lapis, sehingga isolasi mudah luka karena gesekan, maupun gigitan tikus atau gencetan. Dalam pemasangan jenis kabel ini perlu dimasukkan ke dalam suatu conduit kabel



**Gambar 2.9** Kabel NYA

b. Kabel NYM

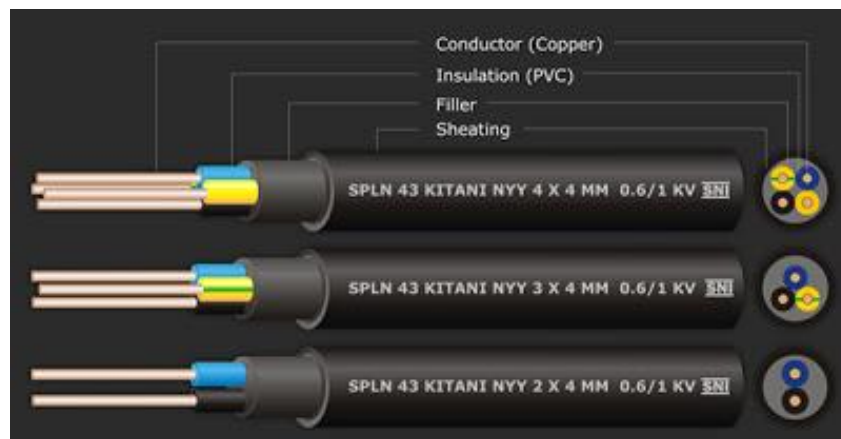
Kabel NYM yang digunakan dalam instalasi bangunan memiliki lapisan luar berbahan PVC berwarna putih dan inti kawat tunggal, biasanya terdiri dari 2 hingga 4 inti yang masing-masing dilapisi dengan isolasi PVC berwarna berbeda. Ini seperti menggabungkan beberapa kabel NYA menjadi satu dengan tambahan lapisan isolasi putih dan pelindung karet. Kabel ini relatif lebih kuat karena isolasi PVC dan lapisan pelindung karetnya. Dalam pemasangannya di instalasi listrik di dalam bangunan, seringkali tidak memerlukan penggunaan conduit, kecuali jika kabel ditempatkan dalam dinding. Meskipun kabel ini dirancang untuk penggunaan dalam ruangan, penggunaan conduit dapat dipertimbangkan jika akan dipasang di luar ruangan.



**Gambar 2.10** Kabel NYM

c. Kabel NYY

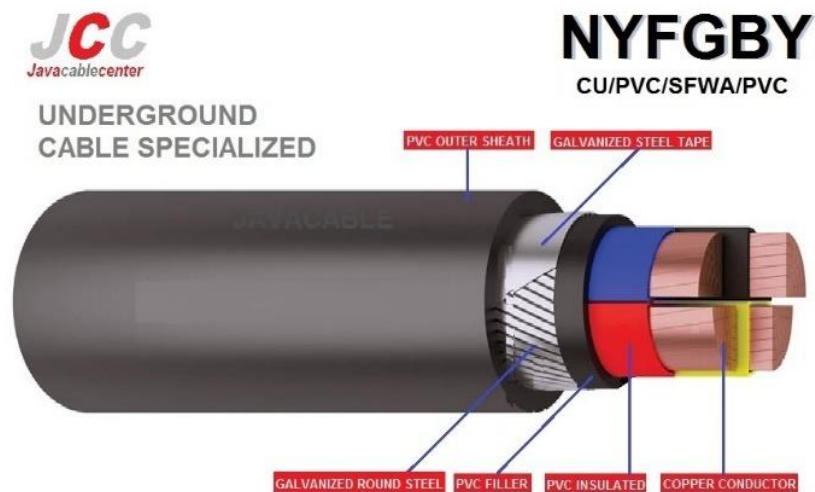
Kabel NYY memiliki ciri khas berwarna hitam dan memiliki dua lapisan isolasi PVC yang membuatnya sangat tahan terhadap tekanan dan kelembaban. Karena keunggulan ini, kabel NYY dapat dipasang di luar ruangan, bahkan bisa ditanam di dalam tanah. Meskipun memiliki keunggulan tersebut, dari segi ekonomi, jenis kabel ini cenderung lebih mahal dibandingkan dengan dua jenis kabel sebelumnya.



**Gambar 2.11** Kabel NYY

d. Kabel NYFGBY

Kabel NYFGBY merupakan kabel listrik yang memiliki kekuatan luar biasa karena memiliki beberapa lapisan pelindung, termasuk isolasi PVC berwarna hitam dan lapisan logam di dalamnya. Kabel ini memiliki karakteristik yang cukup kaku dan kurang fleksibel, sehingga sering digunakan dalam instalasi bawah tanah, di dalam bangunan, dalam saluran-saluran, dan di lokasi terbuka yang memerlukan tingkat perlindungan tambahan.



**Gambar 2.12.** Kabel NYFGBY

Dalam penamaan kabel atau penghantar dikenal istilah nomenklatur kabel, yang dimana nomenklatur kabel adalah penjelasan mengenai arti kode huruf pada penamaan/label pada kabel listrik. Berikut dapat dilihat nomenklatur kabel di indonesia sebagai berikut;

**Tabel 2.1** Tabel Nomenklatur Kabel di Indonesia

HURUF	KETERANGAN
N	Kabel standard dengan penghantar/inti tembaga
NA	Kabel dengan aluminium sebagai penghantar
Y	Isolasi PVC
G	Isolasi Karet
A	Kawat Berisolasi
Y	Selubung PVC ( <i>polyvinyl chloride</i> ) untuk kabel luar
M	Selubung PVC untuk kabel luar
R	Kawat baja bulat (perisai)
Gb	Kawat pipa baja (perisai )
B	Pipa baja
I	Untuk isolasi tetap diluar jangkauan tangan
re	Penghantar padat bulat
rm	Penghantar bulat berkawat banyak
Se	Penghantar bentuk pejal (padat)
Sm	Penghantar dipilin bentuk sektor
f	Penghantar halus dipintal bulat
ff	Penghantar sangat fleksibel
Z	Penghantar z
D	Penghantar 3 jalur yang di tengah sebagai pelindung.
H	Kabel untuk alat bergerak
Rd	Inti dipilih bentuk bulat
Fe	Inti pipih
-I	Kabel dengan system pengenalan warna urat dengan hijau – kuning
-0	Kabel dengan system pengenalan warna urat tanpa hijau – kuning.

e. KHA Penghantar

Kabel listrik mempunyai ukuran luas penampang inti kabel yang berhubungan dengan kapasitas penghantar arus listriknya, besarnya kapasitas hantaran kabel dinamakan dengan Kuat Hantar Arus (KHA) [13]. Pada aturan penentuan besar KHA pada suatu penghantar menyebutkan bahwa suatu konduktor sirkit akhir yang menyuplai motor tunggal tidak boleh mempunyai KHA kurang dari 125 % arus pengenalan beban penuh. Adapun perumusan untuk mencari nilai KHA dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [11]

$$KHA = 125 \% \times I_n \quad (2.18)$$

Dimana :

KHA = Kemampuan Hantar Arus (A)

$I_n$  = Arus Nominal (A)

Nilai In dapat ditentukan dengan persamaan.

$$I_n = P / (V \times 1,73 \times \cos \phi) \quad (2.19)$$

Dimana :

P = Daya (W)

V = Tegangan Fasa-fasa (V)

Cos  $\phi$  = Safety factor (umum digunakan 0,85)

**Tabel 2.2** Tabel KHA Penghantar

Metode acuan dalam Tabel A.52-1	Jumlah konduktor berbeban dan jenis insulasi											
		Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE						
A1												
A2	Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE							
B1				Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE		Dua XLPE			
B2			Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE					
C					Tiga PVC		Dua PVC	Tiga XLPE		Dua XLPE		
E						Tiga PVC		Dua PVC	Tiga XLPE		Dua XLPE	
F							Tiga PVC		Dua PVC	Tiga XLPE		Dua XLPE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ukuran (mm <sup>2</sup> )												
Tembaga												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	-
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	-	-	-	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	-	-	-	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504
185	-	-	-	-	324	362	392	424	450	506	542	575
240	-	-	-	-	380	424	461	500	538	599	641	679
Aluminium												
2,5	13,5	14	15	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	-
4	17,5	18,5	20	22	25	26	28	31	32	35	38	-
6	23	24	26	28	32	33	36	39	42	45	49	-
10	31	32	36	39	44	46	49	54	58	62	67	-
16	41	43	48	53	58	61	66	73	77	84	91	-
25	53	57	63	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	-	-	-	86	90	96	103	112	120	126	135	150
50	-	-	-	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	-	-	-	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	-	-	-	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	-	-	-	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150	-	-	-	-	226	245	261	283	304	324	346	389
185	-	-	-	-	256	280	298	323	347	371	397	447
240	-	-	-	-	300	330	352	382	409	439	470	530

**CATATAN** Tabel B.52-2 hingga B.52-3 harus dikonsultasikan untuk menentukan julat ukuran konduktor yang KHA dapat diterapkan, untuk setiap metode instalasi.

## 2.8 Pengaman Arus Listrik

### 1. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

MCB, yang merupakan singkatan dari *Miniature Circuit Breaker*, adalah sebuah perangkat perlindungan otomatis yang bertindak sebagai pengendali aliran listrik yang menuju ke peralatan listrik. Dalam penggunaannya, MCB disesuaikan dengan kapasitas daya yang ada dalam instalasi guna memastikan penggunaan energi listrik yang sesuai dengan kebutuhan. Sebagai bagian dari komponen perlindungan aliran listrik, MCB memiliki beberapa fungsi penting, yaitu:

- a. Membatasi penggunaan daya listrik.
- b. Bertindak sebagai saklar otomatis yang memutus aliran listrik jika terjadi gangguan hubung singkat.
- c. Melindungi instalasi listrik yang mencakup tenaga dan penerangan.
- d. Membagi daya dalam instalasi listrik bangunan.
- e. Memberikan perlindungan terhadap beban yang berlebihan atau hubung singkat.



**Gambar 2.13** *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

### 2. *Moulded Case Circuit Breaker* (MCCB)

MCCB merupakan singkatan dari *Moulded Case Circuit Breaker*, dan ini adalah komponen aktif yang berfungsi untuk mengontrol dan membatasi arus yang mengalir melalui sirkuit, sekaligus sebagai pemutus rangkaian. Dalam panel listrik, terdapat MCCB dengan berbagai kapasitas, termasuk kapasitas tetap dan kapasitas bervariasi. MCCB dengan kapasitas tetap akan beroperasi sesuai dengan nilai yang

tercantum pada nameplate MCCB-nya, sementara MCCB dengan kapasitas bervariasi memungkinkan pengaturan kapasitas kerja sesuai dengan kebutuhan diantara nilai yang tertera pada nameplate MCCB tersebut [14].



**Gambar 2.14** *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*

## 2.9 Konsep Dasar Aliran Daya

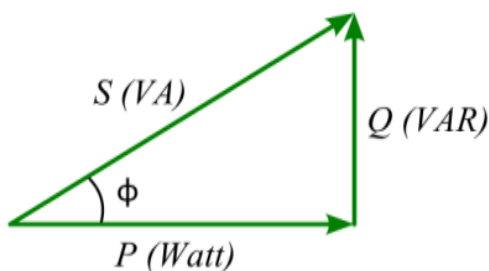
Daya listrik merupakan energi per-satuan waktu. Daya yang dibangkitkan oleh elemen aktif atau yang diserap/disimpan elemen pasif adalah sama dengan hasil kali tegangan pada elemen tsb dan arus yang mengalir pada elemen tersebut [13]

$$\begin{aligned} \text{Daya Listrik} &= \frac{\text{energi}}{\text{waktu}} = \frac{\text{energi (joule)}}{\text{muatan (cuolomb)}} \times \frac{\text{muatan (cuolomb)}}{\text{waktu (sec)}} \\ &= \text{Tegangan} \times \text{arus} \end{aligned} \quad (2.20)$$

Dalam sistem AC, daya dapat direpresentasikan dengan simbol P, sementara tegangan dilambangkan dengan V dan arus dilambangkan dengan I. Jika beban yang terhubung bersifat resistif, artinya tegangan dan arus pada beban tersebut sefasa. Dalam kondisi seperti ini, besarnya daya dapat dihitung menggunakan rumus  $P = V \times I$  (dalam satuan Watt). Semua daya yang dihasilkan oleh sumber listrik akan terserap oleh beban dan diubah menjadi bentuk energi lain, seperti cahaya, panas, gerak, dan sebagainya [13].

## 1. Segitiga Daya

Segitiga daya merupakan sebuah sketsa daya nyata, daya reaktif, dan daya semu. Dalam persamaan maupun perhitungan daya, hal pokok yang harus dipahami adalah dengan memahami konsep segitiga daya. Ilustrasi konsep segitiga daya ditunjukkan pada gambar 2.15



**Gambar 2.15** Segitiga Daya

### a. Daya Nyata

Daya Nyata merupakan yang benar-benar digunakan oleh komponen resistif dalam sebuah rangkaian listrik disebut daya nyata. Daya ini tercatat oleh alat kWh meter dan menjadi dasar untuk menghitung biaya listrik yang harus dibayar oleh pelanggan. Dalam penghitungan matematis, daya nyata (P) dihitung dengan mengalikan tegangan efektif ( $V_{rms}$ ), arus efektif ( $I_{rms}$ ), dan faktor daya (PF) dengan satuan Watt [13].

$$P = V_{eff} \times I_{eff} \times \cos \varphi \quad (2.21)$$

### b. Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan jenis daya yang dihasilkan oleh komponen pasif di dalam rangkaian listrik selain komponen resistif, yang disebut juga sebagai rugi-rugi daya atau daya yang tidak diinginkan. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan daya, daya reaktif harus diminimalkan semaksimal mungkin melalui tindakan kompensasi atau perbaikan faktor daya, meskipun tidak dapat dihilangkan sepenuhnya. Notasi matematis dari daya reaktif adalah Q, diukur dalam satuan VAR (*Volt Ampere Reactive*), dan dihitung dengan mengalikan tegangan efektif, arus efektif, dan nilai  $\sin\varphi$ [13].

$$Q = V_{eff} \times I_{eff} \times \sin\varphi \quad (2.22)$$

c. Daya Semu

Daya yang sebenarnya disuplai oleh PLN dapat diukur dalam satuan VA (Volt Ampere) dan dinyatakan sebagai hasil dari daya aktif dan daya reaktif. Istilah "daya semu" digunakan untuk menggambarkan hasil akhir ini [13]. Secara matematis, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$S = V_{eff} \times I_{eff} \quad (2.23)$$

Daya semu merupakan daya yang dibangkitkan oleh generator pada sistem pembangkit listrik. Daya semu diberi simbol S, sedangkan satuan daya semu adalah VA. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mendapatkan besar daya semu [15].

Daya Reaktif 1 Fasa

$$S = V_{L-N} \times I \quad (VA) \quad (2.24)$$

$$P = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times (I_R + I_S + I_T) \times \cos \varphi \quad (2.25)$$

Analisis rugi daya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta P = I^2_{beban} \times R \quad (2.26)$$

Dengan :

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100 \% \quad (2.27)$$

Dimana :

$\Delta P$  : rugi-rugi daya total (Watt)

I beban : arus (A)

R : resistensi saluran ( $\Omega$ )

Cos  $\varphi$  : faktor daya beban

## 2. Hukum Kirchoff

Hukum Kirchoff merupakan karya ilmuwan Jerman Gustav Kirchoff yang disebut hukum Kirchoff. Hukum kirchoff berisi tentang analisa tegangan dan arus dalam suatu rangkaian. Hukum Kirchoff dibagi menjadi dua, yaitu: hukum arus Kirchoff dan hukum tegangan Kirchoff [16]. Dalam penyelesaian analisis aliran daya harus memenuhi prinsip dasar hukum kirchoff, yaitu jumlah aljabar semua arus pada sebuah bus harus sama dengan nol dan jumlah aljabar semua tegangan pada loop harus sama dengan nol, salah satu dari aturan hukum kirchoff tersebut digunakan sebagai sebuah pengujian untuk konvergensi penyelesaian perhitungan iterasi.

### a. Hukum Kirchoff 1

Bunyi dari hukum kirchoff 1 adalah “suatu total arus listrik yang masuk melalui suatu titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik memiliki besar yang sama dengan arus total yang keluar dari titik percabangan”. Secara umum berbunyi banyaknya kuat arus listrik yang masuk dalam titik percabangan sama besar dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik percabangan . Secara perumusan dapat ditulis sebagai berikut :

$$I_{masuk} = I_{keluar} \text{ atau } \sum I_{masuk} = \sum I_{keluar} \quad (2.28)$$

### b. Hukum Kirchoff 2

Bunyi dari hukum Kirchoff 2 adalah “beda potensial (banyak tegangan) di suatu rangkaian listrik tertutup besarnya sama dengan angka nol”, maupun dalam arti lain jumlah penurunan jumlah tegangan sama dengan angka nol. Hal tersebut mempunyai arti bahwa dalam suatu rangkaian listrik tertutup tersebut,tidak ada energi listrik yang hilang, jadi semua energi semua energi listrik yang ada menjadi diserap atau digunakan. Secara perumusan dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sum E + \sum IR = 0 \quad (2.29)$$

Dimana :

$\sum E$  = Jumlah aljabar “GGL sumber arus “ (V)

$\sum IR$  = Jumlah Penurunan Tegangan (V)

### 3. Analisis Aliran Daya

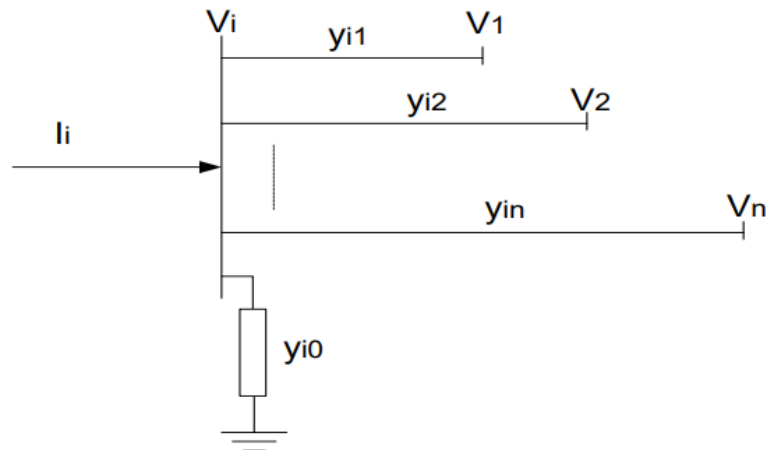
Dalam analisis aliran daya terdapat empat buah besaran pada masing-masing bus jaringan yang ditinjau dan memegang peranan yaitu [17];

- 1) Daya aktif P (*active power*)
- 2) Daya reaktif Q (*reactive power*)
- 3) Harga saklar tegangan |V| (*magnitude*)
- 4) Sudut fase tegangan  $\theta$  (*angle*)

Dua diantara empat besaran yang terdapat pada tiap bus tersebut sudah diketahui sedangkan dua besaran lainnya merupakan yang akan dihitung melalui proses iterasi. Selanjutnya dalam menyelesaikan analisis aliran daya, bus-bus dibagi dalam 3 (tiga) klasifikasi yaitu [17];

- 1) Bus berayun (swing bus), yang sering disebut floating bus, slack bus atau bus referensi, dipilih di antara bus generator atau penyedia daya yang mempunyai kapasitas tertinggi di antara yang terpasang dalam jaringan yang ditinjau. Bus ini juga berfungsi untuk menyuplai kekurangan daya real P dan daya reaktif Q termasuk rugi-rugi daya pada saluran transmisi.
- 2) Bus kontrol atau bus generator, yaitu bus yang mempunyai nilai tegangan dan daya reaktif tertentu. Tegangan pada bus ini dapat dikendalikan dengan mengatur daya reaktif yang disuplai atau diserap bus. Daya aktif dapat diatur untuk menjaga tegangan tertentu.
- 3) Bus beban yaitu bus yang mempunyai nilai daya aktif dan daya reaktif tertentu yang diperoleh berdasarkan pengukuran pada saat tertentu. Nilai tegangan pada bus beban harus dicari melalui proses iterasi sampai tercapai nilai tertentu yang konvergen dengan toleransi ketelitian yang diinginkan.

Dengan mempertimbangkan jenis bus dari jaringan sistem tenaga seperti pada Gambar 2.16, saluran transmisi dapat digambarkan dengan model pi ekuivalen dengan impedansi telah diubah menjadi admitansi per unit pada base MVA.



**Gambar 2.16.** Model Bus Sistem Tenaga Listrik

#### 4. Kualitas Daya

Kualitas daya merupakan isu yang berkaitan dengan karakteristik tegangan, arus, atau frekuensi, yang memiliki potensi untuk menyebabkan kerusakan pada peralatan, baik itu milik perusahaan listrik (PLN) maupun pelanggan. Dengan kata lain, masalah kualitas daya dapat berdampak buruk baik pada pelanggan maupun pada PLN. Suatu sistem tenaga listrik harus memenuhi sejumlah persyaratan dasar untuk melayani pelanggan dengan baik, seperti [18]:

- a. Mampu menangani beban puncak dengan baik.
- b. Meminimalkan deviasi dalam frekuensi dan tegangan.
- c. Menjamin urutan fase yang benar.
- d. Mengurangi distorsi gelombang tegangan dan harmonik sesedikit mungkin, serta bebas dari tegangan lonjakan.
- e. Memastikan suplai sistem tegangan tetap seimbang.
- f. Menyediakan pasokan daya yang handal dengan tingkat layanan yang tinggi, di mana sistem mampu melayani beban secara efisien sepanjang waktu.

Keenam aspek diatas dapat dijadikan sebagai indikator apakah layanan yang diberikan sudah memadai atau belum. Masalah kualitas daya menjadi semakin penting karena:

- a. Saat ini, peralatan yang dimiliki oleh konsumen semakin sensitif terhadap perubahan kualitas daya.
- b. Terjadi peningkatan level harmonik dalam sistem utilitas.
- c. Pelanggan seringkali belum memiliki pemahaman yang cukup mengenai isu kualitas daya.
- d. Kegagalan komponen dalam sistem distribusi dan instalasi dapat memiliki konsekuensi serius.

## 2.10 Rugi – Rugi (*Losses*)

Rugi-rugi (*Losses*) dalam sistem kelistrikan merupakan sesuatu yang sudah pasti terjadi. pada dasarnya, rugi-rugi adalah selisih antara jumlah energi listrik yang dibangkitkan dengan jumlah energi listrik yang sampai ke konsumen [15].

### 1. Rugi Daya

Rugi daya adalah ketidaksempurnaan dalam sistem di mana sejumlah energi hilang selama proses perpindahan listrik dari gardu utama hingga mencapai konsumen. Apabila tidak ada gardu utama, kerugian daya dimulai sejak gardu distribusi hingga mencapai konsumen. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa rugi daya mencakup kehilangan daya saat listrik utama disalurkan ke berbagai beban seperti rumah-rumah, bangunan, dan sejenisnya. Dalam setiap tahap perpindahan daya listrik ke beban, terjadi kerugian daya yang disebabkan oleh berbagai faktor tertentu, seperti jarak antara saluran listrik dan beban yang terlalu besar, yang pada akhirnya meningkatkan hambatan dalam kabel saluran. Perhitungan kerugian daya dapat dilihat sebagai berikut [15]:

$$P = \sqrt{3} \times V_{L-L} \times (I_R + I_S + I_T) \times \cos \phi \quad (2.27)$$

Analisis rugi daya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\Delta P = I_{beban}^2 \times R \quad (2.30)$$

Dengan :

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100 \% \quad (2.31)$$

Dimana :

$\Delta P$  : rugi-rugi daya total (Watt)

$I_{\text{beban}}$  : arus (A)

$R$  : resistensi saluran ( $\Omega$ )

$\text{Cos } \varphi$  : faktor daya beban

## 2. Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan merujuk pada pengurangan tegangan dalam suatu penghantar. Dalam konteks instalasi pelanggan, drop voltase dianjurkan untuk tetap di bawah 4% dari tegangan nominal instalasi. Pengurangan tegangan dalam saluran tenaga listrik umumnya terkait dengan panjang saluran dan beban, serta *inversely proportional* dengan luas penampang penghantar[11].

Tegangan jatuh secara umum merujuk pada tegangan yang hilang saat mencapai beban. Tegangan jatuh disebabkan oleh arus yang mengalir melalui resistansi kawat. Besarnya tegangan jatuh  $V$  dalam penghantar akan meningkat seiring dengan bertambahnya arus  $I$  di dalamnya dan juga seiring dengan bertambahnya resistansi  $R$ . Tegangan jatuh bertanggung jawab atas terjadinya kerugian dalam penghantar karena dapat mengakibatkan penurunan tegangan pada beban, sehingga tegangan yang seharusnya berada pada tingkat nominal yang dibutuhkan oleh beban menjadi lebih rendah.

Tegangan jatuh dalam jaringan disebabkan oleh kerugian tegangan yang disebabkan oleh resistansi listrik ( $R$ ) dan reaktansi ( $X$ ). Tegangan jatuh phasor  $V_d$  dalam suatu penghantar yang memiliki impedansi ( $Z$ ) dan membawa arus ( $I$ ) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$V_d = I \times Z \quad (2.32)$$

Jatuh tegangan, dalam konteks ini, merujuk pada perbedaan antara tegangan saat dikirimkan ( $V_k$ ) dan tegangan saat diterima ( $V_T$ ). Dengan demikian, jatuh tegangan dapat didefinisikan sebagai

$$\Delta V = (Vk) - (VT) \quad (2.33)$$

Karena adanya resistansi dalam penghantar, tegangan yang diterima oleh konsumen ( $V_r$ ) akan lebih rendah daripada tegangan yang dikirimkan ( $V_s$ ). Oleh karena itu, tegangan jatuh (*V drop*) adalah perbedaan antara tegangan di titik awal pengiriman (*sending end*) dan titik akhir penerimaan (*receiving end*) dalam sistem tenaga listrik. Ketidakseimbangan tegangan ini biasanya disebut sebagai regulasi tegangan  $V_R$  (*voltage regulation*) dan dapat dihitung dengan rumus tertentu

$$V_R (\%) = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \quad (2.34)$$

$V_s$  = tegangan pada pangkal pengiriman

$V_r$  = tegangan pada ujung penerimaan

Untuk menghitung tegangan jatuh, perlu memperhitungkan reaktansi dan faktor daya yang tidak selalu sama dengan satu. Oleh karena itu, berikut adalah langkah-langkah untuk menghitungnya. Dalam upaya menyederhanakan perhitungan, diasumsikan bahwa beban yang digunakan adalah beban tiga fasa yang seimbang dan faktor dayanya ( $\cos \phi$ ) berkisar antara 0,6 hingga 0,85. Tegangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut.

$$\Delta V = I (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi) L \quad (2.35)$$

Dimana :

$I$  = arus beban (Ampere)

$R$  = tahanan rangkaian (Ohm)

$X$  = reaktansi rangkaian (Ohm)

## 2.11 ETAP Power Station 12.6

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) adalah sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk mendukung sistem tenaga listrik. Program ini dapat digunakan dalam mode offline untuk melakukan simulasi sistem tenaga listrik, dalam mode online untuk mengelola data real-time, atau bahkan digunakan dalam

kendali sistem secara real-time. ETAP memiliki berbagai fitur yang mencakup analisis pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi, dan distribusi tenaga listrik [3].

