I Made Gde Dharma Wirama

by - -

Submission date: 07-Mar-2024 10:30AM (UTC+0700)
Submission ID: 2313090026
File name: I_MADE_GDE_DHARMA_WIRAMA_2114227011_SKRIPSI.docx (5.19M)
Word count: 13432
Character count: 80416

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 simulasi seperti Software Electrical Transient Analysis Program (ETAP) menjadi lebih praktis, karena ETAP adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mensimulasikan jaringan tenaga listrik.

Program ETAP (*Electrical Transient Analyzer 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 banguna 9000 m^2 yang memeiliki 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 menujang bagi kenyamanan pasienya. 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 distristribusi yang tersebar di beberapa area sebagai tempat pemusatan penyaluran energi di tiap bebannya.

Untuk merencanakan suatu sistem yang optimal tim perencana pastinya telah malakukan 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	- Mengetahui kondisi sistem dengan acuan data perencanaan pembangunan gedung - Penelitian dilakukan saat kondisi bangunan belum digunakan - Fokus dalam mengetahui efisiensi perencanaan dalam merencanakan suatu sistem kelistrikan gedung
2	Estimasi Rugi Daya Chiller Pada Gedung SCTV Tower Dengan Aplikasi ETAP Power Station	2023	Mengetahui potensi rugi – rugi daya dan tegangan pada sistem chiller jika di runing	- Mengetahui kondisi sistem dengan acuan data perencanaan pembangunan gedung - Penelitian dilakukan saat

				kondisi bangunan belum digunakan - Fokus dalam mengetahui efisiensi perencanaan dalam merencanakan suatu sistem kelistrikan gedung
3.	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)	2020	Mengetahui penyebab dari sering terjadinya trip pada laboratorium kampus, dengan memeriksa kapasitas dari breaker yang digunakan dan rugi – rugi yang terjadi pada banguna tersebut	- Mengetahui kondisi sistem dengan acuan data perencanaan pembangunan gedung - Penelitian dilakukan saat kondisi bangunan belum digunakan - Fokus dalam mengetahui efisiensi perencanaan dalam merencanakan suatu sistem kelistrikan gedung

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 1 : Pendahuluan, memuat tentang latar belakang penelitian, perumusan dan batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika dari penulisan tugas akhir.

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 LVMDP 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.

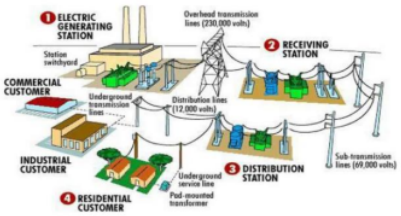
.

BAB II

LANDASAN TEORI

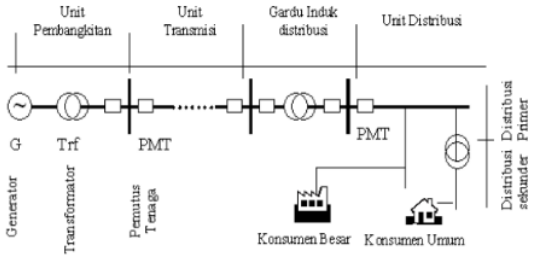
2.1 Sistem Tenaga Listrik

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

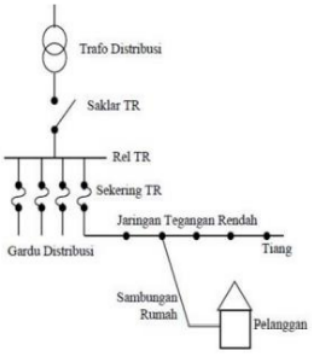
Sebuah sistem tenaga listrik terdiri dari komponen dasar seperti generator, transformator, saluran transmisi, dan beban. Dalam rangka menganalisis sistem tenaga ini, diperlukan suatu gambaran grafis yang dapat merepresentasikan setiap komponen tersebut. Diagram yang umum digunakan untuk tujuan ini termasuk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

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. Persentase Pembebanan Transformator

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

$$S = \sqrt{3}.\ V.I\ (VA) \qquad (2.1)$$

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.

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}.V} \qquad (2.2)$$

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.