Awalnya, ETAP dikembangkan untuk meningkatkan keamanan fasilitas nuklir di Amerika Serikat. Seiring berjalannya waktu, program ini berkembang menjadi sistem manajemen energi yang mampu memonitor, mensimulasikan, mengontrol, dan mengoptimalkan sistem tenaga listrik secara real-time. ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*one line diagram*) dan jalur sistem pentanahan, serta untuk melakukan berbagai jenis analisis, termasuk analisis aliran daya, hubung singkat, starting motor, transient stability, koordinasi proteksi relay, dan harmonisasi sistem [3].

Proyek sistem tenaga listrik memiliki elemen rangkaian yang dapat diedit langsung dari diagram satu garis atau jalur sistem pentanahan. Untuk memudahkan analisis dan hasil perhitungan, informasi dapat ditampilkan secara visual dalam diagram satu garis.

ETAP *Power Station* memungkinkan anda untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar single line diagram/diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama:

a. *Virtual Reality Operasi*

Sistem operasional yang ada pada program sangat mirip dengan sistem operasi pada kondisi real nya. Misalnya, ketika anda membuka atau menutup sebuah sirkuit breaker, menempatkan suatu elemen pada sistem, mengubah status operasi suatu motor, dan untuk kondisi *de-energized* pada suatu elemen dan sub-elemen sistem ditunjukkan pada gambar single line diagram dengan warna abu-abu.

b. *Total Integration Data*

ETAP *Power Station* menggabungkan informasi sistem elektrikal, sistem logika, sistem mekanik, dan data fisik dari suatu elemen yang dimasukkan dalam sistem database yang sama. Misalnya, untuk elemen sebuah kabel, tidak hanya berisikan data kelistrikan dan tentang dimensi fisiknya, tapi juga memberikan informasi melalui raceways yang dilewati oleh kabel tersebut. Dengan demikian,

data untuk satu kabel dapat digunakan untuk dalam menganalisa aliran beban (*load flow analysis*) dan analisa hubung singkat (*short circuit analysis*) yang membutuhkan parameter listrik dan parameter koneksi serta perhitungan ampacity derating suatu kabel yang memerlukan data fisik routing.

c. *Simplicity in Data Entry*

ETAP *Power Station* memiliki data yang detail untuk setiap elemen yang digunakan. Dengan menggunakan editor data, dapat mempercepat proses entri data suatu elemen. Data-data yang ada pada program ini telah dimasukkan sesuai dengan data-data yang ada di lapangan untuk berbagai jenis analisa atau desain ETAP *Power Station* dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisa/studi yakni *Load Flow* (aliran daya), *Short Circuit* (hubung singkat), motor starting, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan cable derating. ETAP *Power Station* juga menyediakan fasilitas Library yang akan mempermudah desain suatu sistem kelistrikan. Library ini dapat diedit atau dapat ditambahkan dengan informasi peralatan bila perlu. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam bekerja dengan ETAP *Power Station* adalah :

- a. *One Line Diagram*, menunjukkan hubungan antar komponen/peralatan listrik sehingga membentuk suatu sistem kelistrikan.
- b. Library, informasi mengenai semua peralatan yang akan dipakai dalam sistem kelistrikan. Data elektrik maupun mekanis dari peralatan yang detail/lengkap dapat mempermudah dan memperbaiki hasil simulasi/analisa.
- c. Standar yang dipakai, biasanya mengacu pada standar IEC atau ANSI, frekuensi sistem dan metode – metode yang dipakai.
- d. *Study Case*, berisikan parameter–parameter yang berhubungan dengan metode studi yang akan dilakukan dan format hasil analisa.

## 1. Elemen AC Proteksi Sistem Tenaga Listrik

Komponen elemen AC dalam perangkat lunak *power station* ETAP yang direpresentasikan dalam bentuk diagram satu garis, tidak termasuk informasi identifikasi (IDs), koneksi bus, dan status. Semua data mengenai elemen-elemen AC dimasukkan melalui editor yang telah disusun oleh para ahli teknik. Daftar lengkap elemen-elemen AC dalam perangkat lunak *power station* ETAP dapat ditemukan dalam toolbar AC, seperti yang ditunjukkan dalam.



**Gambar 2.17** Standar IEC dan ANSI

## 2. Elemen –Elemen AC di ETAP

### a. Transformator

Dalam perangkat lunak *power station* ETAP, informasi mengenai transformator 2 kawat dalam sistem distribusi dimasukkan melalui editor transformator 2 kawat pada perangkat lunak tersebut, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.18 yang menampilkan simbol transformator 2 kawat



**Gambar 2.18** Simbol Transformator 2 Kawat Di ETAP

**b. Generator**

Generator sinkron sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan dalam editor *power station* ETAP berupa rating KV, rating MW, dan mode kerja yang ditampilkan pada bagian atas informasi editor generator. Simbol generator sinkron pada *power station software* ETAP ditunjukkan pada gambar 2.19



**Gambar 2.19** Generator

**c. Load (Beban)**

Dalam perangkat lunak *power station* ETAP, informasi mengenai beban listrik pada sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan melalui editor beban, yang mencakup rated kV dan MVA dan ditampilkan di bagian atas jendela editor beban. ETAP membedakan dua jenis beban, yakni beban statis dan beban dinamis. Simbol untuk beban pada *power station software* ETAP dapat ditemukan dalam Gambar 2.20 dan 2.21



**Gambar 2.20** *Static Load*



**Gambar 2.21** *Lumped Load*

**d. Pemutus Rangkaian (*Circuit Breaker*)**

*Circuit Breaker* adalah suatu perangkat otomatis yang dirancang untuk melindungi suatu rangkaian listrik dari potensi kerusakan akibat beban berlebih atau hubungan pendek. Pada perangkat lunak ETAP, simbol pemutus rangkaian ditampilkan dalam Gambar 2.22



**Gambar 2.22** *Circuit Breaker* untuk *High Voltage and Low Voltage*

**e. Bus**

Pada perangkat lunak *power station* ETAP, informasi mengenai Bus AC atau node dalam sistem distribusi tenaga listrik dimasukkan melalui editor Bus. Editor Bus ini sangat berguna untuk melakukan pemodelan berbagai jenis Bus yang terdapat dalam sistem tenaga listrik. Generator, motor, dan beban statis adalah elemen-elemen yang dapat dihubungkan ke berbagai Bus sesuai kebutuhan. Simbol Bus dalam perangkat lunak *power station* ETAP dapat ditemukan dalam Gambar 2.16



**Gambar 2.23** Simbol Bus Pada Etap

**3. Elemen –Elemen di ETAP**

Sebuah sistem tenaga terdiri dari berbagai komponen, dan di antaranya adalah sub-sistem aliran daya dan hubung singkat. Untuk menjalankan simulasi aliran daya dan hubung singkat, data yang diperlukan mencakup:

- a. Data Generator: Informasi mengenai generator listrik, termasuk kapasitas, karakteristik, dan parameter terkait.
- b. Data Transformator: Detail tentang transformator, termasuk rasio tegangan, kapasitas, impedansi, dan konfigurasi.
- c. Data Kawat Penghantar: Informasi mengenai saluran listrik, termasuk ukuran, panjang, jenis bahan, dan karakteristik lainnya.
- d. Data Beban: Data terkait beban listrik, mencakup jenis beban, besaran daya, dan karakteristik beban.
- e. Data Bus: Informasi tentang node atau titik-titik dalam sistem, yang digunakan dalam analisis aliran daya dan hubung singkat.

#### 4. Elemen Aliran Daya

Pada perangkat lunak ETAP, program analisis aliran daya memiliki kemampuan untuk menghitung tegangan pada setiap cabang, aliran arus dalam sistem tenaga listrik, serta aliran daya dalam sistem tersebut. Terdapat tiga metode perhitungan aliran daya yang dapat dipilih, tergantung pada kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi perhitungan. Ketiga metode perhitungan aliran daya dalam ETAP adalah *Newton Raphson*, *Fast-Decouple*, dan *Gauss Seidel*, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Simbol-simbol dan elemen toolbar yang berkaitan dengan analisis aliran daya dapat ditemukan dalam Gambar 2.17



**Gambar 2.24** Toolbar Load Flow di ETAP

Susunan ikon dan toolbar aliran daya pada gambar menunjukkan hal berikut:

- "*Run Load Flow*" adalah ikon pada toolbar aliran daya yang digunakan untuk memulai atau menampilkan hasil perhitungan aliran daya sistem distribusi tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis.
- "*Update Cable Load Current*" adalah ikon toolbar yang memungkinkan pengguna untuk mengubah kapasitas arus pada kabel sebelum menjalankan perhitungan aliran daya.
- "*Display Option*" adalah bagian tombol yang digunakan untuk menampilkan hasil perhitungan aliran daya.
- "*Alert*" adalah ikon yang digunakan untuk menampilkan batasan kritis dan marginal dari hasil keluaran aliran daya dalam sistem distribusi tenaga listrik.
- "*Report Manager*" adalah ikon yang memungkinkan pengguna untuk melihat hasil perhitungan aliran daya dalam bentuk laporan

## **BAB III**

### **METODA PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Dalam penulisan Skripsi ini, penulis menggunakan metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengungkap gejala secara holistik-kontekstual dengan pengumpulan data dari latar alami dimana peneliti dimanfaatkan sebagai instrumen kunci. Metode ini bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis pendekatan induktif yang menitikberatkan pada analisis sebab-akibat bermacam variabel dan pengukuran [19].

##### **1. Observasi**

Merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan melalui proses pengamatan tentang sesuatu hal yang direncanakan maupun tidak direncanakan, baik sepiantas maupun dalam jangka waktu yang cukup lama yang dapat menciptakan suatu masalah [19]. Melalui metode ini penulis akan mencari data-data yang akan digunakan, seperti kapasitas dan spesifikasi dari seluruh unit-unit utama pada sistem seperti, Transformator, panel distribusi, GENSET, dan penghantar yang digunakan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan, kemudian kondisi lokasi dari bangunan Rumah Sakit Hermina Pasuruan, dan jarak tiap sub panel dari main panel.

##### **2. Metode Dokumentasi**

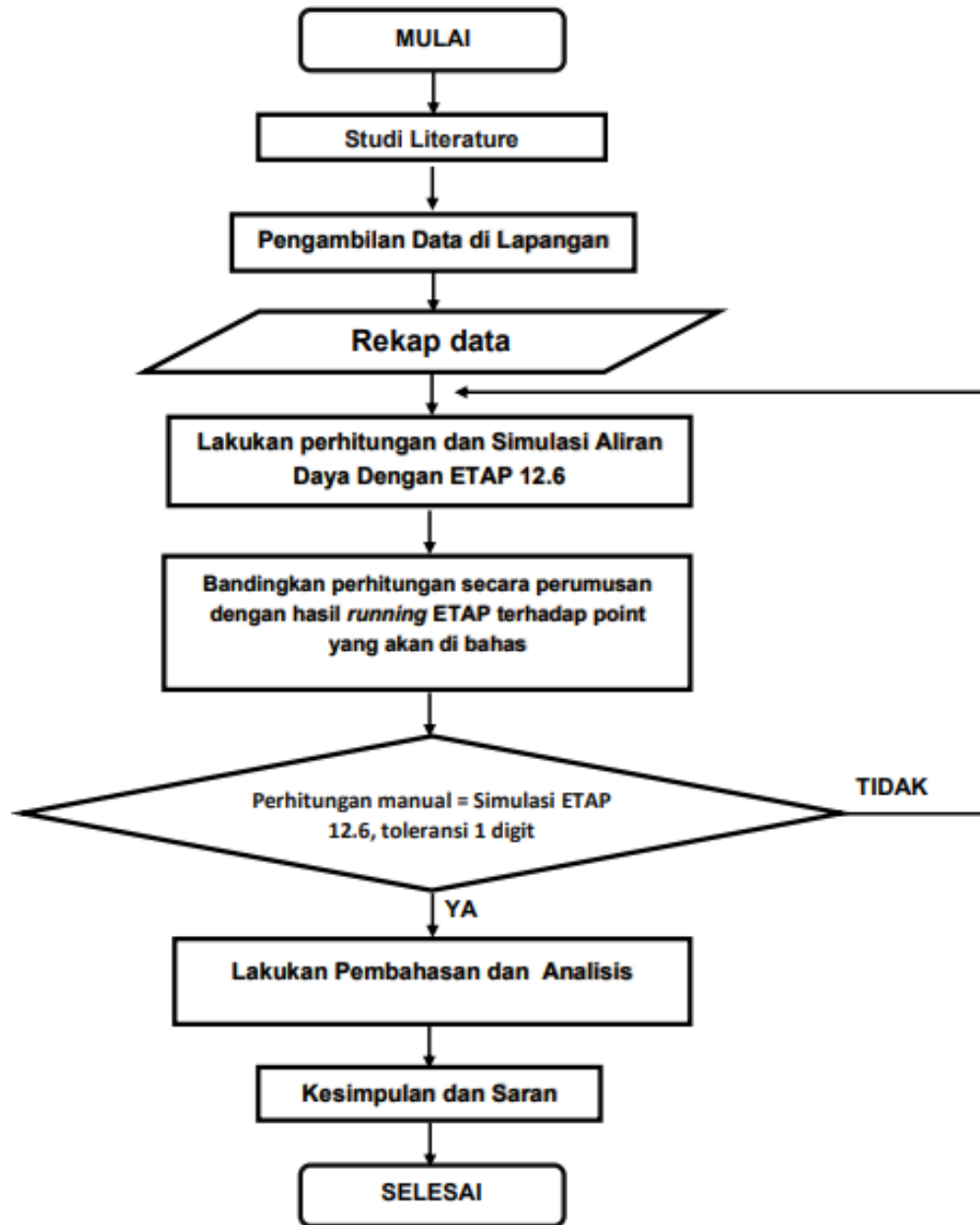
Metode dokumentasi merupakan metode untuk mendapatkan data dengan cara mencatat data-data yang sudah ada dan berkaitan dengan permasalahan yang ingin dibahas [19]. Dalam perencanaan sistem kelistrikan pada Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Data yang dimaksud dan berkaitan dengan masalah yang akan dibahas adalah catatan mengenai beban pada masing-masing bangunan, luas penampang penghantar, panjang penghantar dan gambar *master plan* semua bangunan, baik untuk *single line* diagram maupun denah dari Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

### 3. Metode *Study Literature*

Merupakan suatu metode dengan mempelajari buku-buku, jurnal, *website* yang ada kaitannya dengan analisis aliran daya sistem kelistrikan, untuk dapat dijadikan pedoman dalam pembuatan laporan skripsi, melalui metode ini berikut beberapa literatur yang digunakan sebagai referensi untuk penulis yaitu; PUIL 2011 yang berhubungan tentang desain instalasi listrik, karya dari Muhammad Alif K U, Supari, dan Derman tentang Analisis Aliran Daya Listrik di PT Cargill Semarang Bagian Gedung Produksi Menggunakan Simulasi Etap, kemudian ada karya dari Muhammad Yogi Ardiansyah dan Arnisa Stefanie tentang Estimasi Rugi Daya Chiller Pada Gedung SCTV Tower Dengan Aplikasi ETAP *Power Station*, kemudian juga ada karya dari Abdul Kodir Al Bahar, Gusti Febriyanto.

### 3.2 Rancangan Sistem

Berikut tahap-tahap yang akan dilakukan pada penelitian ini diberikan dalam **Gambar 3.1** .sebagai berikut :



**Gambar 3.1.** Diagram Alir Penelitian

### **3.2.1 Algoritma Penelitian**

1. Mulai
2. Studi Literature sebagai proses mencari refrensi yang berkaitan dengan permasalahan yang akan di angkat
3. Pengambilan data lapangan, berupa data perencanaan dari team perencana dan informasi yan berkaitan dengan permasalahan yang akan di angkat
4. Perakapan data yang dibutuhkan sesuai permasalahan yang akan di angkat
5. Melakukan proses input data dan melakukan simulasi menggunakan aplikasi ETAP 12.6 menggunakan data yang telah di rekap
6. Hasil simulasi yang di dapat kemudian dibandingkan dengan data perhitungan secara perumusan sesuai topik yang akan di bahas. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data yang akurat
7. Hasil Simulasi Etap akan di anggap sama dengan data perencana dengan toleransi 1 digit
8. Data yang sudah di kalkulasi akan di bahas sesuai masing-masing topik permasalahan, kemudian akan di anlasis dengan aturan tertentu sebagai acuan dalam mengetahui kemaksimalan sistem
9. Hasil analisis kemudian disimpulkan yang kemudian dari hasil tersebut nantinya digunakan sebagai saran atau masukan untuk memperbaiki kendala-kendala yang akan terjadi sesuai hasil analisis
10. Selesai

### **3.3 Pengolahan Data**

Pengolahan data yang dilakukan adalah dengan data yang didapatkan dari hasil perhitungan secara perumusan dan data simulasi ETAP 12.6, guna menguatkan data yang lebih akurat. Dalam melakukan simulasi menggunakan ETAP data yang diperlukan adalah daya transformator, panjang penghantar, jenis penghantar yang digunakan yang meliputi luas penampang, dan panjang penghantar, serta beban yang akan digunakan. Pengolahan data yang digunakan

ETAP akan menggunakan *Load Flow Analysis*, dimana akan menghitung besarnya pembebanan dan *losses* yang terjadi pada sistem kelistrikan Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Berdasarkan perhitungan, dalam menghitung besarnya pembebanan yang terjadi pada transformator dan masing-masing sub panel yang ada di tiap area Rumah Sakit Hermina Pasuruan menggunakan persamaan 2.3, 2.4 yaitu ;

$$\% \text{ Pembebanan} = \frac{V \times I_{\text{rata-rata}} \times \sqrt{3}}{\text{Daya Transformator}} \times 100\%$$

Rumus untuk menghitung I rata-rata adalah:

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3}$$

Setelah mengetahui besarnya persentase pembebanan, selanjutnya menghitung *drop voltage* yang terjadi pada transformator dan tiap sub panel, dengan menggunakan persamaan 2.34 sebagai berikut :

$$V_R (\%) = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\%$$

Dimana :

$V_s$  = tegangan pada pangkal pengiriman

$V_r$  = tegangan pada ujung penerimaan

Kemudian untuk mengetahui kesesuaian penggunaan penghantar, dalam menghitung besar KHA suatu penghantar digunakan persamaan rumus 2.18, 2.19 sebagai berikut :

$$KHA = 125 \% \times I_n$$

Dimana :

KHA = Kemampuan Hantar Arus (A)

In = Arus Nominal (A)

Nilai In dapat ditentukan dengan persamaan.

$$In = \frac{P}{V \times 1,73 \times \cos \varphi}$$

Dimana :

P = Daya (W)

V = Tegangan Fasa-fasa (V)

Cos  $\varphi$  = *Safety factor* (umum digunakan 0,85)

Untuk menghitung efisiensi pada transformator, penulis menggunakan persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$\% \eta = \frac{((VRN \times IR \times \cos \theta R) + (VSN \times IS \times \cos \theta S) + (VTN \times IT \times \cos \theta T))}{((VRN \times IR \times \cos \theta R) + (VSN \times IS \times \cos \theta S) + (VTN \times IT \times \cos \theta T) + Pi + Pcu)} \times 100 \%$$

Dimana :

VRN = tegangan fasa-netral R (V)

VSN = tegangan fasa-netral S (V)

VTN = tegangan fasa-netral T (V)

IR = arus fasa R (A)

IS = arus fasa S (A)

IT = arus fasa T (A)

Cos  $\theta$  R = faktor daya R

Cos  $\theta$  S = faktor daya S

Cos  $\theta$  T = faktor daya T

Pi = rugi inti (W)

Pcu = rugi tembaga (W)

### 3.4 Analisis Data

Analisis yang dilakukan meliputi analisis tentang kondisi aliran daya secara keseluruhan dari Rumah Sakit Hermina Pasuruan, dengan poin penekanan pada kemungkinan adanya suatu potensi rugi-rugi (*losses*) seperti *drop voltage* pada perencanaan sistem distribusi energi ke masing-masing sub panel di tiap area pada Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Kemudian mengetahui kesesuaian kapasitas komponen kelistrikan utama, yang meliputi persentase pembebanan dan efisiensi pembebanan trafo, kesesuaian kapasitas GENSET dan kapasitor bank, serta ukuran dari penghantar dan *circuit breaker* yang digunakan.

Untuk mengetahui hal-hal tersebut maka dilakukan suatu metode pengolahan data dengan melakukan simulasi aplikasi ETAP dan perhitungan secara perumusan yang akan diuji dengan 2 periode kondisi persentase pembebanan yaitu persentase beban penuh 100% dan persentase beban pakai 80% dari beban keseluruhan data agar data yang di dapat lebih akurat.

### 3.5 Hasil Yang Diharapkan

Adapun hasil yang diharapkan dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui efektivitas dari perencanaan sistem kelistrikan pada Rumah Sakit Hermina Pasuruan, sehingga dapat memberikan gambaran untuk pihak Rumah Sakit dalam melakukan pengembangan beban serta dapat mengetahui kesesuaian kebutuhan sistem dari Proyek Pembangunan Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

## **BAB IV**

### **DATA DAN ANALISIS**

#### **4.1 Objek Penelitian**

Proyek Rumah Sakit Hermina Pasuruan merupakan proyek pembangunan Rumah Sakit yang dibangun diatas lahan 1 hektar dengan luas bangunan 9000 m<sup>2</sup> yang memiliki 5 lantai pada gedung utama dengan 1 lantai sebagai lantai atap, yang berlokasi di Jl. Raya Pasuruan-Probolinggo Km. 5, Desa Sambirejo Kec. Rejoso, Kab. Pasuruan, Jawa Timur. Merupakan bentuk dukungan dari PT MedikaLoka Hermina Tbk kepada pemerintah khususnya kota Pasuruan di bidang pelayanan kesehatan untuk masyarakat.

Rumah sakit ini menawarkan pelayanan rumah sakit umum dan telah mengembangkan layanan komprehensif, didukung oleh perawatan spesialis. Dalam menjalankan fungsinya, Rumah Sakit Hermina menyediakan perawatan kesehatan secara optimal dan profesional, tak luput untuk pelayanan BPJS juga dapat menikmati fasilitas Rumah Sakit Hermina Pasuruan, yang merupakan bentuk komitmen pihak Hermina kepada program pemerintah di Indonesia.

Rumah Sakit Hermina Pasuruan Terdiri dari 5 lantai dimana, setiap lantai memiliki ruangan masing-masing. Untuk di lantai 1 terdapat area pelayanan IGD kemudian poli-poli sesuai spesialis masing-masing, kemudian di lantai 2 merupakan area operasi, yaitu terdapat 3 Ruang OK (Operasi Kecil) kemudian ruang ICU, Hemodialisa baik VIP maupun Reguler. Selanjutnya di lantai 3 merupakan terdapat ruang BPJS, kemudian area laundry dan area dapur, kemudian untuk lantai 4 merupakan ruang rawat deluxe atau eksekutif. Untuk lebih jelasnya berikut gambaran desain akhir dari Rumah Sakit Hermina Pasuruan dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan 4.3



**Gambar 4.1** Tampak Bangunan Depan



**Gambar 4.2** Tampak Samping Sisi Kiri



**Gambar 4.3** Tampak Samping Sisi Kanan

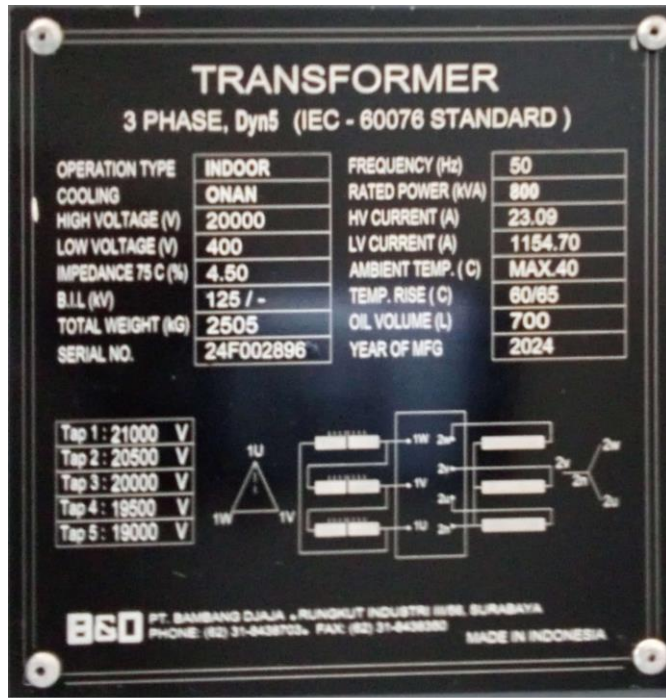
#### **4.1.1. Sistem Kelistrikan Rumah Sakit Hermina Pasuruan**

Dalam mendukung segala fasilitas yang dimiliki oleh Rumah Sakit Hermina Pasuruan sudah pasti sangat memerlukan penyaluran energi listrik yang berkualitas sesuai dengan kebutuhan pada masing-masing ruangan tiap lantainya. Energi listrik yang tersalurkan ke Rumah Sakit Hermina Pasuruan berasal langsung dari jaringan

SUTM menuju gardu beton RS HERMINA PASURUAN yang baru dibangun yang kemudian masuk ke kubikel TM 20 kV milik Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Untuk Transformator yang digunakan sebagai sumber pengontrol pembebanan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan memiliki kapasitas sebesar 800 kVA. Selain transformator, Rumah Sakit Hermina Pasuruan juga mempunyai generator set atau GENSET sebanyak 1 (satu) unit dengan tipe yang berkapasitas 525 kVA yang digunakan sebagai *backup* energi listrik ketika terjadi pemadaman listrik dari PLN. Sebagai sumber panel distribusi untuk setiap beban yang ada, PUTR milik Rumah Sakit Hermina Pasuruan dibagi 3 jalur distribusi yang mana dari PUTR di rumah power, menyuplai Ruang Pompa, kemudian gedung utama dan 1 jalur lagi menyuplai rumah power sendiri. Untuk gedung utama seluruh panel distribusi bersumber dari panel MDP Lantai 1.