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

Dimana :

V = Tegangan

Irata-rata = Arus rata-rata

Rumus untuk menghitung I rata-rata adalah.

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{Ir + Is + It}{3} \qquad (2.4)$$

Dimana :

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

I = arus beban penuh (A)

Ir = arus fasa R (A)

Is = arus fasa S (A)

It = arus fasa T (A)

3. Efisiensi Transformator

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

$$\%\eta = \frac{Daya\ Output\ (W)}{Daya\ Input\ (W)} \; x \; 100\ \% \qquad (2.5)$$

$$\%\eta = \frac{Daya\ Output\ (W)}{Daya\ Output\ (W) + Losses\ (W)} \; x \; 100\ \% \qquad (2.6)$$

$$\%\eta = \frac{Daya\ Output\ (W)}{Daya\ Output\ (W) + Rugi\ Inti\ (W) + Rugi\ Tembaga} \; x \; 100\ \% \qquad (2.7)$$

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].

$$kVA_{efisiensi\ maksimum} = kVA_{rated} \times \sqrt{(Pi/Pcu)} \quad (2.8)$$

Total rugi tembaga (Pcu) pada trafo tiga fasa dapat ditentukan dengan persamaan.

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

Dimana :

Pcu = rugi tembaga total (W)

I_2 = arus nominal sisi sekunder (A)

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

Apabila beban antar fasa tidak sama maka digunakan persamaan.

$$Pcu = (IR_2 + IS_2 + IT_2) \times R_{02} \quad (2.10)$$

$$Pcu = ((IR_2 \times R_{02}) + (IS_2 \times R_{02}) + (IT_2 \times R_{02}) \quad (2.11)$$

Dimana :

Pcu = rugi tembaga total (W)

IR = arus fasa R sisi sekunder (A)

IS = arus fasa R sisi sekunder (A)

IT = arus fasa R 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.

$$Pt_2 = (S_2/S_1)\ 2 \times Pt_1 \quad (2.12)$$

Dimana :

Pt_2 = rugi-rugi tembaga pada saat pembebanan

Pt_1 = rugi-rugi tembaga beban penuh

S_2 = beban yang dioperasikan

S_1 = nilai pengena

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

$$\%\eta = \frac{Daya\ Output\ (W)}{Daya\ Output\ (W) + Rugi\ Daya\ total(W)}\ x\ 100\ \% \qquad (2.13)$$

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

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];

$$Qc = Q1 - Q2 \tag{2.15}$$

Dimana :

Qc = Nilai kVAR yang perlu ditambahkan

Q1 = Nilai kVAR ketika Faktor Daya Standar

Q2 = Nilai kVAR dengan Faktor

2.5 Genset (Generator Set)

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] ;

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

Kemudian dalam menentukan kapasitas GENSET menggunakan rumus sebagai berikut;

Kapasitas daya = DF x Beban total terpasang x Faktor keamanan trafo

Kapasitas daya = DF x Beban total terpasang x 125% (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].

1. LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*)

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

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

2. SDP (Sub Distribution Panel)

Panel Sub Distribution (SDP), yang sering dikenal sebagai sub panel, berperan sebagai penerima daya dari saluran keluar panel utama atau LVMDP. Daya yang diterima dari LVMDP akan dialirkan ke panel-panel lain sesuai dengan perencanaan instalasi listrik yang ada [10].

Gambar 2.8 SDP (*Sub Distribution Panel*)

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].

1. Jenis Kabel Instalasi Listrik Tegangan Rendah

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].

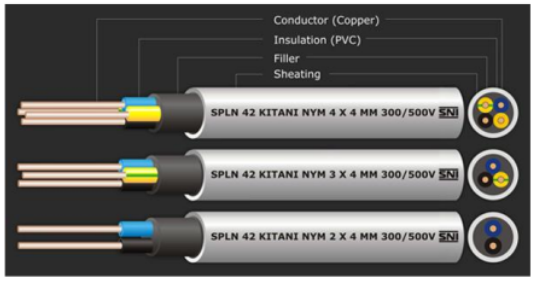
a. Kabel NYA

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 isoalasi mudah luka karena gesekan, maupun gigitan tikus atau gencetan. Dalam pemasangan jenis kabel ini perlu dimasukan ke dalam suatu konduit 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 konduit, kecuali jika kabel ditempatkan dalam dinding. Meskipun kabel ini dirancang untuk penggunaan dalam ruangan, penggunaan konduit dapat dipertimbangkan jika akan dipasang di luar ruangan.