#### **4.1.2. Spesifikasi Transformator**

Transformator yang ada di Rumah Sakit Hermina Pasuruan merupakan transformator yang dimiliki secara pribadi atau di luar dari tanggung jawab dari PT. PLN (Persero). Transformator yang digunakan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan menggunakan trafo buatan PT.Bambang Djaja (B&D), dengan tahun pembuatan 2024 dengan kapasitas trafo sebesar 800 kVA. Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi dari transformator yang digunakan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut.



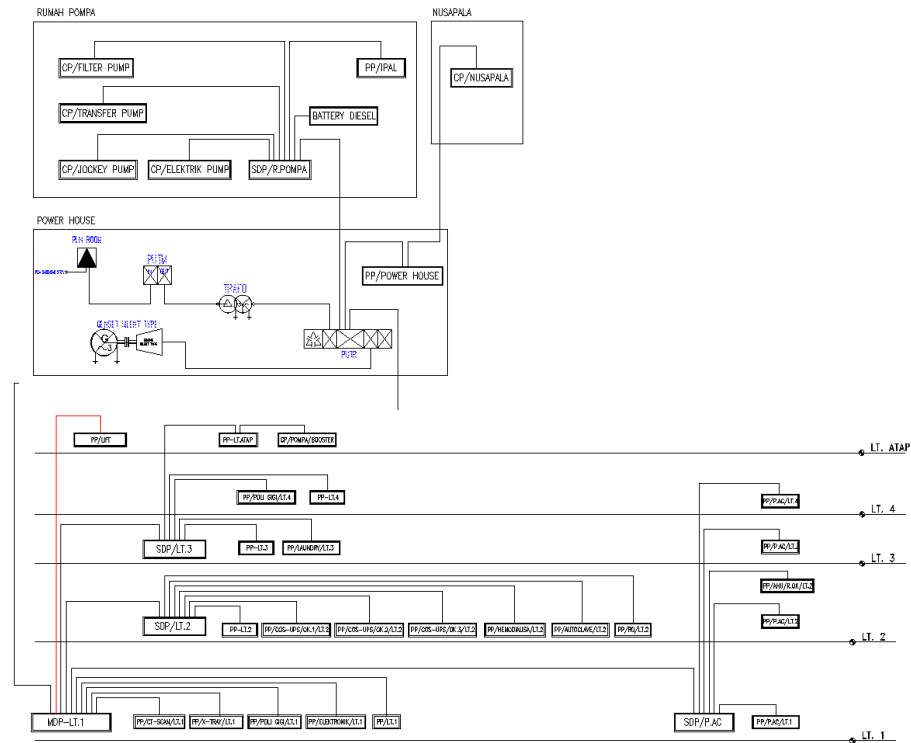
**Gambar 4.4** Nameplate Transformator



**Gambar 4.5** Transformator *Step Down* Rumah Sakit Hermina Pasuruan

### 4.1.3. Sistem Distribusi Energi

Dalam proses pendistribusian energi listrik yang berkualitas tentu diperlukan penghantar yang memiliki ukuran dan spesifikasi yang tepat agar dapat mendistribusikan energi listrik secara maksimal.



**Gambar 4.6** Diagram Sistem Panel Rumah Sakit Hermina Pasuruan

Berdasarkan data rekap daya perencanaan dari pihak kontraktor untuk penghantar yang akan digunakan untuk mendistribusikan energi listrik menuju masing-masing panel distribusi yang tersebar di berbagai ruangan dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut

**Tabel 4.1** Spesifikasi Penghantar

NO	NAMA PANEL	JENIS PENGHANTAR	PANJANG PENGHANTAR
<b>PUTR</b>			
1	PUTR	NYY 3x(4x1Cx240 mm <sup>2</sup> )	15 m
<b>PUTR</b>			
1	MDP/LT 1	NYY 2x(4x1Cx240 mm <sup>2</sup> )	45 m
2	SDP R POMPA	NYY 4x1Cx240 mm <sup>2</sup>	78 m
3	PP/POWER HOUSE	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>	8 m
<b>MDP/LT 1</b>			
1	SDP LT 2	NYY 4x1Cx95 mm <sup>2</sup>	21 m
2	SDP LT 3	NYY 4x1Cx120 mm <sup>2</sup>	25 m
3	SDP P AC	NYY 4x1Cx240 mm <sup>2</sup>	6.5 m
4	PP/LIFT	FRC 4x35 mm <sup>2</sup>	32 m
5	PP/LT.1	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>	9 m
6	PP/CT-SCAN	NYY 4x50 mm <sup>2</sup>	42 m
7	PP/RADIOLOGI	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>	26 m
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>	15 m
9	PP/POLI GIGI	NYY 4x4 mm <sup>2</sup>	15 m
<b>SDP LT 2</b>			
1	PP/LT.2	NYY 4x16 mm <sup>2</sup>	8 m
2	PP/OK.1/LT.2	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>	43 m
3	PP/OK.2/LT.2	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>	42 m
4	PP/OK.3/LT.2	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>	40 m
5	PP/RO/LT.2	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>	47 m
6	PP/HEMODIALISA	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>	46 m
7	PP/AUTOCLAVE	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>	45 m
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>	78 m
<b>SDP LT 3</b>			
1	PP/LT.3	NYY 4x16 mm <sup>2</sup>	6 m
2	PP/LAUNDRY/LT.3	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>	76 m
3	PP/LT.4	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>	17 m
4	PP/POLI GIGI/LT.4	NYY 4x4 mm <sup>2</sup>	73 m
5	PP/LT.ATAP	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>	98 m
<b>SDP AC LT 1</b>			
1	PP/P.AC/LT.1	NYY 4x25 mm <sup>2</sup>	6 m
2	PP/P.AC/LT.2	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>	18 m
3	PP/P.AC/LT.3	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>	21 m
4	PP/P.AC/LT.4	NYY 4x50 mm <sup>2</sup>	25 m
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>	19.5 m

#### 4.1.4. Rekapitulasi Estimasi Kebutuhan Daya

Rekapitulasi kebutuhan daya merupakan hasil perhitungan estimasi dari sebuah perencanaan yang mengacu dengan kebutuhan beban yang akan dipasang. Kebutuhan daya di masing-masing bangunan memiliki besar yang berbeda, untuk data tabulasi yang lebih lengkap akan dilampirkan pada Lampiran A, dan berikut merupakan rekapitulasi estimasi kebutuhan beban pada masing-masing panel yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut

**Tabel 4.2** Rekapitulasi Kebutuhan Daya dan Ukuran Pengaman

NO	NAMA PANEL	BEBAN TERSAMBUNG (100%)		BEBAN TERPAKAI (80%)		UKURAN BREAKER
		ESTIMASI KEBUTUHAN DAYA (kVA)	ESTIMASI KEBUTUHAN DAYA (KW)	ESTIMASI KEBUTUHAN DAYA (kVA)	ESTIMASI KEBUTUHAN DAYA (KW)	
<b>PUTR</b>						
1	PUTR	1130.54	904.43	904.43	723.54	ACB 4P-1250 A
<b>PUTR</b>						
1	MDP/LT 1	953.34	762.67	762.67	610.14	MCCB 3P-800 A
2	SDP R POMPA	170.31	136.25	136.25	109.00	MCCB 3P-400 A
3	PP/POWER HOUSE	6.89	5.51	5.51	4.41	MCCB 3P-32 A
<b>MDP/LT 1</b>						
1	SDP LT 2	121.98	97.58	97.58	78.06	MCCB 3P-200 A
2	SDP LT 3	150.88	120.70	120.70	96.56	MCCB 3P-250 A
3	SDP P AC	458.14	366.52	366.52	293.21	MCCB 3P-500 A
4	PP/LIFT	54.38	43.50	43.50	34.80	MCCB 3P-125 A
5	PP/LT.1	73.79	59.03	59.03	47.23	MCCB 3P-125 A
6	PP/CT-SCAN	41.28	33.02	33.02	26.42	MCCB 3P-160 A
7	PP/RADIOLOGI	42.53	34.02	34.02	27.22	MCCB 3P-160 A
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	7.50	6.00	6.00	4.80	MCCB 3P-32 A
9	PP/POLI GIGI	2.88	2.30	2.30	1.84	MCCB 3P-25 A
<b>SDP LT 2</b>						
1	PP/LT.2	37.40	29.92	29.92	23.94	MCCB 3P-80 A
2	PP/OK.1/LT.2	6.16	4.93	4.93	3.94	MCCB 3P-32 A
3	PP/OK.2/LT.2	6.16	4.93	4.93	3.94	MCCB 3P-32 A
4	PP/OK.3/LT.2	6.16	4.93	4.93	3.94	MCCB 3P-32 A
5	PP/RO/LT.2	5.00	4.00	4.00	3.20	MCCB 3P-32 A
6	PP/HEMODIALISA	9.50	7.60	7.60	6.08	MCCB 3P-32 A
7	PP/AUTOCLAVE	20.00	16.00	16.00	12.80	MCCB 3P-32 A
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	31.60	25.28	25.28	20.22	MCCB 3P-63 A
<b>SDP LT 3</b>						
1	PP/LT.3	60.77	48.61	48.61	38.89	MCCB 3P-80 A
2	PP/LAUNDRY/LT.3	6.50	5.20	5.20	4.16	MCCB 3P-32 A
3	PP/LT.4	79.03	63.22	63.22	50.58	MCCB 3P-125 A
4	PP/POLI GIGI/LT.4	2.88	2.30	2.30	1.84	MCCB 3P-25 A
5	PP/LT.ATAP	1.71	1.37	1.37	1.09	MCCB 3P-63 A
<b>SDP AC LT 1</b>						
1	PP/P.AC/LT.1	115.75	92.60	92.60	74.08	MCCB 3P-160 A
2	PP/P.AC/LT.2	87.85	70.28	70.28	56.22	MCCB 3P-125 A
3	PP/P.AC/LT.3	87.06	69.65	69.65	55.72	MCCB 3P-125 A
4	PP/P.AC/LT.4	118.11	94.49	94.49	75.59	MCCB 3P-125 A
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	49.38	39.50	39.50	31.60	MCCB 3P-100 A

## 4.2 Perancangan Simulasi Instalasi Listrik Menggunakan Software

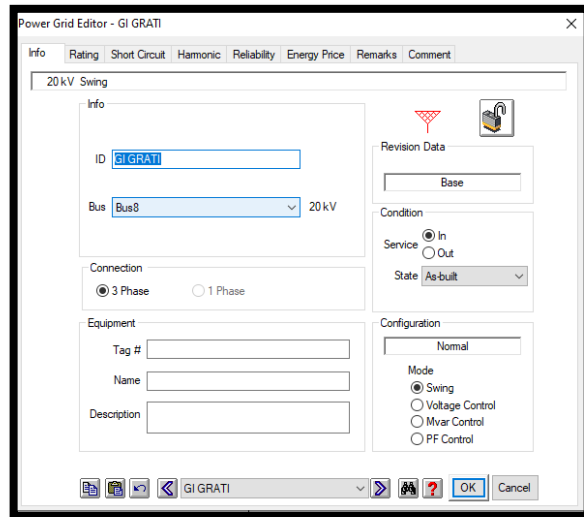
Dalam penelitian ini penulis menggunakan aplikasi ETAP versi 12.6 yang bertujuan untuk mensimulasikan instalasi listrik yang telah direncanakan oleh pihak perencana. Dari hasil simulasi ETAP penulis ingin mengetahui kondisi aliran daya instalasi listrik dan potensi masalah yang memungkinkan terjadi di Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Untuk dapat mensimulasikan Program ETAP diperlukan data-data riil yang dapat menunjang proses analisa simulasi ETAP. Semakin lengkap dan sesuai data yang diinput, maka semakin akurat hasil simulasi ETAP tersebut.

### 4.2.1 Input Dan *Setting* Data Pada Software

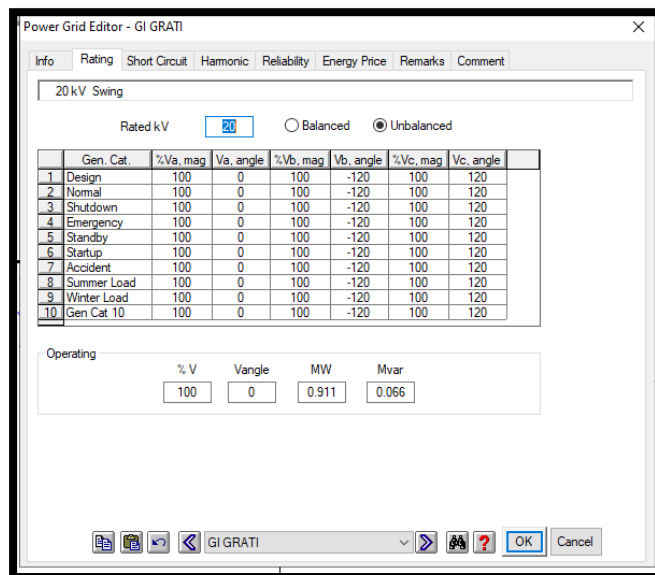
Dalam proses penginputan data yang digunakan untuk membuat suatu *single line* diagram ada beberapa data-data yang harus di-input seperti, data *power grid*, data transformator, data penghantar (kabel), phase adapter, dan beban (load). Di mana semakin lengkap data-data yang di-input maka untuk hasil simulasi akan mendekati keadaan riil yang ada di lapangan.

### 4.2.2 Input Data Power Grid

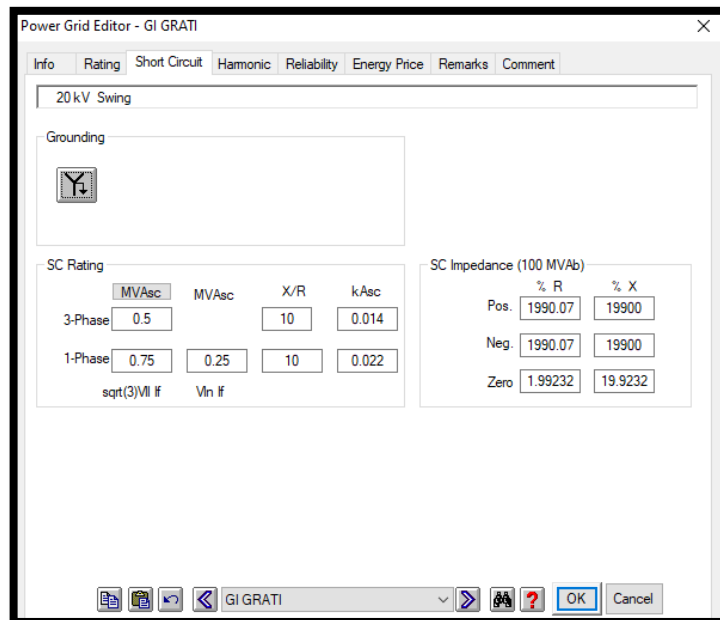
*Power Grid* pada simulasi ETAP diibaratkan sebagai sumber utama yang menyuplai energi listrik ke tiap beban. Data yang diinputkan pada *power grid* di simulasi ETAP ini adalah data gardu induk yang menyuplai daya ke transformator di Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Adapun data-data yang perlu diinputkan pada *power grid* di simulasi ETAP 12.6. Pada bagian info silahkan diubah ID tersebut dengan nama sumber penyuplai daya, pada kali ini menggunakan Gardu Induk Grati, dan data di input bersumber langsung dari PLN. Kemudian pada bagian rating gunakan data besar tegangan incoming, pada simulasi ini menggunakan di-input data *incoming* sebesar 20 kV dengan keadaan Unbalance. Selanjutnya pada bagian *Short circuit* data yang perlu diinput adalah jenis *grounding* yang digunakan, di mana dalam simulasi ini dimasukkan nilai sebesar 500 kVA pada SC rating, dan besar nilai disesuaikan dengan data dari Gardu Induk Grati untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.7, 4.8, 4.9. di bawah ini.



**Gambar 4.7** Input Data Bagian *Info* Pada *Power Grid*



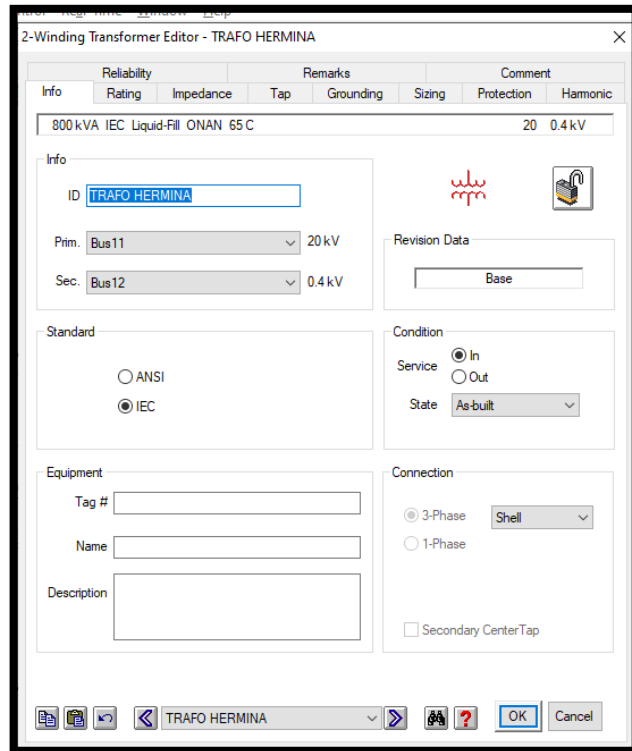
**Gambar 4.8** Input Data Bagian *Rating* Pada *Power Grid*



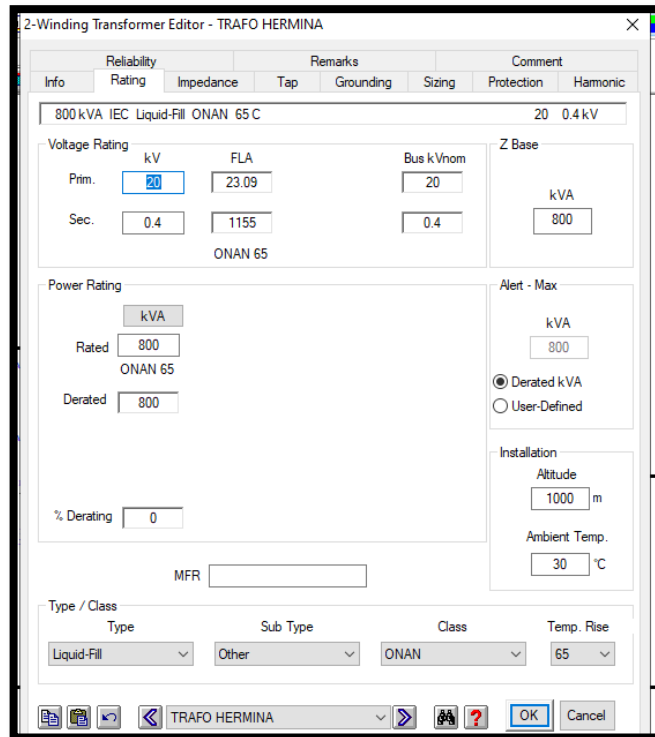
**Gambar 4.9** Input Data Bagian *Short Circuit* Pada *Power Grid*

#### 4.2.3 Input Data Transformator

Untuk *input* data transformator, di bagian info dapat diinput bagian ID dengan nama transformator yang digunakan pada simulasi, pada simulasi ini menggunakan ID transformator HERMINA, dengan menggunakan IEC sebagai standar. Berdasarkan data dalam Gambar 4.4 kemudian dilanjutkan input data di bagian Rating transformator. Untuk bagian ini data yang diinput adalah *Voltage Rating* dengan menginput tegangan primer dan sekunder transformator, selanjutnya input kapasitas transformator pada bagian *Power Rating*, serta masukan jenis sistem pendinginan transformator pada bagian class. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.10, 4.11 sebagai berikut.



**Gambar 4.10** Input Data Bagian Info Pada Transformator



**Gambar 4.11** Input Data Bagian Rating Pada Transformator

#### 4.2.4 Input Data Penghantar

Pada ETAP 12.6 untuk mencari jenis penghantar terdapat di *library* yang menyajikan beragam jenis penghantar dengan beberapa standar yang biasa digunakan di pasaran. Dalam menginput data dilakukan berdasarkan data yang tertuang dalam Tabel 4.1, diambil contoh dalam penentuan jenis penghantar yang menuju SDP R Pompa, pertama di bagian ID menggunakan SDP R Pompa sebagai penanda kalau penghantar ini menuju ke SDP R Pompa, kemudian di bagian Length input data panjang penghantar sepanjang 78 m (sesuaikan dengan data riil penghantar), berikutnya pada library untuk penghantar yang menuju ke SDP R. Pompa digunakan jenis penghantar unit Metric, Freq 50 Hz, Type CU, 0.7 k V, 100% Class, 1/C (*Single Core*), insul Polyvinyl Chloride, Source BS6004, Install Non-Mag, dan ukuran kabel 240 mm<sup>2</sup>. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.12 sebagai berikut.

Sizing - Phase	Sizing - GND/PE	Reliability	Routing	Remarks	Comment	
Info	Physical	Impedance	Configuration	Loading	Capacity	Protection
BS6004	Non-Mag.	50 Hz	Code : 240			
Polyvinyl Chloride	100 %	0.7 kV	1/C CU	240	mm <sup>2</sup>	

Info

ID: PUTR to SDP R POMPA

From: PUTR (0.4 kV)

To: Bus19 (0.4 kV)

Revision Data: Base

Equipment

Tag #: [ ]

Name: [ ]

Description: [ ]

Condition

Service:  In,  Out

State: As-built

No. of Conductors / Phase: 4

Length

Length: 78 m

Tolerance: 0 %

Library

Library... [ ]

Link to Library:

Connection

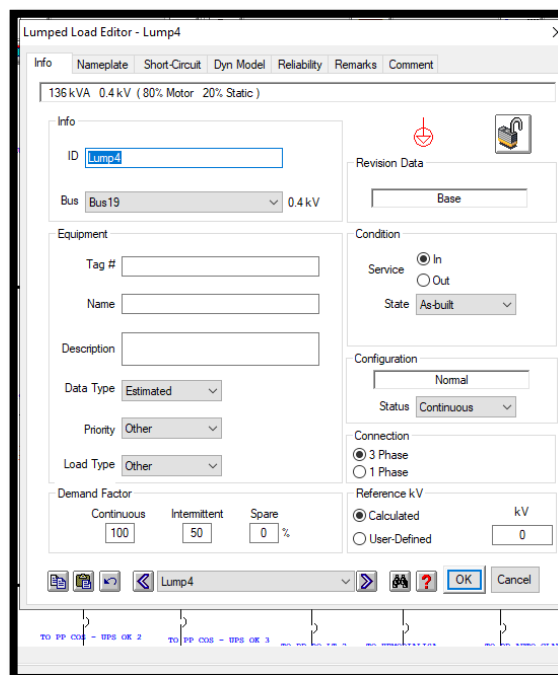
3 Phase,  1 Phase

PUTR to SDP R POMPA

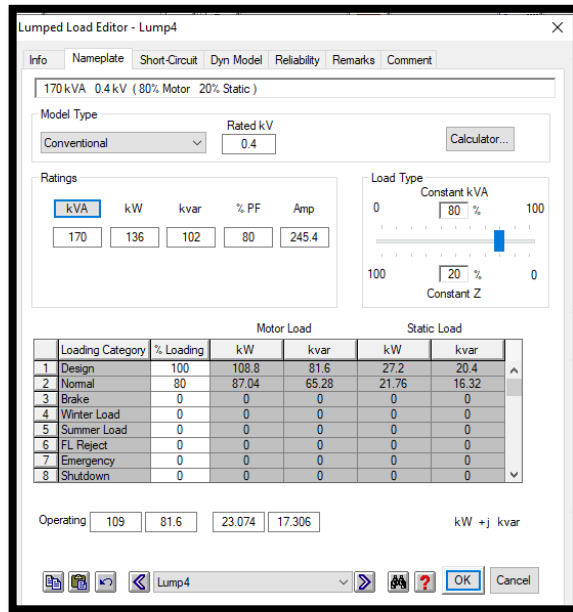
Gambar 4.12 Input Data Penghantar

#### 4.2.5 Input Data Beban Terpasang

Pada bagian beban atau *load* dalam simulasi ini menggunakan tipe *lumped load* sebagai beban yang terpasang. Untuk bagian *load* data yang perlu diinput pertama adalah identitas beban yang dapat diinput di bagian info tepatnya bagian ID (pada penjelasan ini diambil contoh beban sisi R R Pompa). Kemudian masuk bagian *Nameplate*, ada beberapa data yang perlu diinput seperti pada bagian *Ratings*, diinput data besar beban yang terpasang berdasarkan data dalam Tabel 4.2. Kemudian bagian *Load Type* dapat diatur persentase jenis beban yang terpasang pada panel, dalam hal ini pada SDP R POMPA menggunakan Load type 80% untuk beban motor dan 20% beban static dan besar load type tersebut disesuaikan tipe beban yang digunakan pada area tersebut. Data arus sesuai perencanaan tersebut juga dijadikan sebagai penentu besar daya di bagian rating. Untuk mengatur persentase pembebanannya dapat diatur bagian design pada load category, untuk besar persentasenya disesuaikan sesuai dengan demand faktor yang ditetapkan tim perencanaan yaitu 80% namun pada kali ini akan dua periode uji coba yaitu persentase beban penuh atau 100% kemudian sesuai demand faktor yang ditetapkan yaitu 80%. Untuk lebih jelasnya pada penjelasan diatas dapat dilihat pada Gambar 4.13, 4.14 sebagai berikut.



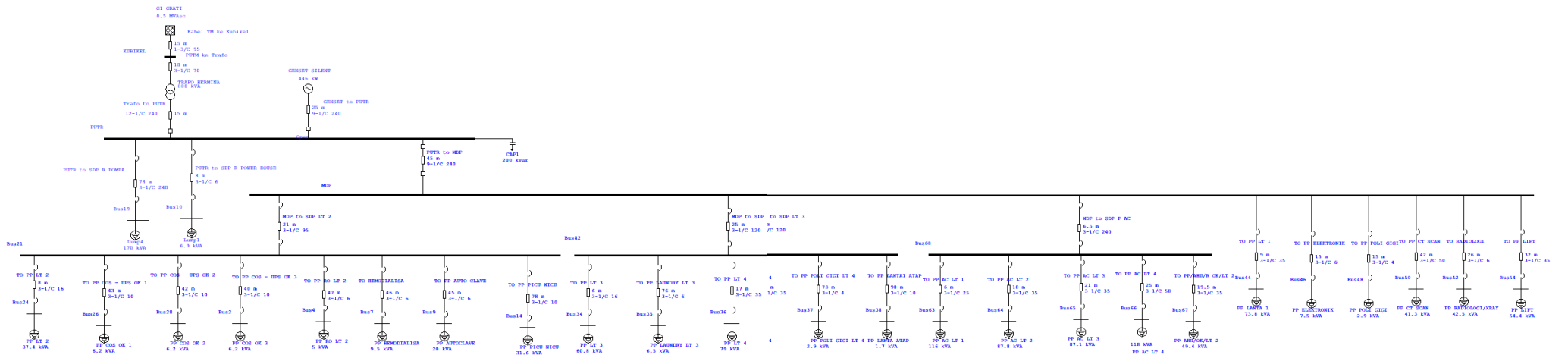
Gambar 4.13 Input Data Bagian *info* Pada *Load*



**Gambar 4.14** *Input Data Bagian Name Plate Pada Load*

#### 4.2.6 Diagram Satu Garis

Dari proses penginputan diatas maka akan membentuk suatu diagram satu garis yang merupakan gambaran dari jalur aliran daya dari instalasi listrik yang akan disimulasikan di program ETAP. Diagram satu garis ini dibuat berdasarkan data dalam Gambar 4.5. Dari diagram satu garis ini nantinya akan dilakukan proses *running* dengan metode *Unbalance Load Flow Analysis* yang akan memunculkan beberapa data, yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan analisis. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.15 sebagai berikut.



**Gambar 4.15** Diagram Satu Garis Pada Software

## 4.2.7 Hasil Simulasi Software

Setelah seluruh data telah terinput dan diagram satu garis telah rampung, kemudian program siap di *running*. Pada simulasi ini proses *Running* menggunakan kondisi *Unbalance Load Flow Analysis* yang nantinya akan muncul data-data yang dibutuhkan saat menganalisis kondisi dari aliran daya instalasi listrik Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Untuk hasil simulasi ETAP yang lebih lengkap, akan dilampirkan di Gambar 4.16 sebagai berikut



Gambar 4.16 Hasil Simulasi Beban 100% dengan Software

Dari hasil *running* yang telah dilakukan pada simulasi program ETAP yang mengacu dari data rekap daya tim perencana, nantinya akan digunakan sebagai data yang berkaitan dengan kebutuhan analisis sesuai dengan tujuan Skripsi. Pada proses simulasi, dilakukan 2 periode simulasi dengan yang diasumsikan sebagai besar persentase penggunaan beban, 100% sebagai beban penuh kemudian 80 % sebagai demand faktor yang ditentukan oleh perencana secara merata di masing-masing beban pada simulasi ETAP. Dari 2 periode simulasi tersebut diambil data yang meliputi, arus tiap fasa, tegangan antar fasa, tegangan fasa netral dan  $\cos \phi$ . Data tersebut akan digunakan sebagai bahan dalam menentukan kondisi aliran daya dari sistem yang dirancang oleh tim perencana menggunakan ETAP. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan 4.4 sebagai berikut.

**Tabel 4.3 Hasil Simulasi ETAP Dengan Beban 100%**

NO	NAMA PANEL	TEGANGAN (L-L) (V)			TEGANGAN (L-N) (V)			ARUS (A)			Cos $\phi$
		R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N	R	S	T	
<b>TRAFO</b>											
1	PUTR	380.7	380.7	380.7	219.8	219.8	219.8	1530	1530	1530	0.87
<b>PUTR</b>											
1	MDP/LT 1	373.0	373.0	373.0	215.4	215.4	215.4	1416	1416	1416	0.79
2	SDP R POMPA	373.5	373.5	373.5	215.6	215.6	215.6	256.1	256.1	256.1	0.79
3	PP/POWER HOUSE	380.3	380.3	380.3	219.7	219.7	219.7	9.7	9.7	9.7	0.80
<b>MDP/LT 1</b>											
1	SDP LT 2	370.7	370.7	370.7	214.0	214.0	214.0	183.7	183.7	183.7	0.80
2	SDP LT 3	370.1	370.1	370.1	213.7	213.7	213.7	227.9	227.9	227.9	0.80
3	SDP P AC	371.4	371.4	371.4	214.4	214.4	214.4	696.3	696.3	696.3	0.80
4	PP/LIFT	370.2	370.2	370.2	213.7	213.7	213.7	75.1	75.1	75.1	0.80
5	PP/LT.1	371.9	371.9	371.9	214.7	214.7	214.7	102.1	102.1	102.1	0.80
6	PP/CT-SCAN	370.8	370.8	370.8	214.1	214.1	214.1	57.1	57.1	57.1	0.80
7	PP/RADIOLOGI	364.6	364.6	364.6	210.5	210.5	210.5	58.2	58.2	58.2	0.81
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	372.1	372.1	372.1	214.8	214.8	214.8	11.3	11.3	11.3	0.80
9	PP/POLI GIGI	372.5	372.5	372.5	215.0	215.0	215.0	4.4	4.4	4.4	0.80
<b>SDP LT 2</b>											
1	PP/LT.2	369.7	369.7	369.7	213.5	213.5	213.5	56.7	56.7	56.7	0.80
2	PP/OK.1/LT.2	369.3	369.3	369.3	213.2	213.2	213.2	9.4	9.4	9.4	0.80
3	PP/OK.2/LT.2	369.4	369.4	369.4	213.3	213.3	213.3	9.4	9.4	9.4	0.80
4	PP/OK.3/LT.2	369.4	369.4	369.4	213.3	213.3	213.3	9.4	9.4	9.4	0.80
5	PP/RO/LT.2	368.9	368.9	368.9	213.0	213.0	213.0	6.9	6.9	6.9	0.80
6	PP/HEMODIALISA	367.0	367.0	367.0	211.9	211.9	211.9	14.5	14.5	14.5	0.80
7	PP/AUTOCLAVE	363.6	363.6	363.6	209.9	209.9	209.9	28.4	28.4	28.4	0.81
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	357.6	357.6	357.6	206.5	206.5	206.5	49.0	49.0	49.0	0.81
<b>SDP LT 3</b>											
1	PP/LT.3	368.8	368.8	368.8	212.9	212.9	212.9	92.3	92.3	92.3	0.80
2	PP/LAUNDRY/LT.3	366.3	366.3	366.3	211.5	211.5	211.5	8.9	8.9	8.9	0.80
3	PP/LT.4	367.7	367.7	367.7	212.3	212.3	212.3	120.2	120.2	120.2	0.80
4	PP/POLI GIGI/LT.4	367.7	367.7	367.7	212.3	212.3	212.3	4.0	4.0	4.0	0.80
5	PP/LT.ATAP	369.2	369.2	369.2	213.2	213.2	213.2	2.5	2.5	2.5	0.80
<b>SDP AC LT 1</b>											
1	PP/P.AC/LT.1	369.7	369.7	369.7	213.5	213.5	213.5	175.9	175.9	175.9	0.80
2	PP/P.AC/LT.2	368.5	368.5	368.5	212.8	212.8	212.8	133.4	133.4	133.4	0.80
3	PP/P.AC/LT.3	368.1	368.1	368.1	212.5	212.5	212.5	132.4	132.4	132.4	0.80
4	PP/P.AC/LT.4	367.2	367.2	367.2	212.0	212.0	212.0	179.7	179.7	179.7	0.80
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	369.6	369.6	369.6	213.4	213.4	213.4	74.9	74.9	74.9	0.80

**Tabel 4.4 Hasil Simulasi ETAP Dengan Beban 80%**

NO	NAMA PANEL	TEGANGAN (L-L) (V)			TEGANGAN (L-N) (V)			ARUS (A)			Cos $\phi$
		R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N	R	S	T	
<b>TRAFO</b>											
1	PUTR	385.8	385.8	385.8	222.7	222.7	222.7	1186.6	1186.6	1186.6	0.89
<b>PUTR</b>											
1	MDP/LT 1	379.6	379.6	379.6	219.2	219.2	219.2	1124.3	1124.3	1124.3	0.80
2	SDP R POMPA	380.0	380.0	380.0	219.4	219.4	219.4	202.6	202.6	202.6	0.80
3	PP/POWER HOUSE	385.4	385.4	385.4	222.5	222.5	222.5	7.8	7.8	7.8	0.80
<b>MDP/LT 1</b>											
1	SDP LT 2	377.9	377.9	377.9	218.2	218.2	218.2	145.6	145.6	145.6	0.80
2	SDP LT 3	377.3	377.3	377.3	217.9	217.9	217.9	180.2	180.2	180.2	0.80
3	SDP P AC	378.4	378.4	378.4	218.4	218.4	218.4	549.8	549.8	549.8	0.80
4	PP/LIFT	377.4	377.4	377.4	217.9	217.9	217.9	60.7	60.7	60.7	0.80
5	PP/LT.1	378.8	378.8	378.8	218.7	218.7	218.7	82.6	82.6	82.6	0.80
6	PP/CT-SCAN	377.8	377.8	377.8	218.1	218.1	218.1	46.1	46.1	46.1	0.80
7	PP/RADIOLOGI	372.8	368.2	368.2	215.3	215.3	215.3	47.1	47.1	47.1	0.81
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	378.8	378.8	378.8	218.8	218.8	218.8	9.0	9.0	9.0	0.80
9	PP/POLI GIGI	379.2	379.2	379.2	218.9	218.9	218.9	3.5	3.5	3.5	0.80
<b>SDP LT 2</b>											
1	PP/LT.2	377.0	377.0	377.0	217.7	217.7	217.7	44.8	44.8	44.8	0.80
2	PP/OK.1/LT.2	376.8	376.8	376.8	217.5	217.5	217.5	7.4	7.4	7.4	0.80
3	PP/OK.2/LT.2	376.8	376.8	376.8	217.5	217.5	217.5	7.4	7.4	7.4	0.80
4	PP/OK.3/LT.2	376.8	376.8	376.8	217.6	217.6	217.6	7.4	7.4	7.4	0.80
5	PP/RO/LT.2	376.4	376.4	376.4	217.3	217.3	217.3	5.6	5.6	5.6	0.80
6	PP/HEMODIALISA	374.9	374.9	374.9	216.5	216.5	216.5	11.4	11.4	11.4	0.80
7	PP/AUTOCLAVE	372.1	372.1	372.1	214.9	214.9	214.9	22.8	22.8	22.8	0.81
8	PP/ICU/PICU/NICU/ LT 2	367.5	367.5	367.5	212.2	212.2	212.2	38.5	38.5	38.5	0.81
<b>SDP LT 3</b>											
1	PP/LT.3	376.3	376.3	376.3	217.3	217.3	217.3	72.9	72.9	72.9	0.80
2	PP/LAUNDRY/LT.3	374.3	374.3	374.3	216.1	216.1	216.1	7.2	7.2	7.2	0.80
3	PP/LT.4	375.4	375.4	375.4	216.8	216.8	216.8	94.9	94.9	94.9	0.80
4	PP/POLI GIGI/LT.4	375.4	375.4	375.4	216.7	216.7	216.7	3.2	3.2	3.2	0.80
5	PP/LT.ATAP	376.7	376.7	376.7	217.5	217.5	217.5	2.0	2.0	2.0	0.80
<b>SDP AC LT 1</b>											
1	PP/P.AC/LT.1	377.1	377.1	377.1	217.7	217.7	217.7	138.9	138.9	138.9	0.80
2	PP/P.AC/LT.2	376.1	376.1	376.1	217.2	217.2	217.2	105.3	105.3	105.3	0.80
3	PP/P.AC/LT.3	375.8	375.8	375.8	217.0	217.0	217.0	104.5	104.5	104.5	0.80
4	PP/P.AC/LT.4	375.0	375.0	375.0	216.5	216.5	216.5	141.8	141.8	141.8	0.80
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	377.0	377.0	377.0	217.7	217.7	217.7	59.2	59.2	59.2	0.80

### 4.3 Pembahasan

Dari hasil simulasi ETAP yang telah dilakukan, dengan mengacu pada data input dari rekaman daya perencanaan untuk instalasi listrik Rumah Sakit Hermina Pasuruan dari data tersebut akan digunakan untuk mengetahui kondisi dari sistem kelistrikan Rumah Sakit Hermina Pasuruan yang telah direncanakan tim perencana.

#### 4.3.1 Perhitungan Persentase Pembebanan dan Efisiensi Transformator

##### 4.3.1.1 Persentase Pembebanan Transformator

Perhitungan persentase pembebanan yang dilakukan, berdasarkan data simulasi ETAP. Dalam menentukan besar persentase pembebanan dari transformator yang digunakan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan dilakukan perhitungan tiap periode persentase beban yang telah ditentukan.

Dalam menghitung persentase pembebanan pada transformator yang digunakan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan mengacu pada data simulasi ETAP sesuai Tabel 4.2 & Tabel 4.3. Untuk menghitung persentase pembebanan transformator, penulis menggunakan data pada periode persentase beban 100%. Dalam menghitung persentase pembebanan, penulis terlebih dahulu menghitung arus rata-rata dengan menggunakan persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \\ &= \frac{1530 + 1530 + 1530}{3} \\ &= 1530 \text{ A} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan arus rata-rata sesuai persamaan 2.4 selanjutnya, untuk mencari besar persentase pembebanan transformator dapat dihitung dengan persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ Pembebanan} &= \frac{V \times I_{\text{rata-rata}} \times \sqrt{3}}{\text{Daya Transformator}} \times 100\% \\ &= \frac{380.7 \times 1530 \times \sqrt{3}}{800000} \times 100\% \\ &= 126 \% \end{aligned}$$

Jadi hasil perhitungan persentase pembebanan transformator, dengan periode persentase beban 100% sesuai dengan hasil data simulasi ETAP sebesar 126 %.

Untuk melihat hasil persentase pembebanan transformator pada periode persentase beban lainnya dapat dilihat pada tabel 4.5.sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Persentase Pembebanan Transformator

Periode	Arus Rata-Rata (A)	Daya Trafo (kVA)	Pembebanan Transformator (%)	Periode Beban
1	1530.0	800	126%	100%
2	1186.6	800	99%	80%

#### 4.3.1.2 Efisiensi Transformator

Dalam menghitung besar efisiensi transformator, menggunakan data dari simulasi ETAP yang akan dihitung dan ditabulasikan berdasarkan data di tiap periode persentase beban yang telah ditentukan. Sebelumnya penulis akan menghitung besar arus rata-rata dengan persamaan (2.4) yang kali ini menggunakan data pada periode persentase beban 100%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dapat perhitungan berikut:

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \\
 &= \frac{1530 + 1530 + 1530}{3} \\
 &= 1530 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Dari besar arus rata-rata yang telah didapatkan, maka dapat ditentukan besar beban daya yang dipikul oleh transformator sesuai dengan persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{3} \times V \times I \\
 &= \sqrt{3} \times 380.7 \times 1530 \\
 &= 1,007,674.83 \text{ VA} \\
 &= 1007.68 \text{ Kva}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapat beban daya yang dipikul oleh transformator, maka untuk mendapatkan besar efisiensi transformator terlebih dahulu penulis menentukan besar rugi-rugi tembaga pada transformator menggunakan persamaan (2.12). untuk besar nilai pengan yaitu 800 kVA sesuai dengan ukuran transformator yang

digunakan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan, dan untuk besar rugi-rugi tembaga beban penuh yang digunakan sesuai dengan yang tertera di *manual book* dari transformator yaitu 8100 Watt. Untuk lebih jelasnya dalam menentukan besar rugi tembaga pada transformator dapat dilihat pada perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{t2} &= (S_2/S_1)^2 \times P_{t1} \\
 &= (1,007,674.83 / 800,000)^2 \times 8,100 \\
 &= 12,851.26 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Dari besar nilai rugi tembaga yang telah didapatkan, selanjutnya untuk besar efisiensi transformator dapat ditentukan dengan persamaan (2.13) dan (2.14) dengan besar rugi inti sebesar 1500 Watt sesuai yang tertera di *manual book* sebagai berikut:

$$\% \eta = \frac{\text{Daya Output (W)}}{\text{Daya Output (W)} + \text{Rugi Daya total (W)}} \times 100 \%$$

atau

$$\% \eta = \frac{((VRN \times IR \times \cos \theta R) + (VSN \times IS \times \cos \theta S) + (VTN \times IT \times \cos \theta T))}{((VRN \times IR \times \cos \theta R) + (VSN \times IS \times \cos \theta S) + (VTN \times IT \times \cos \theta T)) + P_i + P_{cu}} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}
 \% \eta &= \frac{((219.8 \times 1530 \times 0.87) + (219.8 \times 1530 \times 0.87) + (219.8 \times 1530 \times 0.87))}{((219.8 \times 1530 \times 0.87) + (219.8 \times 1530 \times 0.87) + (219.8 \times 1530 \times 0.87) + 1500 + 1319.8)} \times 100 \% \\
 &= 98.39 \%
 \end{aligned}$$

Jadi besar efisiensi transformator pada Rumah Sakit Hermina Pasuruan pada periode persentase beban 100% adalah 98.39%. Untuk besar efisiensi transformator di periode persentase beban lainnya dapat dilihat pada tabel 4.6 sebagai berikut:

**Tabel 4.6 Efisiensi Transformator**

PERIODE	BEBAN	DAYA OUT (W)	DAYA INPUT (W)	EFISIENSI TRANSFORMATOR
1	BEBAN 80%	707,973.13	717,409.43	98.68%
2	BEBAN 100%	877,687.41	892,038.67	98.39%

### 4.3.2 Perhitungan *Drop Voltage* (Tegangan Jatuh)

Dalam perhitungan rugi-rugi yang dimaksud adalah rugi-rugi yang terjadi pada sistem kelistrikan yang ada di Rumah Sakit Hermina Pasuruan berupa rugi tegangan / *drop voltage*. Perhitungan rugi-rugi merupakan salah satu proses analisis aliran daya yang bertujuan untuk mengetahui kondisi dari sistem kelistrikan yang telah terinstalasi. Dalam menghitung rugi tegangan pada sistem dalam hal ini terfokus pada transformator dan masing-masing sub panel distribusi.

Dalam menghitung besar rugi tegangan (*drop voltage*), dalam hal ini berfokus pada besarnya rugi tegangan per fasa yang terjadi di transformator dan masing-masing sub panel. Data yang digunakan merupakan data hasil simulasi ETAP yang nantinya akan dihitung dan ditabulasikan dengan persamaan (2.34), yang menggunakan data pada periode persentase beban 100% dari fasa R transformator yang ada di PUTR. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} V_R (\%) &= \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\% \\ &= \frac{230 - 219.8}{219.8} \times 100\% \\ &= 4.6\% \end{aligned}$$

Jadi besar rugi tegangan (*drop voltage*) pada fasa R transformator dengan besar tegangan ujung sebesar 219.8 V di periode persentase beban 100% adalah 4.6%. Untuk melihat hasil tabulasi dari rugi tegangan per fasa pada transformator dan masing-masing sub panel dapat dilihat pada tabel 4.7 untuk transformator dan tabel 4.8 sampai tabel 4.9 untuk masing-masing sub panel distribusi sebagai berikut:

**Tabel 4.7** Rugi Tegangan (*Drop Voltage*) Transformator

Periode	Beban	Vs (V)	Persentase Drop Voltage (%)		
			R	S	T
1	80%	230.0	3.3%	3.3%	3.3%
2	100%	230.0	4.6%	4.6%	4.6%

**Tabel 4.8** Rugi Tegangan (*Drop Voltage*) Beban 100% Sub Panel

NO	NAMA PANEL	RUGI TEGANGAN		
		R	S	T
1	PUTR	4.6%	4.6%	4.6%
2	MDP/LT 1	6.8%	6.8%	6.8%
3	SDP R POMPA	6.7%	6.7%	6.7%
4	PP/POWER HOUSE	4.7%	4.7%	4.7%
5	SDP LT 2	7.5%	7.5%	7.5%
6	SDP LT 3	7.6%	7.6%	7.6%
7	SDP P AC	7.3%	7.3%	7.3%
8	PP/LIFT	7.6%	7.6%	7.6%
9	PP/LT.1	7.1%	7.1%	7.1%
10	PP/CT-SCAN	7.5%	7.5%	7.5%
11	PP/RADIOLOGI	9.3%	9.3%	9.3%
12	PP/ELEKTRONIK/LT.1	7.1%	7.1%	7.1%
13	PP/POLI GIGI	7.0%	7.0%	7.0%
14	PP/LT.2	7.8%	7.8%	7.8%
15	PP/OK.1/LT.2	7.9%	7.9%	7.9%
16	PP/OK.2/LT.2	7.8%	7.8%	7.8%
17	PP/OK.3/LT.2	7.8%	7.8%	7.8%
18	PP/RO/LT.2	8.0%	8.0%	8.0%
19	PP/HEMODIALISA	8.5%	8.5%	8.5%
20	PP/AUTOCLAVE	9.6%	9.6%	9.6%
21	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	11.4%	11.4%	11.4%
22	PP/LT.3	8.0%	8.0%	8.0%
23	PP/LAUNDRY/LT.3	8.8%	8.8%	8.8%
24	PP/LT.4	8.4%	8.4%	8.4%
25	PP/POLI GIGI/LT.4	8.3%	8.3%	8.3%
26	PP/LT.ATAP	7.9%	7.9%	7.9%
27	PP/P.AC/LT.1	7.7%	7.7%	7.7%
28	PP/P.AC/LT.2	8.1%	8.1%	8.1%
29	PP/P.AC/LT.3	8.2%	8.2%	8.2%
30	PP/P.AC/LT.4	8.5%	8.5%	8.5%
31	PP/AHU/R.OK/LT.2	7.8%	7.8%	7.8%

**Tabel 4.9** Rugi Tegangan (*Drop Voltage*) Beban 80% Sub Panel

NO	NAMA PANEL	RUGI TEGANGAN		
		R	S	T
1	PUTR	3.3%	3.3%	3.3%
2	MDP/LT 1	4.9%	4.9%	4.9%
3	SDP R POMPA	4.8%	4.8%	4.8%
4	PP/POWER HOUSE	3.4%	3.4%	3.4%
5	SDP LT 2	5.4%	5.4%	5.4%
6	SDP LT 3	5.6%	5.6%	5.6%
7	SDP P AC	5.3%	5.3%	5.3%
8	PP/LIFT	5.6%	5.6%	5.6%
9	PP/LT.1	5.2%	5.2%	5.2%
10	PP/CT-SCAN	5.4%	5.4%	5.4%
11	PP/RADIOLOGI	6.9%	6.9%	6.9%
12	PP/ELEKTRONIK/LT.1	5.1%	5.1%	5.1%
13	PP/POLI GIGI	5.1%	5.1%	5.1%
14	PP/LT.2	5.7%	5.7%	5.7%
15	PP/OK.1/LT.2	5.7%	5.7%	5.7%
16	PP/OK.2/LT.2	5.7%	5.7%	5.7%
17	PP/OK.3/LT.2	5.7%	5.7%	5.7%
18	PP/RO/LT.2	5.8%	5.8%	5.8%
19	PP/HEMODIALISA	6.3%	6.3%	6.3%
20	PP/AUTOCLAVE	7.1%	7.1%	7.1%
21	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	8.4%	8.4%	8.4%
22	PP/LT.3	5.9%	5.9%	5.9%
23	PP/LAUNDRY/LT.3	6.4%	6.4%	6.4%
24	PP/LT.4	6.1%	6.1%	6.1%
25	PP/POLI GIGI/LT.4	6.1%	6.1%	6.1%
26	PP/LT.ATAP	5.8%	5.8%	5.8%
27	PP/P.AC/LT.1	5.6%	5.6%	5.6%
28	PP/P.AC/LT.2	5.9%	5.9%	5.9%
29	PP/P.AC/LT.3	6.0%	6.0%	6.0%
30	PP/P.AC/LT.4	6.2%	6.2%	6.2%
31	PP/AHU/R.OK/LT.2	5.7%	5.7%	5.7%

### 4.3.3 Menentukan Kapasitas Kapasitor Bank

Dalam menentukan kapasitas dari kapasitor bank yang dibutuhkan pada sistem kelistrikan yang ada di Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Data yang digunakan merupakan data hasil simulasi ETAP yang nantinya akan dihitung dan ditabulasikan dengan persamaan (2.15), yang menggunakan data pada Tabel 4.2 periode persentase beban 100%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$\begin{aligned} Q_1 &= \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \theta \\ &= S \times \sin \theta \\ &= 1130.54 \times 0.6 \\ &= 678.3 \text{ kVAR (kondisi awal } \cos \theta = 0.8) \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_2 &= \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \theta \\ &= S \times \sin \theta \\ &= 1130.54 \times 0 \\ &= 0 \text{ kVAR (kondisi yang ingin dicapai } \cos \theta = 1) \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_1 - Q_2 \\ &= 678.3 - 0 \\ &= 678.3 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Jadi besar kapasitas kapasitor bank yang diperlukan pada sistem kelistrikan Rumah Sakit Hermina Pasuruan sebesar 678.3 kVAR.

#### 4.3.4 Perhitungan KHA Penghantar

Dalam menentukan suatu KHA dari penghantar, menggunakan data dari hasil simulasi ETAP yang mengacu pada data rekap daya perencanaan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Penentuan KHA penghantar difokuskan untuk kesesuaian penghantar yang digunakan dengan standar nomenklatur kabel yang digunakan. Untuk menentukan nilai KHA digunakan perumusan sesuai dengan persamaan 2.19. Sebelum menentukan besar KHA, penulis akan menghitung besar arus nominal dengan menggunakan data hasil simulasi ETAP pada arus yang mengalir ke PUTR, dengan persamaan 2.4 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_n &= \frac{P}{V \times 1,73 \times \cos \varphi} \\ &= \frac{1130,536W}{400 \times 1,73 \times 0,80} \\ &= 1,633.72 A \end{aligned}$$

Setelah besar arus nominal sudah diketahui, dapat dihitung besar KHA untuk penghantarnya. Sesuai aturan PUIL untuk besar KHA dari suatu penghantar yang menyuplai ke beban tidak boleh kurang dari 125% arus pengenal beban penuh [4]. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan dengan persamaan 2.18 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{KHA} &= 125\% \times I_n \\ &= 125\% \times 1,633.72 \\ &= 2,042.15A \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, untuk besar KHA pada penghantar yang menuju PUTR sebesar 2,042.15A. Untuk besar KHA pada penghantar yang menuju sub panel lainnya dapat dilihat pada tabel 4.10 sampai 4.11 sebagai berikut.

**Tabel 4.10** Besar Nilai Arus Nominal dan KHA Penghantar Beban 100%

NO	NAMA PANEL	ARUS NOMINAL PERENCANA (A)	ARUS NOMINAL ETAP (A)	KHA PERENCANAAN (A)	KHA ETAP (A)
<b>PUTR</b>					
1	PUTR	1,633.72	1,530.00	2,042.15	1,912.50
<b>PUTR</b>					
1	MDP/LT 1	1,377.66	1,416.00	1,722.07	1,770.00
2	SDP R POMPA	246.12	256.10	307.65	320.13
3	PP/POWER HOUSE	9.95	9.70	12.44	12.13
<b>MDP/LT 1</b>					
1	SDP LT 2	176.27	183.70	220.33	229.63
2	SDP LT 3	218.03	227.90	272.54	284.88
3	SDP P AC	662.06	696.30	827.57	870.38
4	PP/LIFT	78.58	75.10	98.22	93.88
5	PP/LT.1	106.64	102.10	133.30	127.63
6	PP/CT-SCAN	59.65	57.10	74.56	71.38
7	PP/RADIOLOGI	61.45	58.20	76.82	72.75
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	10.84	11.30	13.55	14.13
9	PP/POLI GIGI	4.15	4.40	5.19	5.50
<b>SDP LT 2</b>					
1	PP/LT.2	54.04	56.70	67.56	70.88
2	PP/OK.1/LT.2	8.90	9.40	11.12	11.75
3	PP/OK.2/LT.2	8.90	9.40	11.12	11.75
4	PP/OK.3/LT.2	8.90	9.40	11.12	11.75
5	PP/RO/LT.2	7.23	6.90	9.03	8.63
6	PP/HEMODIALISA	13.73	14.50	17.16	18.13
7	PP/AUTOCLAVE	28.90	28.40	36.13	35.50
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	45.67	49.00	57.08	61.25
<b>SDP LT 3</b>					
1	PP/LT.3	87.81	92.30	109.77	115.38
2	PP/LAUNDRY/LT.3	9.39	8.90	11.74	11.13
3	PP/LT.4	114.20	120.20	142.75	150.25
4	PP/POLI GIGI/LT.4	4.15	4.00	5.19	5.00
5	PP/LT.ATAP	2.47	2.50	3.08	3.13
<b>SDP AC LT 1</b>					
1	PP/P.AC/LT.1	167.27	175.90	209.09	219.88
2	PP/P.AC/LT.2	126.95	133.40	158.69	166.75
3	PP/P.AC/LT.3	125.81	132.40	157.26	165.50
4	PP/P.AC/LT.4	170.68	179.70	213.35	224.63
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	71.35	74.90	89.19	93.63

**Tabel 4.11** Besar Nilai Arus Nominal dan KHA Penghantar Beban 80 %

NO	NAMA PANEL	ARUS PERENCANA (A)	ARUS ETAP (A)	KHA PERENCANAAN (A)	KHA ETAP (A)
<b>PUTR</b>					
1	PUTR	1,306.98	1,186.60	1,633.72	1,483.25
<b>PUTR</b>					
1	MDP/LT 1	1,102.13	1,124.30	1,377.66	1,405.38
2	SDP R POMPA	196.89	202.60	246.12	253.25
3	PP/POWER HOUSE	7.96	7.80	9.95	9.75
<b>MDP/LT 1</b>					
1	SDP LT 2	141.01	145.60	176.27	182.00
2	SDP LT 3	174.42	180.20	218.03	225.25
3	SDP P AC	529.65	549.80	662.06	687.25
4	PP/LIFT	62.86	60.70	78.58	75.88
5	PP/LT.1	85.31	82.60	106.64	103.25
6	PP/CT-SCAN	47.72	46.10	59.65	57.63
7	PP/RADIOLOGI	49.16	47.10	61.45	58.88
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	8.67	9.00	10.84	11.25
9	PP/POLI GIGI	3.32	3.50	4.15	4.38
<b>SDP LT 2</b>					
1	PP/LT.2	43.24	44.80	54.04	56.00
2	PP/OK.1/LT.2	7.12	7.40	8.90	9.25
3	PP/OK.2/LT.2	7.12	7.40	8.90	9.25
4	PP/OK.3/LT.2	7.12	7.40	8.90	9.25
5	PP/RO/LT.2	5.78	5.60	7.23	7.00
6	PP/HEMODIALISA	10.98	11.40	13.73	14.25
7	PP/AUTOCLAVE	23.12	22.80	28.90	28.50
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	36.53	38.50	45.67	48.13
<b>SDP LT 3</b>					
1	PP/LT.3	70.25	72.90	87.81	91.13
2	PP/LAUNDRY/LT.3	7.51	7.20	9.39	9.00
3	PP/LT.4	91.36	94.90	114.20	118.63
4	PP/POLI GIGI/LT.4	3.32	3.20	4.15	4.00
5	PP/LT.ATAP	1.97	2.00	2.47	2.50
<b>SDP AC LT 1</b>					
1	PP/P.AC/LT.1	133.82	138.90	167.27	173.63
2	PP/P.AC/LT.2	101.56	105.30	126.95	131.63
3	PP/P.AC/LT.3	100.64	104.50	125.81	130.63
4	PP/P.AC/LT.4	136.54	141.80	170.68	177.25
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	57.08	59.20	71.35	74.00

#### 4.3.5 Menentukan Kapasitas Daya Generator Set (GENSET)

Dalam menentukan besar daya Generator Set yang digunakan maka terlebih dahulu mencari Demand Factor (DF) dan mencari total daya Rumah Sakit Hermina Pasuruan yang mengacu dari data perencana.

Dalam menentukan kapasitas daya Generator Set yang dibutuhkan pada sistem kelistrikan yang ada di Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Data yang digunakan merupakan data dari rekap daya perencanaan yang nantinya akan dihitung secara perumusan dengan persamaan 2.16 dan 2.17. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

- Demand Factor =  $\frac{\text{Beban Maximum Terukur}}{\text{Beban Total Terpasang}}$   
Demand Factor PUTR =  $\frac{723.54 \text{ kW}}{904.43 \text{ kW}}$   
= 0.8 = 80%
- Kapasitas Daya Genset =  $\text{DF} \times \text{Beban Total Terpasang (kW)} \times 125\%$   
= 80% x 904.43 kW 125 %  
= 904.43 kVA = rating genset 1000 kVA

Sesuai dengan perhitungan diatas maka genset yang dibutuhkan sebagai back up daya pada sistem kelistrikan Rumah Sakit Hermina Pasuruan sebesar berkapasitas 904.43 kVA atau ukuran yang ada di pasaran berkapasitas 1000 kVA.

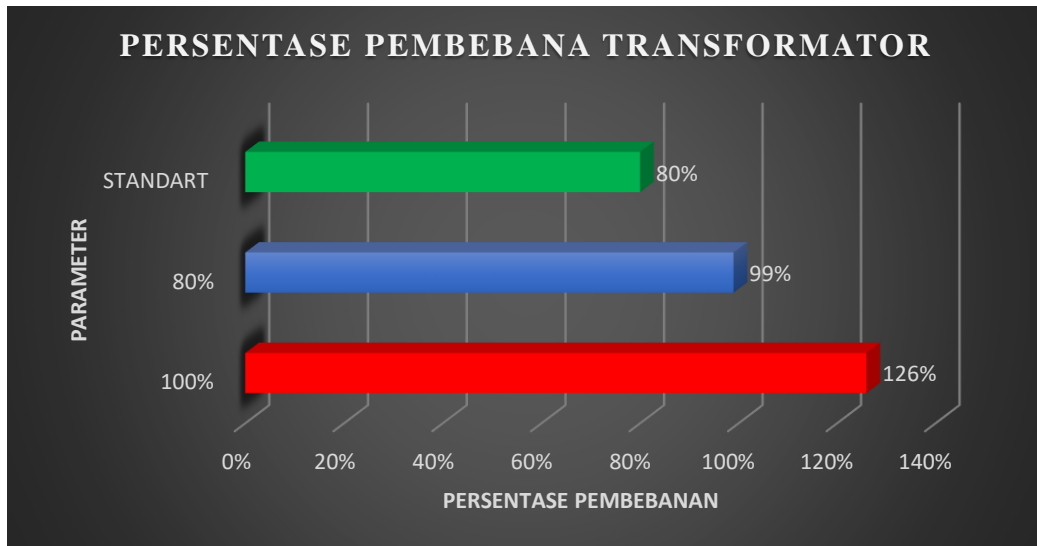
#### **4.4 Analisis**

Sesuai hasil tabulasi pada sub bab pembahasan yang telah dilakukan, maka hasil tabulasi akan digunakan sebagai bahan analisis sesuai dengan permasalahan yang diangkat pada Skripsi ini. Permasalahan yang diangkat pada Skripsi ini yaitu mereview kondisi dari sistem kelistrikan sesuai rekap daya yang direncanakan tim perencana dimana ada beberapa item yang dijadikan perhatian khusus dalam menganalisis yaitu, persentase pembebanan dan efisiensi transformator, kemudian besar drop tegangan di transformator dan setiap sub panel, besar nilai kemampuan hantar arus (KHA) dari penghantar, serta menentukan kapasitas dari kapasitor bank dan GENSET sesuai dengan kebutuhan sistem kelistrikan yang digunakan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

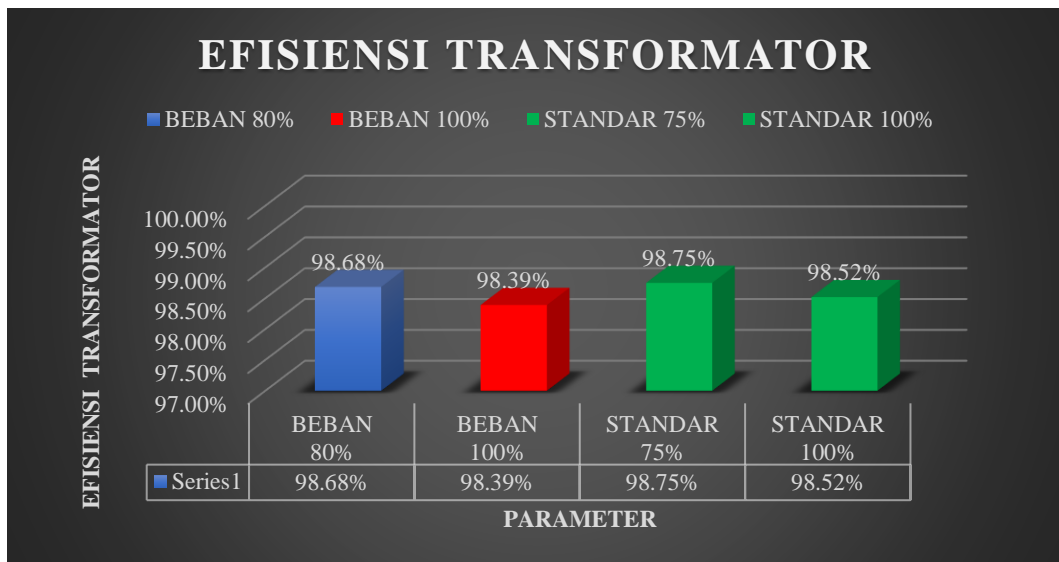
Untuk setiap permasalahan penulis menyajikan kondisi persentase penggunaan beban yaitu 100 % untuk beban terpasang, kemudian 80 % untuk beban pakai. Data yang akan dianalisis berupa diagram yang mengacu pada hasil perhitungan yang terdapat di pembahasan, yang nantinya akan dibandingkan dengan standar PUIL 2011 dan *manual book* komponen sebagai parameter. Sesuai dengan rekap daya yang terdapat di perencanaan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

##### **4.4.1 Persentase Pembebanan dan Efisiensi Transformator**

Untuk di sisi transformator, dilakukan analisis dengan mereview persentase pembebanan dan efisiensi trafo, yang dilakukan dengan 2 periode kondisi persentase beban dengan data perencanaan yang disimulasikan dengan ETAP, dilakukan analisis yang mengacu pada hasil perhitungan sesuai tabel 4.4 dan 4.5, untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut :



**Gambar 4.17** Diagram Persentase Pembebanan Transformator



**Gambar 4.18** Diagram Efisiensi Transformator

Berdasarkan standar yang tertera di Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 transformator dikatakan cukup baik apabila persentase pembebanan transformator kurang dari 80%, dan untuk penjelasan lebih lengkapnya dapat dilihat di Lampiran F.

Dari pernyataan berikut akan dijadikan parameter untuk menilai kondisi persentase pembebanan transformator dan efisiensi di tiap periode kondisinya. Dari diagram pada gambar 4.17 dan 4.18 dapat diketahui pada periode kondisi beban penuh dengan menggunakan beban 100 % menghasilkan persentase pembebanan transformator sebesar 126% dengan efisiensi trafo sebesar 98.39%, kemudian untuk periode kondisi beban pakai dengan beban 80% menghasilkan pembebanan

transformator sebesar 99% dan efisiensi trafo sebesar 98.68%. Dilihat dari 2 periode kondisi persentase beban yang digunakan, sesuai hasil perhitungan data hasil simulasi ETAP, diasumsikan kedua periode kondisi beban ini masih belum dapat dikatakan cukup baik karena, belum dapat memenuhi standar pada Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 yang menyebutkan transformator dikatakan cukup baik apabila persentase pembebanan transformator kurang dari 80% lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran C. Kemudian untuk efisiensi transformator menurut *manual book* dari brand trafo B&D sebagai brand yang akan digunakan menyatakan untuk kondisi 100% beban dengan faktor daya 0.8 efisiensi trafo minimal 98.52%, dan kondisi 75% beban dengan faktor daya 0.8 efisiensi trafo minimal 98.75% lebih lengkapnya dapat dilihat pada lampiran C. Sehingga melihat kondisi ini dapat dijadikan acuan melakukan evaluasi sistem baik dengan peningkatan faktor daya atau *upgrade* kapasitas transformator yang akan digunakan nantinya, karena jika tetap dijalankan akan berpotensi pembebanan yang berlebihan atau *over blast* pada transformator Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

#### **4.4.2 Kapasitas Kapasitor Bank Yang Digunakan**

Berdasarkan hasil hitung yang dilakukan, dengan mengacu pada data rekap daya perencanaan. Didapatkan nilai untuk kapasitas kapasitor bank adalah sebesar 678.3 kVAR. Melihat rating yang digunakan tim pencanaan untuk kapasitor bank sebesar 200 kVAR, maka akan berpotensi terjadinya *undercapacity* pada kapasitor bank yang ditentukan oleh tim perencana. Hal ini akan berpengaruh pada proses aliran daya ke beban, dengan potensi masalah yaitu akan banyak terjadinya *drop voltage* di setiap beban daya.

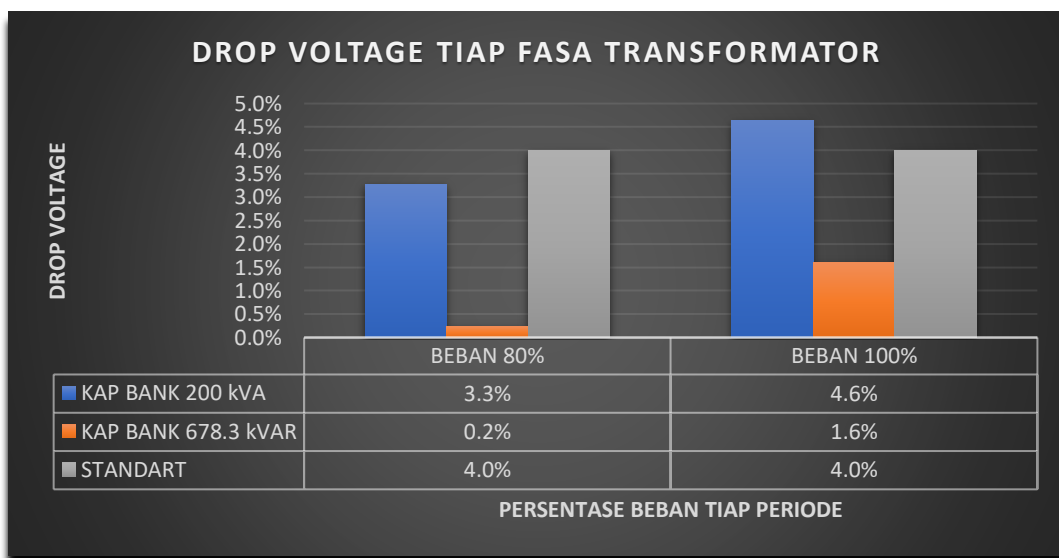
#### **4.4.3 Drop Voltage (Tegangan Jatuh) Transformator dan Sub Panel Distribusi**

Untuk besar *drop voltage*, difokuskan pada besar *drop* yang terjadi pada transformator dan masing-masing sub panel yang ada di Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Untuk mengetahui besar nilai drop tegangan menggunakan 2 periode kondisi persentase beban, yaitu kondisi beban penuh dengan beban 100%, dan kondisi beban pakai dengan 80%. Dan kemudian data *drop voltage* yang akan ditampilkan 2 kondisi, dimana hasil hitung berdasarkan kapasitas kapasitor bank sesuai data perencanaan dan hasil hitung hitung secara perumusan.

Menurut PUIL 2011 untuk *drop voltage* dalam instalasi pelanggan sebaiknya tidak lebih dari 4%. Berdasarkan pernyataan ini dapat dijadikan parameter dalam menganalisis *drop voltage* yang terjadi pada sistem di Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

- **Drop Voltage Pada Transformator**

Sesuai hasil perhitungan di pembahasan yang dapat dilihat pada tabel 4.6, akan dibuat dalam bentuk diagram yang nantinya digunakan untuk menganalisis *drop voltage* sesuai hasil perhitungan dengan standar yang ada. Untuk lebih jelasnya, gambar diagram dapat dilihat pada gambar 4.17 sebagai berikut :



**Gambar 4.19** Diagram *Drop Voltage* Transformator

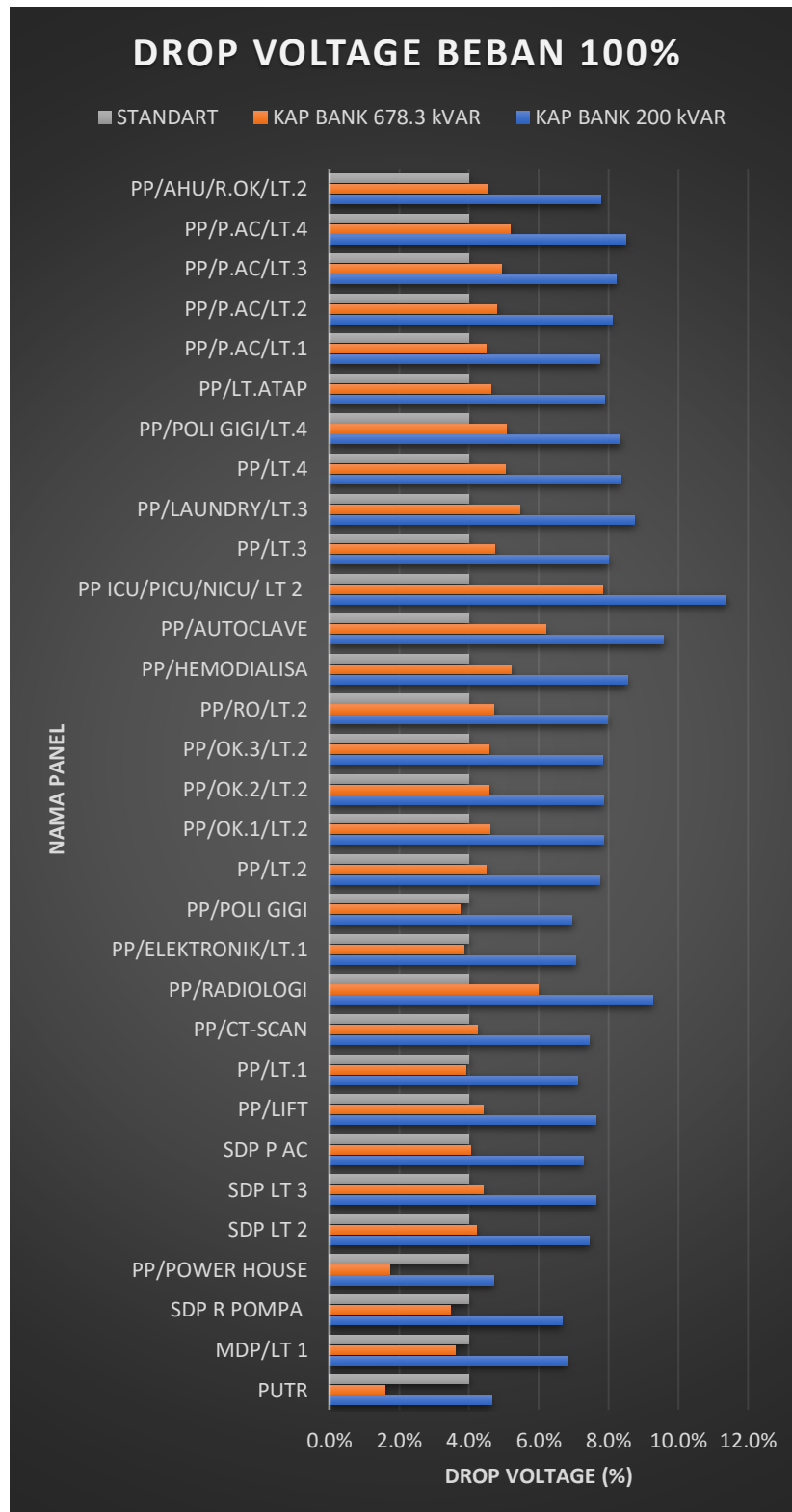
Dari diagram pada gambar 4.19 dapat kita ketahui bahwa pada 2 periode kondisi dengan menggunakan kapasitas kapasitor bank yang berbeda memberi dampak pada persentase *drop voltage* yang terjadi. Pada kondisi trafo ketika menggunakan kapasitor bank berukuran 200 kVAR sesuai ukuran yang ditentukan tim perencana. Pada periode beban penuh 100% terjadi *drop voltage* sebesar 4.6% di setiap fasanya, kemudian untuk periode kondisi beban pakai 80% terjadi *drop voltage* sebesar 3.3 % untuk setiap fasanya. Kemudian pada kondisi trafo ketika menggunakan kapasitor bank berukuran 678.3 kVAR sesuai ukuran yang telah dihitung secara perumusan. Pada periode beban penuh 100% terjadi *drop voltage*

sebesar 1.6% di setiap fasanya, kemudian untuk periode kondisi beban pakai 80% terjadi *drop voltage* sebesar 0.2% untuk setiap fasanya.

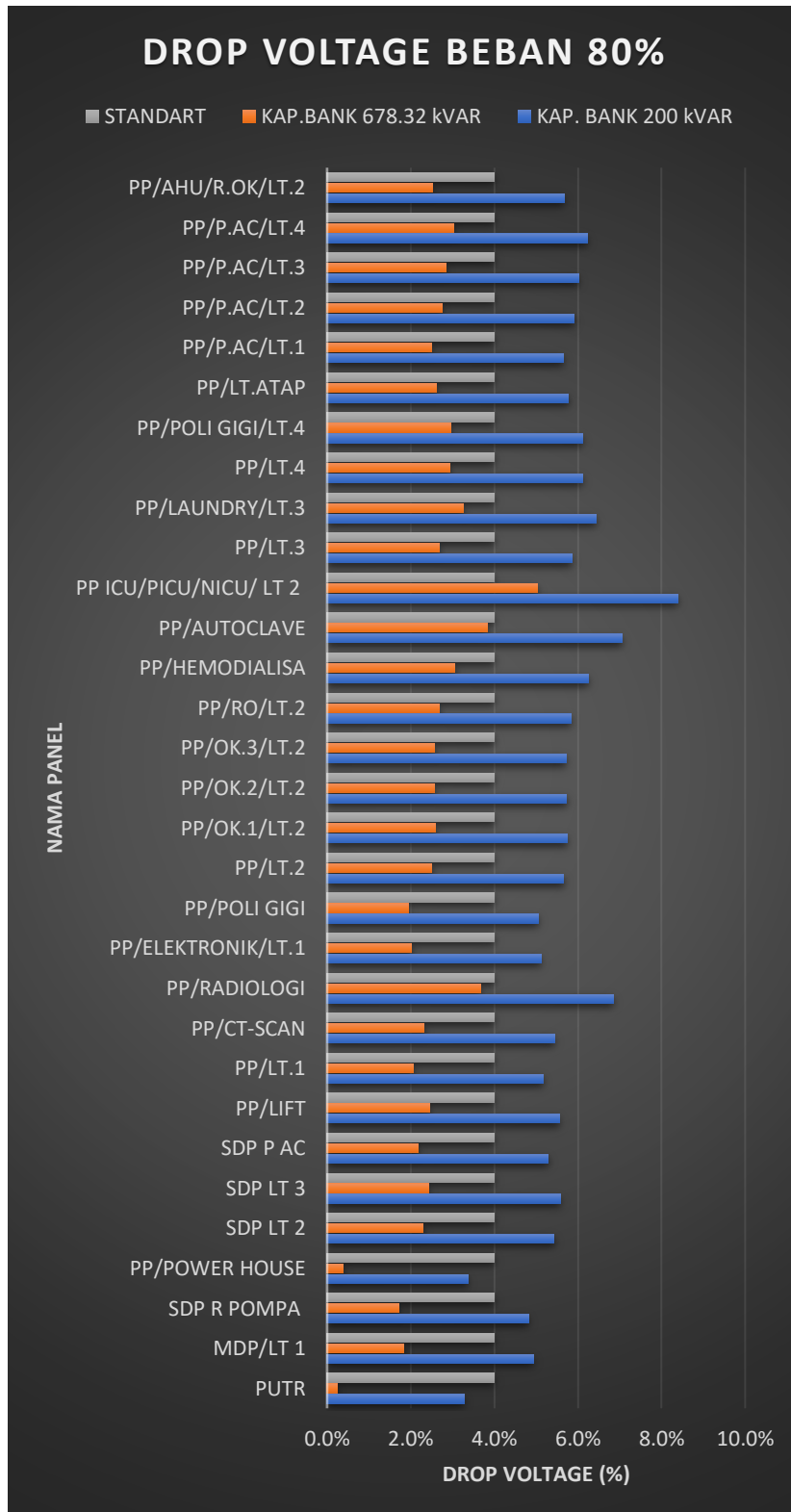
Dilihat dari standar PUIL 2011 untuk *drop voltage* pada transformator yang diizinkan maksimal 4% . Sehingga jika melihat dari hasil 2 periode kondisi dengan menggunakan kapasitas kapasitor bank yang berbeda. Untuk kondisi *drop voltage* pada trafo yang disambung dengan kapasitor bank berkapasitas 200 kVAR masih dapat dikatakan aman untuk periode kondisi beban pakai 80 % . Namun pada periode kondisi beban penuh 100 % dapat dijadikan perhatian khusus karena besar *drop voltage* melebihi toleransi dari standar. Sedangkan untuk kondisi *drop voltage* pada trafo yang disambung dengan kapasitor bank berkapasitas 678.3 kVAR masih dapat dikatakan aman untuk 2 periode kondisi beban pakai 80 % maupun kondisi beban penuh 100%. Besar *drop voltage* dipegaruhi dari besar  $\cos \theta$  yang terukur, semakin kecil  $\cos \theta$  maka *drop voltage* nya semakin besar dan sebaliknya jika semakin besar  $\cos \theta$  maka *drop voltage* nya semakin kecil.

- **Drop Tegangan (*Drop Voltage*) Tiap Sub Panel**

Sesuai hasil perhitungan besar *drop voltage* di tiap sup panel di pembahasan yang dapat dilihat pada tabel 4.7 sampai 4.8, akan dibuat dalam bentuk diagram yang nantinya digunakan untuk menganalisa *drop voltage* sesuai hasil simulasi ETAP. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar 4.20 dan 4.21 sebagai berikut:



**Gambar 4.20** Diagram *Drop Voltage* Sub Panel Beban Penuh



**Gambar 4.21** Diagram Drop Voltage Sub Panel Beban Pakai

Dari diagram pada gambar 4.20 dan 4.21 dapat kita ketahui bahwa pada 2 periode kondisi dengan menggunakan kapasitas kapasitor bank yang berbeda memberi dampak pada persentase *drop voltage* yang terjadi. Pada kondisi sub panel ketika menggunakan kapasitor bank berukuran 200 kVAR sesuai ukuran yang ditentukan tim perencana. Pada periode beban penuh 100% maupun beban pakai 80% mengalami *drop voltage* yang *over rate* di semua sub panel yang ada dengan kondisi terbesar terjadi di panel PP ICU/PICU/NICU/ LT 2 sebesar 11.4% untuk kondisi beban penuh 100% dan sebesar 8.4% untuk kondisi beban pakai 80%.

Kemudian pada kondisi sub panel ketika menggunakan kapasitor bank berukuran 678.3 kVAR sesuai ukuran yang telah dihitung secara perumusan. Pada periode beban penuh 100% *drop voltage* yang masih dalam toleransi standar PUIL 2011 yaitu panel, MDP/LT1, SDP R POMPA, PP/POWER HOUSE, SDP P AC, PP/ LT 1, PP/ELEKTRONIK, dan PP/ POLI GIGI LT 1, kemudian untuk periode kondisi beban pakai 80% *drop voltage* yang *over rate* yaitu pada panel PP ICU/PICU/NICU/ LT 2 dengan besar 5 % untuk setiap fasanya.

Dilihat dari standar PUIL 2011 untuk *drop voltage* pada setiap sub panelnya yang diizinkan maksimal 4% . Sehingga jika melihat dari hasil 2 periode kondisi kategori aman yaitu pada periode kondisi beban pakai 80% yang tersambung kapasitor bank berkapasitas 678.3 kVAR. Dan dari semua kondisi pembebanan dapat kita lihat pada panel PP ICU/PICU/NICU/ LT 2 berpotensi mengalami *drop voltage* yang paling besar. Hal ini terjadi karena jarak panel sangat jauh dari panel utama, dan berbanding terbalik dengan ukuran kabel yang digunakan. Sehingga kondisi ini dapat dijadikan perhatian khusus saat nanti proses produksi sistem kelistrikan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

#### 4.4.4 Ukuran Penghantar Dan *Circuit Breaker*

Berdasarkan hasil tabulasi yang tertera pada tabel 4.9 dan 4.10, dapat dijadikan acuan dalam menentukan ukuran dari suatu penghantar dan circuit breaker yang akan digunakan. Untuk ukuran penghantar atau kabel kita dapat menggunakan hasil kalkulasi nilai KHA secara perumusan dan nanti akan dibandingkan dengan nilai KHA kabel yang digunakan berdasarkan data perencana. Kemudian untuk menentukan ukuran dari suatu *circuit breaker* kita dapat menggunakan besar arus nominal dari hasil kalkulasi simulasi ETAP, yang nanti akan dibandingkan dengan ukuran circuit breaker yang telah ditentukan di data perencanaan.

Didapatkan nilai untuk kapasitas kapasitor bank adalah sebesar 678.3 kVAR. Melihat rating yang digunakan tim perencana untuk kapasitor bank sebesar 200 kVAR, maka akan berpotensi terjadinya *undercapacity* pada kapasitor bank yang ditentukan oleh tim perencana. Dan ini akan berpengaruh pada proses aliran daya ke beban, dengan potensi masalah yaitu akan banyak terjadinya *drop voltage* di setiap beban daya.

- **Menentukan Ukuran Penghantar**

Dalam menentukan ukuran penghantar akan menggunakan data berdasarkan perhitungan secara perumusan dan simulasi ETAP, dimana ukuran penghantar yang telah ditentukan oleh pihak perencana akan disandingkan pada 2 sampel tersebut. Dengan mengacu pada nilai KHA kabel yang digunakan sesuai dengan Lampiran E. Kemudian proses review dilakukan dengan 2 periode kondisi pembebanan yaitu beban penuh 100% dan beban pakai 80%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.12 dan 4.13 berikut.

**Tabel 4.12** Tabulasi Penentuan Ukuran Kabel Periode Beban Penuh 100%

NO	NAMA PANEL	KHA BEBAN (A)	KHA ETAP (A)	KHA KABEL (A)	JENIS PENGHANTAR
<b>PUTR</b>					
1	<b>PUTR</b>	<b>2,042.15</b>	<b>1,912.50</b>	<b>1,317.00</b>	<b>NY Y 3x(4x1Cx240 mm<sup>2</sup>)</b>
<b>PUTR</b>					
1	<b>MDP/LT 1</b>	<b>1,722.07</b>	<b>1,770.00</b>	<b>878.00</b>	<b>NY Y 2x(4x1Cx240 mm<sup>2</sup>)</b>
2	SDP R POMPA	307.65	320.13	439.00	NY Y 4x1Cx240 mm <sup>2</sup>
3	PP/POWER HOUSE	12.44	12.13	44.00	NY Y 4x6 mm <sup>2</sup>
<b>MDP/LT 1</b>					
1	SDP LT 2	220.33	229.63	249.00	NY Y 4x1Cx95 mm <sup>2</sup>
2	SDP LT 3	272.54	284.88	280.00	NY Y 4x1Cx120 mm <sup>2</sup>
3	<b>SDP P AC</b>	<b>827.57</b>	<b>870.38</b>	<b>439.00</b>	<b>NY Y 4x1Cx240 mm<sup>2</sup></b>
4	PP/LIFT	98.22	93.88	130.00	FRC 4x35 mm <sup>2</sup>
5	PP/LT.1	133.30	127.63	130.00	NY Y 4x35 mm <sup>2</sup>
6	PP/CT-SCAN	74.56	71.38	160.00	NY Y 4x50 mm <sup>2</sup>
7	<b>PP/RADIOLOGI</b>	<b>76.82</b>	<b>72.75</b>	<b>44.00</b>	<b>NY Y 4x6 mm<sup>2</sup></b>
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	13.55	14.13	44.00	NY Y 4x6 mm <sup>2</sup>
9	PP/POLI GIGI	5.19	5.50	34.00	NY Y 4x4 mm <sup>2</sup>
<b>SDP LT 2</b>					
1	PP/LT.2	67.56	70.88	80.00	NY Y 4x16 mm <sup>2</sup>
2	PP/OK.1/LT.2	11.12	11.75	60.00	NY Y 4x10 mm <sup>2</sup>
3	PP/OK.2/LT.2	11.12	11.75	60.00	NY Y 4x10 mm <sup>2</sup>
4	PP/OK.3/LT.2	11.12	11.75	60.00	NY Y 4x10 mm <sup>2</sup>
5	PP/RO/LT.2	9.03	8.63	44.00	NY Y 4x6 mm <sup>2</sup>
6	PP/HEMODIALISA	17.16	18.13	44.00	NY Y 4x6 mm <sup>2</sup>
7	PP/AUTOCLAVE	36.13	35.50	44.00	NY Y 4x6 mm <sup>2</sup>
8	<b>PP ICU/PICU/NICU/ LT 2</b>	<b>57.08</b>	<b>61.25</b>	<b>60.00</b>	<b>NY Y 4x10 mm<sup>2</sup></b>
<b>SDP LT 3</b>					
1	<b>PP/LT.3</b>	<b>109.77</b>	<b>115.38</b>	<b>80.00</b>	<b>NY Y 4x16 mm<sup>2</sup></b>
2	PP/LAUNDRY/LT.3	11.74	11.13	44.00	NY Y 4x6 mm <sup>2</sup>
3	<b>PP/LT.4</b>	<b>142.75</b>	<b>150.25</b>	<b>130.00</b>	<b>NY Y 4x35 mm<sup>2</sup></b>
4	PP/POLI GIGI/LT.4	5.19	5.00	34.00	NY Y 4x4 mm <sup>2</sup>
5	PP/LT.ATAP	3.08	3.13	60.00	NY Y 4x10 mm <sup>2</sup>
<b>SDP AC LT 1</b>					
1	<b>PP/P.AC/LT.1</b>	<b>209.09</b>	<b>219.88</b>	<b>108.00</b>	<b>NY Y 4x25 mm<sup>2</sup></b>
2	<b>PP/P.AC/LT.2</b>	<b>158.69</b>	<b>166.75</b>	<b>130.00</b>	<b>NY Y 4x35 mm<sup>2</sup></b>
3	<b>PP/P.AC/LT.3</b>	<b>157.26</b>	<b>165.50</b>	<b>130.00</b>	<b>NY Y 4x35 mm<sup>2</sup></b>
4	<b>PP/P.AC/LT.4</b>	<b>213.35</b>	<b>224.63</b>	<b>160.00</b>	<b>NY Y 4x50 mm<sup>2</sup></b>
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	89.19	93.63	130.00	NY Y 4x35 mm <sup>2</sup>

**Tabel 4.13** Tabulasi Penentuan Ukuran Kabel Periode Beban Pakai 80%

NO	NAMA PANEL	KHA BEBAN (A)	KHA ETAP (A)	KHA KABEL (A)	JENIS PENGHANTAR
<b>PUTR</b>					
1	<b>PUTR</b>	1,633.72	1,483.25	1,317.00	NYY 3x(4x1Cx240 mm <sup>2</sup> )
<b>PUTR</b>					
1	<b>MDP/LT 1</b>	1,377.66	1,405.38	878.00	NYY 2x(4x1Cx240 mm <sup>2</sup> )
2	SDP R POMPA	246.12	253.25	439.00	NYY 4x1Cx240 mm <sup>2</sup>
3	PP/POWER HOUSE	9.95	9.75	44.00	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>
<b>MDP/LT 1</b>					
1	SDP LT 2	176.27	182.00	249.00	NYY 4x1Cx95 mm <sup>2</sup>
2	SDP LT 3	218.03	225.25	280.00	NYY 4x1Cx120 mm <sup>2</sup>
3	<b>SDP P AC</b>	662.06	687.25	439.00	NYY 4x1Cx240 mm <sup>2</sup>
4	PP/LIFT	78.58	75.88	130.00	FRC 4x35 mm <sup>2</sup>
5	PP/LT.1	106.64	103.25	130.00	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>
6	PP/CT-SCAN	59.65	57.63	160.00	NYY 4x50 mm <sup>2</sup>
7	<b>PP/RADIOLOGI</b>	61.45	58.88	44.00	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	10.84	11.25	44.00	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>
9	PP/POLI GIGI	4.15	4.38	34.00	NYY 4x4 mm <sup>2</sup>
<b>SDP LT 2</b>					
1	PP/LT.2	54.04	56.00	80.00	NYY 4x16 mm <sup>2</sup>
2	PP/OK.1/LT.2	8.90	9.25	60.00	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>
3	PP/OK.2/LT.2	8.90	9.25	60.00	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>
4	PP/OK.3/LT.2	8.90	9.25	60.00	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>
5	PP/RO/LT.2	7.23	7.00	44.00	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>
6	PP/HEMODIALISA	13.73	14.25	44.00	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>
7	PP/AUTOCLAVE	28.90	28.50	44.00	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	45.67	48.13	60.00	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>
<b>SDP LT 3</b>					
1	<b>PP/LT.3</b>	87.81	91.13	80.00	NYY 4x16 mm <sup>2</sup>
2	PP/LAUNDRY/LT.3	9.39	9.00	44.00	NYY 4x6 mm <sup>2</sup>
3	PP/LT.4	114.20	118.63	130.00	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>
4	PP/POLI GIGI/LT.4	4.15	4.00	34.00	NYY 4x4 mm <sup>2</sup>
5	PP/LT.ATAP	2.47	2.50	60.00	NYY 4x10 mm <sup>2</sup>
<b>SDP AC LT 1</b>					
1	<b>PP/P.AC/LT.1</b>	167.27	173.63	108.00	NYY 4x25 mm <sup>2</sup>
2	PP/P.AC/LT.2	126.95	131.63	130.00	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>
3	PP/P.AC/LT.3	125.81	130.63	130.00	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>
4	<b>PP/P.AC/LT.4</b>	170.68	177.25	160.00	NYY 4x50 mm <sup>2</sup>
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	71.35	74.00	130.00	NYY 4x35 mm <sup>2</sup>

Dari data tabulasi yang tertera pada tabel 4.11 dan 4.12 dapat *review* untuk kesesuaian ukuran penghantar berdasarkan data perencana yang dibandingkan dengan hasil kalkulasi secara perumusan dan simulasi ETAP. Untuk periode kondisi beban penuh 100% terdapat ukuran kabel yang mengalami *undercapacity* yaitu pada penghantar yang menuju panel PUTR, MDP/LT1, SDP P AC, PP/RADIOLOGI, PP ICU/PICU/NICU/ LT 2, PP/LT 3, PP/LT4, PP/P.AC/LT 1, PP/P.AC/LT 2, PP/P.AC/LT 3, PP/P.AC/LT 4. Kemudian pada periode beban pakai 80% terdapat ukuran kabel yang mengalami *undercapacity* yaitu pada penghantar yang menuju panel PUTR, MDP/LT1, SDP P AC, PP/RADIOLOGI, PP/LT 3, PP/P.AC/LT 1, PP/P.AC/LT 4.

Dari *review* yang dilakukan atas ukuran kabel yang ditentukan tim perencana dengan hasil kalkulasi secara perumusan dan simulasi ETAP maka dapat dikatakan terdapat beberapa kabel yang mungkin bisa dievaluasi penggunaannya karena terjadi *undercapacity* yaitu pada penghantar yang menuju panel PUTR, MDP/LT1, SDP P AC, PP/RADIOLOGI, PP/LT 3, PP/P.AC/LT 1, PP/P.AC/LT 4.

- **Menentukan Ukuran *Circuit Breaker***

Dalam menentukan ukuran *circuit breaker* akan menggunakan data berdasarkan perhitungan secara perumusan dan simulasi ETAP, dimana ukuran penghantar yang telah ditentukan oleh pihak perencana akan disandingkan pada 2 sampel tersebut. Kemudian proses *review* dilakukan dengan 2 periode kondisi pembebanan yaitu beban penuh 100% dan beban pakai 80%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.14 dan 4.15 berikut.

**Tabel 4.14** Tabulasi Penentuan Ukuran *Circuit Breaker* Periode Beban Penuh  
100%

NO	NAMA PANEL	BEBAN PENUH (kVA)	ARUS BEBAN (A)	ARUS ETAP (A)	UKURAN BREAKER
<b>TRAFO</b>					
1	PUTR	1130.54	1,633.72	1,530.00	ACB 4P-1250 A
<b>PUTR</b>					
1	MDP/LT 1	953.3	1,377.66	1,416.00	MCCB 3P-800 A
2	SDP R POMPA	170.3125	246.12	256.10	MCCB 3P-400 A
3	PP/POWER HOUSE	6.885	9.95	9.70	MCCB 3P-32 A
<b>MDP/LT 1</b>					
1	SDP LT 2	122.0	176.27	183.70	MCCB 3P-200 A
2	SDP LT 3	150.9	218.03	227.90	MCCB 3P-250 A
3	SDP P AC	458.1	662.06	696.30	MCCB 3P-500 A
4	PP/LIFT	54.4	78.58	75.10	MCCB 3P-125 A
5	PP/LT.1	73.8	106.64	102.10	MCCB 3P-125 A
6	PP/CT-SCAN	41.3	59.65	57.10	MCCB 3P-160 A
7	PP/RADIOLOGI	42.5	61.45	58.20	MCCB 3P-160 A
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	7.5	10.84	11.30	MCCB 3P-32 A
9	PP/POLI GIGI	2.9	4.15	4.40	MCCB 3P-25 A
<b>SDP LT 2</b>					
1	PP/LT.2	37.4	54.04	56.70	MCCB 3P-80 A
2	PP/OK.1/LT.2	6.2	8.90	9.40	MCCB 3P-32 A
3	PP/OK.2/LT.2	6.2	8.90	9.40	MCCB 3P-32 A
4	PP/OK.3/LT.2	6.2	8.90	9.40	MCCB 3P-32 A
5	PP/RO/LT.2	5.0	7.23	6.90	MCCB 3P-32 A
6	PP/HEMODIALISA	9.5	13.73	14.50	MCCB 3P-32 A
7	PP/AUTOCLAVE	20.0	28.90	28.40	MCCB 3P-32 A
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	31.6	45.67	49.00	MCCB 3P-63 A
<b>SDP LT 3</b>					
1	PP/LT.3	60.8	87.81	92.30	MCCB 3P-80 A
2	PP/LAUNDRY/LT.3	6.5	9.39	8.90	MCCB 3P-32 A
3	PP/LT.4	79.0	114.20	120.20	MCCB 3P-125 A
4	PP/POLI GIGI/LT.4	2.9	4.15	4.00	MCCB 3P-25 A
5	PP/LT.ATAP	1.7	2.47	2.50	MCCB 3P-63 A
<b>SDP AC LT 1</b>					
1	PP/P.AC/LT.1	115.8	167.27	175.90	MCCB 3P-160 A
2	PP/P.AC/LT.2	87.9	126.95	133.40	MCCB 3P-125 A
3	PP/P.AC/LT.3	87.1	125.81	132.40	MCCB 3P-125 A
4	PP/P.AC/LT.4	118.1	170.68	179.70	MCCB 3P-125 A
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	49.4	71.35	74.90	MCCB 3P-100 A

**Tabel 4.15** Tabulasi Penentuan Ukuran *Circuit Breaker* Periode Beban Pakai 80%

NO	NAMA PANEL	BEBAN PENUH (kVA)	ARUS BEBAN (A)	ARUS ETAP (A)	UKURAN BREAKER
<b>TRAFO</b>					
1	PUTR	904.429	1.306.98	1.186.60	ACB 4P-1250 A
<b>PUTR</b>					
1	MDP/LT 1	762.67	1.102.13	1.124.30	MCCB 3P-800 A
2	SDP R POMPA	136.25	196.89	202.60	MCCB 3P-400 A
3	PP/POWER HOUSE	5.508	7.96	7.80	MCCB 3P-32 A
<b>MDP/LT 1</b>					
1	SDP LT 2	97.58	141.01	145.60	MCCB 3P-200 A
2	SDP LT 3	120.70	174.42	180.20	MCCB 3P-250 A
3	SDP P AC	366.52	529.65	549.80	MCCB 3P-500 A
4	PP/LIFT	43.50	62.86	60.70	MCCB 3P-125 A
5	PP/LT.1	59.03	85.31	82.60	MCCB 3P-125 A
6	PP/CT-SCAN	33.02	47.72	46.10	MCCB 3P-160 A
7	PP/RADIOLOGI	34.02	49.16	47.10	MCCB 3P-160 A
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	6.00	8.67	9.00	MCCB 3P-32 A
9	PP/POLI GIGI	2.30	3.32	3.50	MCCB 3P-25 A
<b>SDP LT 2</b>					
1	PP/LT.2	29.92	43.24	44.80	MCCB 3P-80 A
2	PP/OK.1/LT.2	4.93	7.12	7.40	MCCB 3P-32 A
3	PP/OK.2/LT.2	4.93	7.12	7.40	MCCB 3P-32 A
4	PP/OK.3/LT.2	4.93	7.12	7.40	MCCB 3P-32 A
5	PP/RO/LT.2	4.00	5.78	5.60	MCCB 3P-32 A
6	PP/HEMODIALISA	7.60	10.98	11.40	MCCB 3P-32 A
7	PP/AUTOCLAVE	16.00	23.12	22.80	MCCB 3P-32 A
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	25.28	36.53	38.50	MCCB 3P-63 A
<b>SDP LT 3</b>					
1	PP/LT.3	48.61	70.25	72.90	MCCB 3P-80 A
2	PP/LAUNDRY/LT.3	5.20	7.51	7.20	MCCB 3P-32 A
3	PP/LT.4	63.22	91.36	94.90	MCCB 3P-125 A
4	PP/POLI GIGI/LT.4	2.30	3.32	3.20	MCCB 3P-25 A
5	PP/LT.ATAP	1.37	1.97	2.00	MCCB 3P-63 A
<b>SDP AC LT 1</b>					
1	PP/P.AC/LT.1	92.60	133.82	138.90	MCCB 3P-160 A
2	PP/P.AC/LT.2	70.28	101.56	105.30	MCCB 3P-125 A
3	PP/P.AC/LT.3	69.65	100.64	104.50	MCCB 3P-125 A
4	PP/P.AC/LT.4	94.49	136.54	141.80	MCCB 3P-125 A
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	39.50	57.08	59.20	MCCB 3P-100 A

Dari data tabulasi yang tertera pada tabel 4.13 dan 4.14 dapat *review* untuk kesesuaian ukuran *circuit breaker* berdasarkan data perencana yang dibandingkan dengan hasil kalkulasi secara perumusan dan simulasi ETAP. Untuk periode kondisi beban penuh 100% terdapat ukuran *circuit breaker* yang mengalami *undercapacity* yaitu pada *circuit breaker* yang terpasang pada panel PUTR, MDP/LT1, SDP P AC, PP/LT 3, PP/P.AC/LT 1, PP/P.AC/LT 2, PP/P.AC/LT 3, PP/P.AC/LT 4. Kemudian pada periode beban pakai 80% terdapat ukuran *circuit*

*breaker* yang mengalami *undercapacity* yaitu pada *circuit breaker* yang terpasang pada panel MDP/LT1, SDP P AC, PP/P.AC/LT 4.

Dari *review* yang dilakukan atas ukuran *circuit breaker* yang ditentukan tim perencana dengan hasil kalkulasi secara perumusan dan simulasi ETAP maka dapat dikatakan terdapat beberapa *circuit breaker* yang mungkin bisa dievaluasi penggunaannya karena terjadi *undercapacity* yaitu pada *circuit breaker* yang terpasang pada panel MDP/LT1, SDP P AC, PP/P.AC/LT 4.

#### **4.4.5 Kapasitas GENSET (Generator Set) Yang Digunakan**

Berdasarkan hasil hitung yang dilakukan, dengan mengacu pada data rekap daya perencanaan. Didapatkan nilai untuk kapasitas GENSET adalah sebesar 904.429 kVA. Melihat rating yang digunakan tim perencana untuk GENSET sebesar 525 kVA, maka akan berpotensi terjadinya *undercapacity* pada GENSET yang ditentukan oleh tim perencana. Hal ini akan berpengaruh pada proses *backup* daya pada Rumah Sakit Hermina Pasuruan saat listrik dari PLN padam karena demand faktor yang ditentukan tim perencana sebesar 80% dari beban penuh, sehingga dengan kapasitas GENSET sebesar 525 kVA, tidak akan tercapai untuk backup daya 80% beban penuh sistem Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang bersumber dari hasil simulasi software ETAP menggunakan data rekap daya tim Perencana di Rumah Sakit Hermina Pasuruan, memberikan suatu gambaran kondisi dari aliran daya perencanaan listrik Rumah Sakit Hermina Pasuruan yang di review dengan 2 periode kondisi beban, yaitu beban penuh 100% dan beban pakai 80%, dimana dapat menunjukkan kondisi sebagai berikut;

1. Untuk di sisi transformator, dilakukan analisis dengan mereview persentase pembebanan dan efisiensi trafo. Dimana menunjukkan pada periode kondisi beban penuh beban 100 % menghasilkan persentase pembebanan transformator sebesar 126% dengan efisiensi trafo sebesar 98.39%, kemudian untuk periode kondisi beban pakai 80% menghasilkan pembebanan transformator sebesar 99% dan efisiensi trafo sebesar 98.68%. Dilihat dari 2 periode kondisi persentase beban yang digunakan, diasumsikan kedua periode kondisi beban ini masih belum dapat dikatakan cukup baik karena, belum dapat memenuhi standar pada Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 dari yang menyebutkan transformator dikatakan cukup baik apabila persentase pembebanan transformator kurang dari 80%. Kemudian untuk efisiensi transformator menurut *manual book* dari brand trafo B&D sebagai brand yang akan digunakan menyatakan untuk kondisi 100% beban dengan faktor daya 0.8 efisiensi trafo minimal 98.52%, dan kondisi 75% beban dengan faktor daya 0.8 efisiensi trafo minimal 98.75%.
2. Untuk kondisi *drop voltage*, dilakukan analisis dengan me-review di sisi Transformator dan setiap panel distribusinya. Dimana menunjukkan pada periode kondisi beban penuh 100 % untuk sisi transformator menunjukkan besar *drop voltage* sebesar 4.6% untuk setiap fasanya, kemudian untuk periode kondisi beban pakai dengan beban 80% untuk sisi transformator menunjukkan besar *drop voltage* sebesar 3.3% untuk setiap fasanya. Selanjutnya pada sisi panel distribusi pada periode kondisi beban penuh 100 % dan 80 % menunjukkan besar *drop voltage* yang *over rate* terjadi di semua panel distribusi, dengan kondisi terbesar

terjadi di panel PP ICU/PICU/NICU/ LT 2 sebesar 11.4% untuk kondisi beban penuh 100% dan sebesar 8.4% untuk kondisi beban pakai 80%. Dilihat dari 2 periode kondisi persentase beban yang digunakan, hanya drop voltage pada periode kondisi beban pakai 80% di sisi trafo saja yang masih dapat dikatakan aman, namun untuk kondisi lainnya baik di sisi trafo dan panel distribusi masih belum dapat dikatakan cukup baik karena, belum dapat memenuhi standar pada PUIL 2011 yang menyatakan *drop voltage* dalam instalasi pelanggan sebaiknya tidak lebih dari 4%.

3. Untuk mengetahui kesesuaian penggunaan penghantar dan *circuit breaker* telah dilakukan *review* dengan 2 periode kondisi beban yang mengacu pada besar KHA penghantar untuk kesesuaian ukuran kabel, dan besar arus nominal untuk kesesuaian ukuran *circuit breaker*. Untuk hasil *review* kesesuaian ukuran kabel yang mengalami *undercapacity* yaitu pada penghantar yang menuju panel PUTR, MDP/LT1, SDP P AC, PP/RADIOLOGI, PP/LT 3, PP/P.AC/LT 1, PP/P.AC/LT 4. Kemudian Untuk hasil *review* kesesuaian ukuran *circuit breaker* yang mengalami *undercapacity* yaitu pada *circuit breaker* yang terpasang pada panel MDP/LT1, SDP P AC, PP/P.AC/LT 4.
4. Untuk mengetahui kesesuaian penggunaan kapasitas unit kapasitor bank yang telah dilakukan perhitungan secara perumusan berdasarkan rekap daya dari perencana yang menghasilkan nilai untuk kapasitas kapasitor bank adalah sebesar 678.3 kVAR. Melihat rating yang digunakan im perencana untuk kapasitor bank sebesar 200 kVAR, maka akan berpotensi terjadinya *undercapacity* pada kapasitor bank yang ditentukan oleh tim perencana.
5. Untuk mengetahui kesesuaian penggunaan kapasitas unit GENSET (Generator Set) yang telah dilakukan perhitungan secara perumusan berdasarkan rekap daya dari perencana yang menghasilkan nilai untuk kapasitas unit GENSET (Generator Set) adalah sebesar 904.429 kVA. Melihat rating yang digunakan timperencana untuk GENSET (Generator Set) sebesar 525 kVA, maka akan berpotensi terjadinya *undercapacity* pada GENSET (Generator Set) yang ditentukan oleh tim perencana.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang penulis sampaikan kepada pihak tim Perencana Rumah Sakit Hermina Pasuruan sebagai berikut :

1. Melihat hasil analisis dan kesimpulan yang diperoleh, perlu adanya perhatian khusus (*warning*) untuk tim perencana karena terdapat temuan yang berpotensi terjadinya pembebanan yang berlebihan atau *over blast* pada transformator Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Karena setelah dilakukan simulasi ETAP yang mengacu pada data perencanaan didapatkan untuk pembebanan dan efisiensi transformator yang memenuhi standar pada Surat Edaran Direksi PT. PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014 untuk persentase pembebanan trafo dan *manual book* dari brand trafo B&D sebagai brand yang akan digunakan untuk efisiensi transformator. Sehingga melihat kondisi ini dapat dijadikan acuan melakukan evaluasi kembali pada sistem baik dengan peningkatan faktor daya atau *upgrade* kapasitas transformator yang akan digunakan nantinya.
2. Melihat hasil tabulasi *drop voltage* yang terjadi di transformator dan panel distribusi, sebaiknya ada pemetaan kembali tentang jarak antar panel, atau dapat disesuaikan dari ukuran penghantar dan kapasitas dari kapasitor bank yang digunakan. Karena dilihat dari 2 point tersebut terjadi *undercapacity* baik pada ukuran penghantar maupun kapasitas kapasitor bank. Sehingga hal ini dapat mempengaruhi proses aliran daya pada sistem di Rumah Sakit Hermina Pasuruan menjadi kurang handal.
3. Untuk Segi keamanan setiap panel masih ada beberapa panel distribusi yang memiliki kondisi *under capacity* pada *circuit breaker* yang digunakan, yaitu pada *circuit breaker* yang terpasang di panel MDP/LT1, SDP P AC, PP/P.AC/LT 4. Hal ini juga dapat dijadikan evaluasi dan perhatian dari segi keamanan sistem maupun lainnya.
4. Untuk proses *back up* daya saat PLN mengalami pemadaman, perencana menentukan *demand factor* pada sistem sebesar 80%, namun dengan kapasitas GENSET sebesar 525 kVa belum dapat memenuhi target *demand faktor* tersebut, sehingga penulis menyarankan agar melakukan evaluasi kembali untuk kapasitas GENSET yang akan digunakan agar memenuhi *demand factor* yang ditargetkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Alif K U, Supari, and Derman, “ANALISIS ALIRAN DAYA LISTRIK DI PT. CARGILL SEMARANG BAGIAN GEDUNG PRODUKSI MENGGUNAKAN SIMULASI ETAP 12.6.0,” pp. 1–4, 2022.
- [2] A. K. Al Bahar and F. Gusti, “Analisis Aliran Daya pada Gedung Bertingkat Dengan Sumber Tegangan 20kV Menggunakan ETAP 12.6,” *J. Ilm. Elektrokrisna*, 2019.
- [3] R. PERMADI, “Analisis Aliran Daya Pada Jalur Kelistrikan Gedung Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Menggunakan ...,” 2022, [Online]. Available: <http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/18815>
- [4] T. J. Pramono, S. Soewono, and T. Elektro, “Analisis Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah,” *Energi & Kelistrikan*, 2018.
- [5] C. Nur, “Analisa Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik PT. Indofood CBP Sukses Makmur, Tbk Divisi Food Seasoning Semarang Menggunakan ETAP 12.6,” pp. 1–84, 2018, [Online]. Available: <https://repository.usm.ac.id/files/skripsi/C41A/2013/C.431.13.0050/C.431.13.0050-15-File-Komplit-20190628021616.pdf>
- [6] I. W. Sudiarta, I. P. Sutawinaya, I. K. Ta, and A. Firman, “Manajemen Trafo Distribusi 20Kv Antar Gardu BI031 Dan BI033 Penyulang Liligundi Dengan Menggunakan Simulasi Program Etap,” *J. Log.*, vol. 16, no. 3, pp. 166–171, 2016.
- [7] A. K. Theraja, B.L.&Theraja, *A Text Book Of Electrical Technology vol. 11*, vol. I. New Delhi.
- [8] M. S. Siregar, J. Junaidi, A. Irwan, and H. Ibrahim, “ANALISIS PEMELIHARAAN BERKALA PADA MOTOR DIESEL GENERATOR SET DAYA 90 kVA SEBAGAI ENERGI LISTRIK CADANGAN DI UPT RUMAH SAKIT KHUSUS PARU,” *SINERGI POLMED J. Ilm. Tek. Mesin*,

2022, doi: 10.51510/sinergipolmed.v3i1.700.

- [9] H. Aprilawati, “Perancangan Unit Instalasi Genset Di Pt Aichi Tex Indonesia Design Installation Unit of Genset At Pt Aichi Tex Indonesia,” no. 04311071, 2007.
- [10] D. Hendarto and A. G. Lutfi, “Rekondisi instalasi low voltage main distribution panel ( Lvmdp ) di gedung Ir Prijono Uika Bogor,” *J. Tek. Mesin*, 2016.
- [11] Standar Nasional Indonesia, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011),” *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. PUIL, pp. 1–133, 2011.
- [12] M. Saleh and M. Haryanti, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” *J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2017, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/141935-ID-perancangan-simulasi-sistem-pemantauan-p.pdf>
- [13] A. Mulyana, T. A. Riza, D. N. Ramadan, and M. D. Falih, “Sistem Pengisian Pulsa Pada KWH Meter Prabayar Menggunakan Ponsel,” *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, 2017, doi: 10.25124/jett.v4i2.1093.
- [14] M. S. Al Amin, “STUDI KEMAMPUAN PANEL LVMDP TERHADAP PEMBEBANAN,” *J. Ampere*, 2018, doi: 10.31851/ampere.v3i1.2115.
- [15] K. Naim, “ANALISA RUGI DAYA DAN JATUH TEGANGAN PADA SISTEM DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH AREA BTN HAMZY DAN BTN ANTARA,” *J. Teknol. Elekterika*, 2016, doi: 10.31963/elekterika.v13i2.981.
- [16] D. Cahaya, Nurul Yanti., “Hukum Ohm dan Hukum Kirchoff,” *J. Prakt. Elektron. Dasar*, 2019.
- [17] H. Saadat, “Power System Analysis - Hadi Saadat.pdf.” pp. 1–720, 1999.
- [18] T. Sukisno, “ANALISIS ALIRAN BEBAN PADA SISTEM TENAGA

LISTRIK DENGAN PERANGKAT LUNAK MATHCAD PROFESSIONAL,” p. 282, 2008.

- [19] N. H. A. Hardani, Helmina Andriani, Jumari Ustiawaty, Evi Fatmi Utami, Ria Rahmatul Istioqmah, Roushandy Fardani, Dhika Juliana Sukmana, *Buku Metode Penelitian Kualitatif dan Kualitatif*, no. April. 2020.



## LAMPIRAN B

### SUMMARY REPORT ETAP

Project:	<b>ETAP</b>	Page:	1
Location:	12.6.0H	Date:	05-05-2024
Contract:		SN:	
Engineer:	Study Case: ULF	Revision:	Base
Filename: SKRIPSI BEBAN 80%		Config:	Normal

#### Bus Input Data

ID	Bus			kV	Sub-eps	Ph	Initial Voltage		Generation		Load		Mvar Limits	
	Conn.	Type					% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	Max.	Min.
Bus2	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0.001	0.000	0.000	
						B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0.001		
						C	100.0	90.0	0	0	0.001	0.001		
Bus4	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0.001	0.000	0.000	
						B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0.001		
						C	100.0	90.0	0	0	0.001	0.001		
Bus7	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.002	0.002	0.000	0.000	
						B	100.0	-150.0	0	0	0.002	0.002		
						C	100.0	90.0	0	0	0.002	0.002		
Bus8	3-Phase	Swing	20.000	1	A	100.0	0.0	0.241	0.133	0	0	0.000	0.000	
						B	100.0	-120.0	0.241	0.133	0	0		
						C	100.0	120.0	0.241	0.133	0	0		
Bus9	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.004	0.005	0.000	0.000	
						B	100.0	-150.0	0	0	0.004	0.005		
						C	100.0	90.0	0	0	0.004	0.005		
Bus10	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0.001	0.000	0.000	
						B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0.001		
						C	100.0	90.0	0	0	0.001	0.001		
Bus11	3-Phase	Load	20.000	1	A	100.0	0.0	0	0	0	0	0.000	0.000	
						B	100.0	-120.0	0	0	0	0		
						C	100.0	120.0	0	0	0	0		
Bus12	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000	
						B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
						C	100.0	90.0	0	0	0	0		
Bus13	3-Phase	Swing	0.400	2	A	100.0	0.0	0	0	0	0	0.000	0.000	
						B	100.0	-120.0	0	0	0	0		
						C	100.0	120.0	0	0	0	0		
Bus14	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.007	0.005	0.000	0.000	
						B	100.0	-150.0	0	0	0.007	0.005		
						C	100.0	90.0	0	0	0.007	0.005		
Bus19	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.036	0.027	0.000	0.000	
						B	100.0	-150.0	0	0	0.036	0.027		
						C	100.0	90.0	0	0	0.036	0.027		
Bus21	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000	
						B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
						C	100.0	90.0	0	0	0	0		

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: SKRIPSI BEBAN 80%

E-LAP  
 12A.01

Study Case: ULF

Page: 2  
 Date: 05-05-2024  
 SN:  
 Revision: Base  
 Config: Normal

Bus			Initial Voltage				Generation		Load		Mvar Limits		
ID	Conn.	Type	kV	Sub-eps	Ph	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	Min.	Max.
Bus24	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.008	0.006	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.008	0.006		
					C	100.0	90.0	0	0	0.008	0.006		
Bus26	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.001	0.001		
Bus28	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.001	0.001		
Bus34	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.013	0.010	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.013	0.010		
					C	100.0	90.0	0	0	0.013	0.010		
Bus35	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.001	0.001		
Bus36	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.017	0.013	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.017	0.013		
					C	100.0	90.0	0	0	0.017	0.013		
Bus37	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0.001	0		
Bus38	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		
Bus42	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		
Bus44	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.016	0.012	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.016	0.012		
					C	100.0	90.0	0	0	0.016	0.012		
Bus46	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.002	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.002	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.002	0.001		
Bus48	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0.001	0		
Bus50	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.009	0.007	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.009	0.007		
					C	100.0	90.0	0	0	0.009	0.007		
Bus52	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.009	0.007	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.009	0.007		
					C	100.0	90.0	0	0	0.009	0.007		

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: SKRIPSI BEBAN 80%

**ETAP**  
 12.6.0H

Study Case: ULF

Page: 3  
 Date: 05-03-2024  
 SN:  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

Bus						Initial Voltage		Generation		Load		Mvar Limits	
ID	Conn.	Type	kV	Sub-sys	Ph	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	Max.	Min.
Bus54	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.012	0.009	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.012	0.009		
					C	100.0	90.0	0	0	0.012	0.009		
Bus63	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.025	0.019	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.025	0.019		
					C	100.0	90.0	0	0	0.025	0.019		
Bus64	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.019	0.014	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.019	0.014		
					C	100.0	90.0	0	0	0.019	0.014		
Bus65	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.019	0.014	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.019	0.014		
					C	100.0	90.0	0	0	0.019	0.014		
Bus66	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.025	0.019	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.025	0.019		
					C	100.0	90.0	0	0	0.025	0.019		
Bus67	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.011	0.008	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.011	0.008		
					C	100.0	90.0	0	0	0.011	0.008		
Bus68	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		
KUBIKEL	3-Phase	Load	20.000	1	A	100.0	0.0	0	0	0	0	0.000	0.000
MDP	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		
PUTR	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	-0.067	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	-0.067		
					C	100.0	90.0	0	0	0	-0.067		
Total Number of Buses: 36								0.722	0.399	0.724	0.343		

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: SKRIPSI BEBAN 100%

ETAP  
 12.6.0H

Study Case: ULF

Page: 1  
 Date: 05-03-2024  
 SN:  
 Revision: Base  
 Config: Normal

**Bus Input Data**

Bus						Initial Voltage		Generation		Load		Mvar Limits	
ID	Conn.	Type	kV	Sub-eps	Ph	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	Max.	Min.
Bus2	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.002	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.002	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.002	0.001		
Bus4	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.001	0.001		
Bus7	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.003	0.002	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.003	0.002		
					C	100.0	90.0	0	0	0.003	0.002		
Bus8	3-Phase	Swing	20.000	1	A	100.0	0.0	0.300	0.188	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-120.0	0.300	0.188	0	0		
					C	100.0	120.0	0.300	0.188	0	0		
Bus9	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.003	0.004	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.003	0.004		
					C	100.0	90.0	0	0	0.003	0.004		
Bus10	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.002	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.002	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.002	0.001		
Bus11	3-Phase	Load	20.000	1	A	100.0	0.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-120.0	0	0	0	0		
					C	100.0	120.0	0	0	0	0		
Bus12	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		
Bus13	3-Phase	Swing	0.400	2	A	100.0	0.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-120.0	0	0	0	0		
					C	100.0	120.0	0	0	0	0		
Bus14	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.008	0.006	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.008	0.006		
					C	100.0	90.0	0	0	0.008	0.006		
Bus19	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.043	0.024	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.043	0.024		
					C	100.0	90.0	0	0	0.043	0.024		
Bus21	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: SKRIPSI BEBAN 100%

**ETAP**  
**12.6.0H**

Study Case: ULF

Page: 2  
 Date: 05-03-2024  
 SN:  
 Revision: Base  
 Config: Normal

Bus						Initial Voltage		Generation		Load		Mvar Limits	
ID	Conn.	Type	kV	Sub-ops	Ph	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	Max.	Min.
Bus24	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.010	0.007	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.010	0.007		
					C	100.0	90.0	0	0	0.010	0.007		
Bus25	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.002	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.002	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.002	0.001		
Bus28	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.002	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.002	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.002	0.001		
Bus34	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.016	0.012	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.016	0.012		
					C	100.0	90.0	0	0	0.016	0.012		
Bus35	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.002	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.002	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.002	0.001		
Bus36	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.021	0.016	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.021	0.016		
					C	100.0	90.0	0	0	0.021	0.016		
Bus37	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.001	0.001		
Bus38	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		
Bus42	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		
Bus44	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.020	0.015	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.020	0.015		
					C	100.0	90.0	0	0	0.020	0.015		
Bus46	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.002	0.002	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.002	0.002		
					C	100.0	90.0	0	0	0.002	0.002		
Bus48	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.001	0.001	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.001	0.001		
					C	100.0	90.0	0	0	0.001	0.001		
Bus50	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.011	0.008	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.011	0.008		
					C	100.0	90.0	0	0	0.011	0.008		
Bus52	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.011	0.009	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.011	0.009		
					C	100.0	90.0	0	0	0.011	0.009		

Project:  
 Location:  
 Contract:  
 Engineer:  
 Filename: SKRIPSI BEBAN 100%


**ETAP**  
 12.6.0H

Study Case: ULF

Page: 3  
 Date: 05-03-2024  
 SN:  
 Revision: Base  
 Config.: Normal

ID	Bus		kV	Sub-bus	Ph	Initial Voltage		Generation		Load		Mvar Limits	
	Conn.	Type				% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar	Max.	Min.
Bus54	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.015	0.011	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.015	0.011		
					C	100.0	90.0	0	0	0.015	0.011		
Bus63	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.031	0.023	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.031	0.023		
					C	100.0	90.0	0	0	0.031	0.023		
Bus64	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.023	0.018	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.023	0.018		
					C	100.0	90.0	0	0	0.023	0.018		
Bus65	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.023	0.017	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.023	0.017		
					C	100.0	90.0	0	0	0.023	0.017		
Bus66	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.031	0.024	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.031	0.024		
					C	100.0	90.0	0	0	0.031	0.024		
Bus67	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0.013	0.010	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0.013	0.010		
					C	100.0	90.0	0	0	0.013	0.010		
Bus68	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		
KUBIKEL	3-Phase	Load	20.000	1	A	100.0	0.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-120.0	0	0	0	0		
					C	100.0	120.0	0	0	0	0		
MDP	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	0	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	0		
					C	100.0	90.0	0	0	0	0		
PUTR	3-Phase	Load	0.400	1	A	100.0	-30.0	0	0	0	-0.067	0.000	0.000
					B	100.0	-150.0	0	0	0	-0.067		
					C	100.0	90.0	0	0	0	-0.067		
Total Number of Buses: 36								0.901	0.564	0.904	0.478		

**LAMPIRAN C**  
**SPESIFIKASI TRANSFORMATOR**

 <p style="text-align: center;"><b>Surabaya - Indonesia</b></p>	<h2 style="margin: 0;">TECHNICAL SPECIFICATIONS</h2>																											
<p><b>A. GENERAL CHARACTERISTICS</b></p> <p>Design standards : IEC 76          Transformer type : Totally Oil Filled          Service Condition : Outdoor          Type of oil : Mineral Oil          Number of phase : 3 Phase          Frequency : 50 Hz</p>																												
<p><b>B. TECHNICAL SPECIFICATION</b></p> <p>Capacity : 800 kVA          High voltage : 20 kV (Delta)          Low Voltage : 0.4 kV (Wye - Netral)          Vector Group : Dyn5          Cooling : ONAN          Temperature Rise :              - Oil : 50 K              - Winding : 55 K          No load losses at nominal voltage : 1500 Watts          Full load losses at nominal tapping : 8100 Watts          Impedance voltage at nominal tapping : 4.5 %          Off load current at nominal voltage : 2.5 %          Insulation Class : A          Sound Pressure Level at 0,3 m : 57 dB          Off Circuit tapping value : 7 Tap (+2x2.5% ; -4x2.5%)          Winding Material LV /HV : Aluminium / Aluminium</p> <table style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">High Voltage</th> <th style="text-align: center;">Low Voltage</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Highest system voltage (kV) :</td> <td style="text-align: center;">24</td> <td style="text-align: center;">1.1</td> </tr> <tr> <td>Impulse test voltage (kV) :</td> <td style="text-align: center;">125</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Applied test voltage (kV) :</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> </tbody> </table>			High Voltage	Low Voltage	Highest system voltage (kV) :	24	1.1	Impulse test voltage (kV) :	125	-	Applied test voltage (kV) :	50	3															
	High Voltage	Low Voltage																										
Highest system voltage (kV) :	24	1.1																										
Impulse test voltage (kV) :	125	-																										
Applied test voltage (kV) :	50	3																										
<p><b>C. EFFICIENCY AND VOLTAGE REGULATION</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="4">Efficiency ( % )</th> <th colspan="2">Voltage Regulation</th> </tr> <tr> <th>100% load</th> <th>75% load</th> <th>50% load</th> <th>25% load</th> <th>Volt</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pf 0.8</td> <td>98.52</td> <td>98.75</td> <td>98.91</td> <td>98.76</td> <td>386</td> <td>3.48</td> </tr> <tr> <td>Pf 1.0</td> <td>98.81</td> <td>99.00</td> <td>99.13</td> <td>99.01</td> <td>396</td> <td>1.11</td> </tr> </tbody> </table>			Efficiency ( % )				Voltage Regulation		100% load	75% load	50% load	25% load	Volt	%	Pf 0.8	98.52	98.75	98.91	98.76	386	3.48	Pf 1.0	98.81	99.00	99.13	99.01	396	1.11
	Efficiency ( % )				Voltage Regulation																							
	100% load	75% load	50% load	25% load	Volt	%																						
Pf 0.8	98.52	98.75	98.91	98.76	386	3.48																						
Pf 1.0	98.81	99.00	99.13	99.01	396	1.11																						
<p><b>D. LIST OF TEST</b></p> <p>Routine Test :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Measurement of winding resistance</li> <li>- Measurement of voltage ratio and check of phase displacement</li> <li>- Measurement of short circuit impedance and load loss</li> <li>- Measurement of no load loss and current</li> <li>- Applied potensial test</li> <li>- Induced Voltage test</li> </ul> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">* Test other than the above mentioned list needs further confirmation</p>																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: x-small;">Revision</td> <td style="font-size: x-small;">Original</td> <td style="width: 50px;"></td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Date</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Dsg.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">Chk</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="font-size: x-small;">App.</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Revision	Original		Date			Dsg.			Chk			App.			Client / project	No : TR-CNA7A4-ABAA  Page : 1/2											
Revision	Original																											
Date																												
Dsg.																												
Chk																												
App.																												

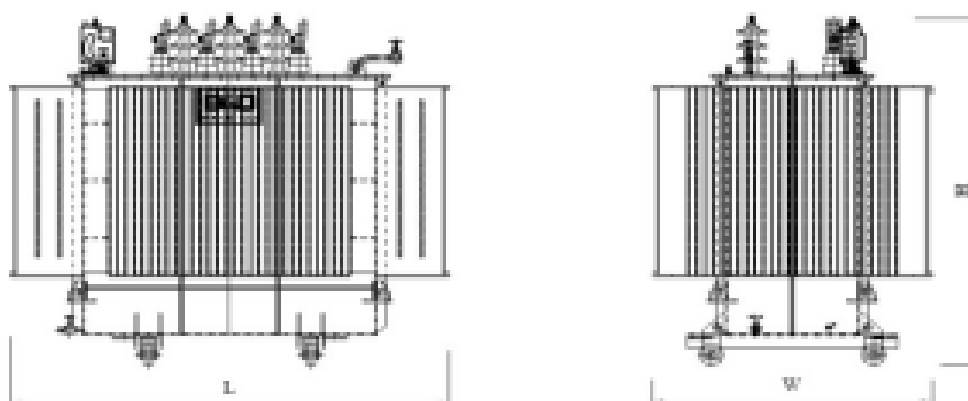
## TECHNICAL SPECIFICATIONS

Surabaya - Indonesia

### E. ACCESSORIES

- Name Plate and Rating Plate
- HV and LV Porcelain Bushings
- Oil Filling Valve
- Oil Draining Valve w/ Sampling Valve
- Lifting Lugs
- Roller w/ base
- Grounding Terminal, 2 unit
- Pressure relief valve
- DMCR

### F. VISUAL ARRANGEMENT



Colour : BS381 C632 ( Powder Coating )

### G. APPROXIMATE WEIGHTS AND DIMENSION

Total length (L)	:	1800 mm
Total width (W)	:	1200 mm
Total height (H)	:	1710 mm
Volume of oil	:	670 liter
Total weight	:	2510 kg

\* Dimension, weight & oil volume will be fixed after job order issued

### H. DEVIATIONS / EXCEPTIONS

- None

### I. NOTES

- None

Revision	Original		Client / project	No	:	TR-CHATAW-ADAA
Date				Page	:	2/2
Desg						
Chk						
App						

## LAMPIRAN D SPESIFIKASI GENSET



MODEL

# APD580T

INDUSTRIAL RANGE

Powered by DOOSAN

Bring solution to you






Note : Pictures above are for illustration purpose only

 WATER-COOLED

 THREE PHASE

 50 Hz

 DIESEL

### Generating Rates

	SERVICE	PRP	STANDBY
	<b>Power</b>	<b>kVA</b>	<b>529</b>
	<b>Power</b>	<b>KW</b>	<b>466</b>
	<b>Rated Speed</b>	r.p.m	<b>1.500</b>
	<b>Standart Voltage</b>	V	400
	<b>Available Voltage</b>	V	230 - 230/132
	<b>Rated at power factor</b>	Cos Phi	0.8

Austin Power Company with quality certification ISO 9001  
Austin Power gensets are compliant with EC mark, which includes the following directives:



#### STANDARDS:

**Genset:** GB/T2820—2009, ISO8528

**Alternator:** STAMFORD

**Diesel Engine:** DOOSAN, DP158LD

**Standby Power:** Continuous running at variable load for duration of an emergency. No overload is permitted on these ratings.

**Prime Power:** Continuous running at variable load for unlimited periods with 10% overload available for 1 hour in any 12 hour period.

#### CONFIGURATION:

**Standard:** Engine, alternator, cooling system, Base frame (excluding fuel tank), shock absorber, air inlet system, control box (including main floating charge), plastic fan blades (when the engine and water tank do not bring). **Optional:** Base frame (including fuel tank), water jacket heater, fuel water separator, fuel heater, fuel level sensor (only supporting underframe tank), switch box (with switch), power switch, the water level sensor, motor anti condensation heater, automatic fueling system (only supporting base frame including fuel tank), battery frame.

**Accessories:** Silencer, below, exhaust silencing system accessories (with the matching engine), regular battery, starting cord assembly, data of gen-set, random tool (with the matching engine).



J. Ceking Road No. 81 (Pondok RT) | Telp : 021 - 3802011 | E-mail : sales@bachgroup.co.id | www.bach.co.id



# LAMPIRAN E

## SPESIFIKASI PENGHANTAR

### N2XSEFGbY 3 x (35-300) mm<sup>2</sup> 12/20 kV kV

**Cu / XLPE / CTS / PVC / SFWA / PVC**

(Copper Conductor, XLPE Insulated, Copper Tape Screen, Galvanized Steel Flat Wire Armor, PVC Sheathed)  
Standard Specification : IEC 60502-2

#### Construction Data

Nom. Cross Section Area	Overall Diameter	Cable Weight
mm <sup>2</sup>	mm	kg/km
35	56.5	4.624
50	59.0	5.185
70	63.0	6.194
95	66.5	7.276
120	70.0	8.318
150	74.0	9.516
185	78.0	10.991
240	83.5	13.150
300	88.5	15.374

**Application :**  
For installation in the ground, indoors, cable tunneling and outdoors. If increased mechanical protection is required or where high-pulling stresses may occur during installation or operation.

- Special Features on Request**
- Oil Resistance
  - UV Resistance
  - Flame Retardant Cat. A, B, C
  - Flame Retardant Non Category
  - Anti-Termites
  - Anti-Rodent
  - Low Smoke Zero Halogen



**Note :**  
**Conductor Shape**  
35 - 300 sqmm supplied in compacted circular stranded (pc) conductor shape

**Standard Packing**  
35 - 300 sqmm will be supplied in wooden drum on available length  
Length Tolerance per drum ± 2%

#### Electrical Data

Nom. Cross Sect. (mm <sup>2</sup> )	Conductor		Inductance (mH/km)	Current - Carrying Capacity at 30° C *		Short circuit current at 1 sec.	
	DC Resistance at 20°C	AC Resistance at 90°C		In air	In ground	Conductor	Screen
35	0.534	0.668	0.395	190	174	5.01	1.53
50	0.387	0.494	0.379	230	205	7.15	1.69
70	0.299	0.340	0.357	280	250	10.51	1.83
<b>95</b>	<b>0.193</b>	<b>0.247</b>	<b>0.341</b>	<b>336</b>	<b>298</b>	<b>13.69</b>	<b>1.87</b>
120	0.153	0.196	0.308	387	338	17.16	1.87
150	0.124	0.159	0.318	437	377	21.45	1.87
185	0.0991	0.128	0.308	496	424	26.46	1.87
240	0.0754	0.098	0.296	570	488	34.33	1.87
300	0.0601	0.079	0.287	635	546	42.90	1.87

\* Further information about rating factor for certain cable arrangement can be found in supplementary technical literature

# N2XSy 1 x (35-630) mm<sup>2</sup> 12/20 kV

## Cu / XLPE / CTS / PVC

(Copper Conductor, XLPE Insulated, Copper Tape Screen, PVC Sheathed)

Standard Specification : IEC 60502-2

### Construction Data

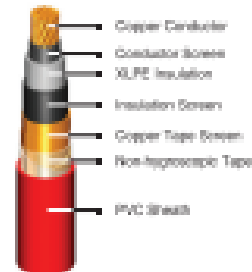
Nom. Cross Section Area	Overall Diameter	Cable Weight
	approx.	approx.
mm <sup>2</sup>	mm	kg/km
35	24.5	694
50	25.5	994
70	27.5	1,238
95	29.0	1,518
120	30.5	1,798
150	32.0	2,078
185	34.0	2,414
240	36.5	3,004
300	38.5	3,595
400	42.0	4,447
500	45.5	5,323
630	49.0	6,926

#### Application :

For power stations and switchgear as well as stations because of small bending radii in confined spaces indoors. As underground because of light weight where installation conditions are difficult.

#### Special Features on Request

- Fire Resistance
- Oil Resistance
- UV Resistance
- Flame Retardant Cat. A, B, C
- Flame Retardant Non-Category
- Anti Termite
- Anti Rodent
- Low Smoke Zero Halogen
- Nylon Coated



#### Note :

##### Conductor Shape

35 - 400 sqmm supplied in compacted circular stranded (csc) conductor shape

##### Standard Packing

35 - 300 sqmm supplied in wooden drum of 1000 m

400 - 630 sqmm will be supplied in wooden drum on available length

Length Tolerance per drum ± 2%

### Electrical Data

Nom. Cross Sect. (mm <sup>2</sup> )	Conductor		Inductance		Current - Carrying Capacity at 30° C <sup>1</sup>				Short-circuit current at 1 sec	
	DC Resistance at 20°C	AC Resistance at 90°C	Tribal formation	Flat formation	in air		in ground		Conductor	Screen
					Max. (A)	Max. (A)	Max. (A)	Max. (A)		
35	0.524	0.566	0.432	0.478	200	182	204	186	5.01	1.14
50	0.387	0.464	0.413	0.459	238	214	243	219	7.15	1.14
70	0.298	0.343	0.390	0.437	287	260	304	269	10.01	1.14
95	0.233	0.247	0.373	0.419	361	314	368	321	13.59	1.14
120	0.193	0.196	0.360	0.407	416	357	427	365	17.16	1.14
150	0.154	0.159	0.348	0.394	474	401	486	410	21.45	1.14
185	0.0991	0.128	0.337	0.384	542	452	558	462	26.46	1.14
240	0.0754	0.098	0.325	0.371	641	524	657	536	34.32	1.14
300	0.0601	0.079	0.315	0.361	735	590	753	604	43.90	1.14
400	0.0470	0.063	0.304	0.350	855	670	876	686	57.20	1.14
500	0.0368	0.051	0.294	0.341	987	759	1011	775	71.50	1.14
630	0.0283	0.041	0.286	0.332	1133	853	1160	871	95.09	1.14

<sup>1</sup> Further information about rating factor for certain cable arrangement can be found on supplementary technical information



www.gtkabel.com

PT GPK Kabelmetal Tbk reserves the right to change the data without notice, price indication

# NYA 1.5 - 400 mm<sup>2</sup> 450/750 V

## Cu / PVC

(Copper Conductor, PVC Insulated)  
Standard Specification : IEC60227-1

### Construction Data

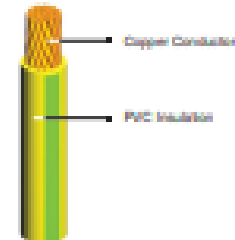
Nom. Cross Section Area	Overall Diameter	Cable Weight
	approx. mm	approx. kg/km
1.5	3.1	22
2.5	3.7	34
4	4.3	50
6	4.8	70
10	6.2	117
16	7.2	173
25	9.0	277
35	10.1	368
50	12.1	513
70	13.8	709
95	16.0	958
120	17.6	1,183
150	19.5	1,448
185	22.0	1,825
240	25.5	2,413
300	28.0	2,958
400	31.5	3,789

#### Application :

For building wire installed in conduit in dry location and terminating in switch board and control panel.

#### Special Features on Request :

- Fire Resistance
- Oil Resistance
- Flame Retardant Cat. A, B, C
- Flame Retardant Non Category
- Heat Resistance
- Nylon Coated



#### Note :

##### Conductor Strips

1.5 - 10 sqmm supplied in solid (se) or non compacted circular stranded (ms) conductor shape

16 - 400 sqmm supplied in non compacted circular stranded (ms) conductor shape

##### Standard Packing

1.5 - 16 sqmm supplied in coil @ 100 m

20 - 400 sqmm supplied in wooden drum @ 1000 m

Length Tolerance per drum ± 2%

### Electrical Data

Nom. Cross Sect. (mm <sup>2</sup> )	Conductor		Insulation	Inductance (mH/km)	Current - Carrying Capacity at 30°C <sup>1</sup>		Short circuit current at 1 sec (kA)
	DC Resistance at 20°C	AC Resistance at 70°C	Insulation Resistance at 70°C		In pipe	In air	
	Max. (Ω/km)	Max. (Ω/km)	Min. (MΩ.km)	Max. (A)	Max. (A)		
1.5	12.1	14.478	0.0100	0.320	15	24	0.17
2.5	7.41	8.886	0.0090	0.309	19	32	0.29
4	4.61	5.516	0.0077	0.290	25	42	0.46
6	3.08	3.685	0.0065	0.276	33	54	0.69
10	1.83	2.193	0.0055	0.274	45	73	1.12
16	1.15	1.378	0.0050	0.260	61	98	1.88
25	0.737	0.870	0.0050	0.257	83	129	2.89
35	0.524	0.627	0.0040	0.249	103	158	4.03
50	0.387	0.464	0.0045	0.248	132	197	5.75
70	0.288	0.321	0.0035	0.240	165	245	8.05
95	0.193	0.232	0.0035	0.239	207	293	10.93
120	0.153	0.184	0.0032	0.235	255	345	13.88
150	0.124	0.150	0.0032	0.235	-	390	17.35
185	0.0991	0.121	0.0032	0.235	-	445	21.28
240	0.0754	0.093	0.0032	0.233	-	525	27.66
300	0.0601	0.075	0.0030	0.232	-	605	34.59
400	0.0470	0.060	0.0028	0.231	-	725	41.20

<sup>1</sup> Further information about rating factor for certain cable arrangement can be found in supplementary technical information



www.gkabel.com

© 2017 Kabel Indonesia. All reserved. Right to change the data without prior notification.

# NYM 3 x (1.5 - 35) mm<sup>2</sup> 300/500 V

**Cu / PVC / PVC**

(Copper Conductor, PVC Insulated, PVC Sheathed)

Standard Specification : IEC 60227-4 : 1997

## Construction Data

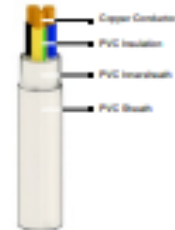
Nom. Cross Section Area	Overall Diameter	Cable Weight
	approx. mm	approx. kg/km
1.5	10.0	136
2.5	11.0	186
4	12.0	246
6	13.5	325
10	17.0	527
16	20.5	816
25	24.5	1,229
35	27.5	1,661

### APPLICATION :

For building wire installed in conduit in dry location and interwiring in switch board and control panel, inherently flame resistant in compliance with IEC 60332-1.

### Special Features on Request

- Fire Resistance
- Oil Resistance
- Flame Retardant Cat. A, B, C
- Heat Resistance
- Nylon Coated



### Note:

#### Conductor Shaped

1.5 - 10 sqmm supplied in solid (st) or non compacted circular stranded (str) conductor shape  
16 - 35 sqmm supplied in non compacted circular stranded (str) conductor shape

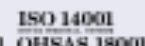
#### Standard Packing

1.5 - 4 sqmm supplied in coil @ 100 m or in wooden drum @ 1000/2000 m  
6 - 35 sqmm supplied in wooden drum @ 1000 m  
Length tolerance per drum ±2%.

## Electrical Data

Nom. Cross Sect. (mm <sup>2</sup> )	Conductor		Insulation	Inductance (mH/km)	Current-Carrying Capacity at 30°C <sup>1</sup> in air (A)	Short circuit current at 1 sec (kA)
	DC Resistance at 20°C	AC Resistance at 70°C	Insulation Resistance at 70°C			
	Max. (Ω/km)	Max. (Ω/km)	Min. (M.Ω/km)			
1.5	12.1	14.478	0.010	0.329	19	0.17
2.5	7.41	8.966	0.009	0.318	25	0.28
4	4.61	5.516	0.007	0.297	34	0.46
6	3.08	3.685	0.005	0.281	44	0.69
10	1.83	2.190	0.003	0.278	61	1.15
16	1.15	1.376	0.002	0.255	82	1.84
25	0.727	0.870	0.001	0.252	108	2.88
35	0.524	0.627	0.001	0.244	134	4.03

<sup>1</sup> Further information about rating factor for certain cable arrangement can be found in supplementary technical information



www.kmi.co.id

# NYN 1 x (1.5-800) mm<sup>2</sup> 0.6/1 kV

## Cu / PVC / PVC

(Copper Conductor, PVC Insulated, PVC Sheathed)

Standard Specification : IEC 60502-1

### Construction Data

Nom. Cross Section Area	Overall Diameter	Cable Weight
	approx.	approx.
mm <sup>2</sup>	mm	kg/km
1.5	6.1	53
2.5	6.6	67
4	7.6	94
6	8.1	117
10	9.1	166
16	10.1	229
25	11.9	345
35	13.0	444
50	15.0	600
70	16.9	815
95	19.1	1,079
120	21.0	1,325
150	23.0	1,604
185	25.5	2,090
240	29.0	2,626
300	32.0	3,219
400	35.5	4,087
500	38.5	5,213
630	44.0	6,712
800	48.5	8,368

#### Application :

Power cable : indoors, cable trunking, outdoors and buried in the ground, for power stations, industry and switching as well as for urban supply networks, if mechanical damage is unlikely.

#### Special Features on Request :

- Fire Resistance
- Oil Resistance
- UV Resistance
- Flame Retardant Cat. A, B, C
- Flame Retardant Non Category
- Heat Resistance
- Anti Termit
- Anti Rodent
- Low Smoke Zero Halogen
- Nylon Coated



#### Note :

##### Conductor Shape

1.5 - 10 sqmm supplied in solid (st) or non compacted circular stranded (st)  
 16 sqmm supplied in non compacted circular stranded (st) conductor shape  
 25 - 800 sqmm supplied in non compacted circular stranded (st) or compacted circular stranded (st) conductor shape

##### Standard Packing

1.5 - 10 sqmm supplied in coil @ 100 m  
 16 - 300 sqmm supplied in wooden drum @ 100 m  
 400 - 800 sqmm supplied in wooden drum on available length  
 Length Tolerance per drum ± 2%

### Electrical Data

Nom. Cross Sect. (mm <sup>2</sup> )	Conductor		Inductance		Current - Carrying Capacity at 30° C <sup>1</sup>				Short circuit current at 1 sec Max. (kA)
	DC Resistance at 20°C Max. (Ω/km)	AC Resistance at 70°C Max. (Ω/km)	Trefoil formation	Flat formation	in air		in ground		
			(mH/km)	(mH/km)	Max. (A)	Max. (A)	Max. (A)	Max. (A)	
1.5	12.1	14.478	0.459	0.505	21	27	21	27	0.17
2.5	7.41	8.886	0.423	0.470	27	35	28	35	0.29
4	4.61	5.516	0.404	0.450	37	46	38	46	0.46
6	3.08	3.685	0.380	0.426	46	57	48	57	0.68
10	1.83	2.190	0.350	0.396	64	76	65	76	1.15
16	1.15	1.376	0.327	0.374	84	98	87	97	1.84
25	0.727	0.870	0.312	0.358	114	127	117	125	2.88
35	0.524	0.627	0.299	0.345	140	152	144	150	4.03
50	0.387	0.464	0.290	0.336	172	180	177	178	5.75
70	0.268	0.321	0.280	0.326	218	220	225	218	8.05
95	0.193	0.232	0.276	0.321	270	264	276	280	10.93
120	0.153	0.184	0.269	0.315	315	300	325	316	13.80
150	0.124	0.150	0.266	0.312	360	336	373	331	17.25
185	0.0991	0.121	0.264	0.310	420	379	433	374	21.28
240	0.0754	0.092	0.261	0.307	500	439	518	432	27.80
300	0.0601	0.075	0.258	0.305	580	494	596	486	36.50
400	0.0470	0.061	0.256	0.302	674	558	695	549	47.20
500	0.0366	0.049	0.252	0.299	781	629	806	618	61.50
630	0.0282	0.041	0.247	0.292	901	704	920	682	84.89
800	0.0221	0.035	0.242	0.289	1038	775	1062	762	112.40

<sup>1</sup> Further information about rating factor for various cable arrangement can be found in supplementary technical information



www.gkabel.com

PT Gf Kabel Indonesia Tbk reserves the right to change the data content without prior notification

1-0223-01 / Rev. 0.01 / 2008

# NYY 3 x (1.5-400) mm<sup>2</sup> 0.6/1 kV

Cu / PVC / PVC

(Copper Conductor, PVC Insulated, PVC Sheathed)

Standard Specification : IEC 60502-1

## Construction Data

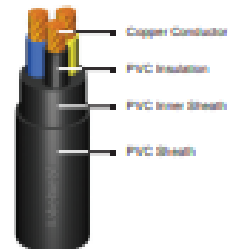
Nom. Cross Section Area	Overall Diameter	Cable Weight
	approx. mm	approx. kg/km
1.5	13.0	204
2.5	14.0	277
4	16.1	360
6	17.3	471
10	19.4	649
16	22.0	875
25	25.0	1,248
35	27.5	1,606
50	30.0	1,857
70	34.0	2,556
95	38.5	3,428
120	41.5	4,132
150	46.0	5,115
185	50.5	6,330
240	57.0	8,215
300	62.5	10,116
400	69.0	12,765

### Application :

Power cable : indoors, cable trunking, outdoors and buried in the ground, for power stations, industry and switchgear as well as for urban supply networks, if mechanical damage is unlikely.

### Special Features on Request :

- Fire Resistance
- Oil Resistance
- UV Resistance
- Flame Retardant Cat. A, B, C
- Flame Retardant Non Category
- Heat Resistance
- Anti Termites
- Anti Rodent
- Low Smoke Zero Halogen
- Nylon Coated



### Note :

#### Conductor Shape

1.5 - 10 sqmm supplied in solid (st) or non compacted circular stranded (st) conductor shape

16 sqmm supplied in non compacted circular stranded (st) conductor shape

25 - 35 sqmm supplied in compacted circular stranded (st) conductor shape

50 - 400 sqmm supplied in sector shaped stranded (st) conductor

#### Standard Packing

1.5 - 60 sqmm supplied in wooden drum of 1000 m

100 - 400 sqmm will be supplied in wooden drum on available length

Length Tolerance per drum ± 2%

## Electrical Data

Nom. Cross Sect. (mm <sup>2</sup> )	Conductor		Inductance (mH/km)	Current - Carrying Capacity at 30°C *		Short circuit current at 1 sec (kA)
	DC Resistance at 20°C	AC Resistance at 70°C		Capacity at 30°C *		
	Max. (Ω/km)	Max. (Ω/km)		in air (A)	in ground (A)	
1.5	12.1	14.476	0.328	19	20	0.17
2.5	7.41	9.666	0.304	26	31	0.28
4	4.61	5.516	0.303	34	40	0.46
6	3.08	3.685	0.308	44	50	0.60
10	1.83	2.190	0.309	60	68	1.15
16	1.15	1.376	0.322	79	88	1.84
25	0.727	0.870	0.322	105	114	2.68
35	0.524	0.627	0.346	129	137	4.03
50	0.387	0.464	0.347	162	168	5.75
70	0.288	0.321	0.328	203	206	8.85
95	0.193	0.232	0.328	250	247	10.93
120	0.153	0.184	0.320	289	281	13.80
150	0.124	0.150	0.320	320	315	17.20
185	0.0981	0.121	0.320	361	350	21.28
240	0.0754	0.093	0.322	421	412	27.60
300	0.0621	0.075	0.321	517	484	34.20
400	0.0470	0.060	0.329	594	524	41.20

\* Further information about rating factor for certain cable arrangement can be found in supplementary technical information



www.gkabel.com

PT GKI Kabel Indonesia. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without prior permission.

14205-03 Rev. 03/2006

# NYY 4 x (1.5-400) mm<sup>2</sup> 0.6/1 kV

Cu / PVC / PVC

(Copper Conductor, PVC Insulated, PVC Sheathed)  
Standard Specification : IEC 60502-1

## Construction Data

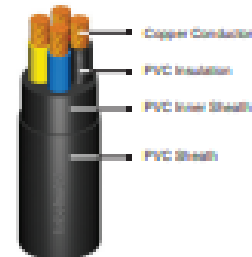
Nom. Cross Section Area	Overall Diameter	Cable Weight
	approx.	approx.
mm <sup>2</sup>	mm	kg/km
1.5	13.8	258
2.5	15.0	324
4	17.3	453
6	18.7	583
10	21.5	794
16	23.5	1,060
25	27.5	1,558
35	30.0	2,018
50	35.5	2,468
70	39.0	3,334
95	44.5	4,491
120	48.5	5,504
150	54.5	6,797
185	59.0	8,390
240	66.0	10,818
300	73.5	13,326
400	82.5	18,969

### Application :

Power cable : indoors, cable tunnel, outdoors and buried in the ground, for power stations, industry and switchgear as well as for urban supply networks, if mechanical damage is unlikely.

### Special Features on Request :

- Fire Resistance
- Oil Resistance
- UV Resistance
- Flame Retardant Cat. A, B, C
- Flame Retardant Non Category
- Heat Resistance
- Anti Termites
- Anti Rats
- Low Smoke Zero Halogen
- Nylon Coated



### Note :

#### Conductor Shape

1.5 - 10 sqmm supplied in solid (re) or non compacted circular stranded (re) conductor shape  
16 sqmm supplied in non compacted circular stranded (re) conductor shape  
25 - 35 sqmm supplied in compacted circular stranded (re) conductor shape  
50 - 400 sqmm supplied in sector shaped stranded (re) conductor

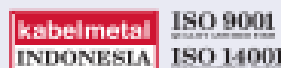
#### Standard Packing

1.5 - 70 sqmm supplied in wooden drum ØP 1000 in  
80 - 400 sqmm will be supplied in wooden drum on available length  
Length Tolerance per drum ± 2%

## Electrical Data

Nom. Cross Sect. (mm <sup>2</sup> )	Conductor		Inductance (mH/km)	Current - Carrying Capacity at 30°C *		Short circuit current at 1 sec. Max. (kA)
	DC Resistance at 20°C	AC Resistance at 70°C		at 30°C *		
				in air	in ground	
Max. (Ω/km)	Max. (Ω/km)	Max. (A)	Max. (A)			
1.5	12.1	14.478	0.328	32	27	0.17
2.5	7.41	8.886	0.304	39	35	0.29
4	4.61	5.516	0.303	39	46	0.46
6	3.08	3.685	0.288	50	37	0.69
10	1.83	2.190	0.269	68	57	1.15
16	1.15	1.376	0.255	90	69	1.64
25	0.727	0.870	0.235	121	108	2.88
35	0.524	0.627	0.246	149	154	4.03
50	0.387	0.464	0.247	173	173	5.75
70	0.268	0.321	0.238	215	212	8.05
95	0.193	0.232	0.238	268	252	10.93
120	0.153	0.184	0.233	308	289	13.80
150	0.124	0.150	0.233	327	327	17.25
185	0.0991	0.121	0.233	405	368	21.28
240	0.0754	0.090	0.232	482	425	27.60
300	0.0601	0.075	0.231	552	478	34.50
400	0.0470	0.060	0.229	643	545	41.20

\*Further information about ratings can be found in applicable standards and/or supplementary technical information



www.gkabel.com

PT. ST Kabel Indonesia Tbk reserves the right to change the data content without prior notification

14205/04 Rev. 01/2009

## LAMPIRAN F

**Standar persentase pembebanan trafo berdasarkan di Surat Edaran Direksi**

**PT. PLN (Persero) Nomor: 0017.E/DIR/2014**

Tabel 7. Matriks *online assessment* tier-1 pada trafo distribusi.

Charac. Group	Characteristic	Health Index			
		Baik	Cukup	Kurang	Buruk
Visual Inspection	Kebocoran Minyak Trafo	Bersih	Packing retak	Packing retak /berminyak	Rembes/ Tetes
	Kondisi Fisik Trafo	Mulus	Cacat sirip minor	Cacat sirip major	Bengkak
	Pembumian Trafo	$< 1,7 \Omega$	$1,7 \Omega - < 5 \Omega$	$5 \Omega - < 10 \Omega$	$\geq 10 \Omega$
	Kesesuaian Ampere Fuse TR	Sesuai standar	Deviasi 1 tingkat di atas standar	Deviasi 2 tingkat di atas standar	Fuse TR tidak ada (by pass)
	Kondisi Low Voltage Switch Board (LVSB)	Boks bersih, instalasi rapi	Boks kotor, instalasi rapi	Boks karatan, instalasi rapi	Boks bocor, instalasi buruk
Load Reading and Profiling	Pembebanan Arus TR (% thp KHA Outlet)	$< 60 \%$	$60 \%$ - $< 80 \%$	$80 \%$ - $< 100 \%$	$\geq 100 \%$
	Ketidakeimbangan Arus antar Fasa	$< 10 \%$	$10 \%$ - $< 20 \%$	$20 \%$ - $< 25 \%$	$\geq 25 \%$
	Besar arus netral TR (% terhadap arus beban trafo)	$< 10 \%$	$10 \%$ - $< 15 \%$	$15 \%$ - $< 20 \%$	$\geq 20 \%$
	Pembebanan Trafo (% terhadap kapasitas)	$< 60 \%$	$60 \%$ - $< 80 \%$	$80 \%$ - $< 100 \%$	$\geq 100 \%$