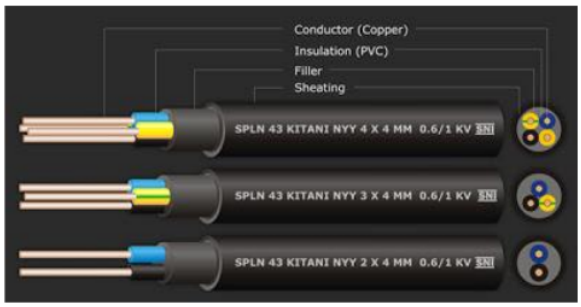


Gambar 2.10 Kabel NYM

c. Kabel NYY

Kabel NYY memiliki ciri khas berwarna hitam dan memiliki dua lapisan isolasi PVC yang membuatnya sangat tahan terhadap tekanan dan kelembaban.

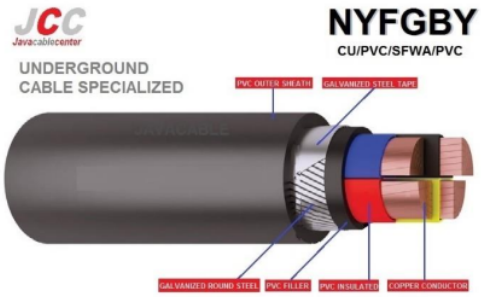
Karena keunggulan ini, kabel NYY dapat dipasang di luar ruangan, bahkan bisa ditanam di dalam tanah. Meskipun memiliki keunggulan tersebut, dari segi ekonomi, jenis kabel ini cenderung lebih mahal dibandingkan dengan dua jenis kabel sebelumnya.



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 (*polyvinyl chloride*) 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
-1	Kabel dengan system pengenal warna urat dengan hijau – kuning
-0	Kabel dengan system pengenal 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 pengenal beban penuh. Adapun perumusan untuk mencari nilai KHA dapat menggunakan persamaan sebagai berikut [11]

$$KHA = 125\ \% \times In \qquad (2.18)$$

Dimana :

KHA = Kemampuan Hantar Arus (A)

In = Arus Nominal (A)

Nilai In dapat ditentukan dengan persamaan.

$$In = P/(V \times 1{,}73 \times \cos\varphi) \qquad (2.19)$$

Dimana :

P = Daya (W)

V = Tegangan Fasa-fasa (V)

Cos φ = 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											
A1		Tiga PVC	Dua PVC		Tiga XLPE	Dua XLPE						
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^2)												
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 dikonsuktasikan untuk menentukan julat ukuran konduktor yang KHA dapat diterapkan, untuk setiap metode instalasi.

2.8 Pengaman Arus Listrik

1. MCB (*Miniature Circuit Breaker)*

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 MCB (*Miniature Circuit Breaker)*

2. MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker)*

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 MCCB *(Moulded Case Circuit Breaker)*

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]

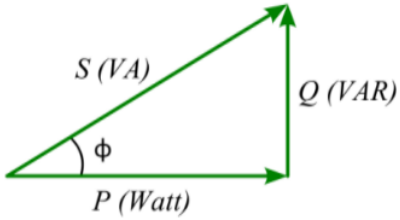
$$Daya\ Listrik = \frac{energi}{waktu} = \frac{energi\ (joule)}{muatan\ (cuolomb)}\ x\ \frac{muatan\ (cuolomb)}{waktu\ (\mathrm{sec})} \tag{2.20}$$

$$= Tegangan\ x\ arus$$

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 x 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 (Vrms), arus efektif (Irms), dan faktor daya (PF) dengan satuan Watt [13].

$$P = V_{eff} \; x \; I_{eff} \; x \cos \varphi \qquad (2.21)$$

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 sinφ[13].

$$Q = V_{eff} \; x \; I_{eff} \; x \sin\varphi \qquad (2.22)$$

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:

$$S = V_{eff}\ x\ I_{eff} \tag{2.23}$$

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

$$\boldsymbol{S = V_{L-N}\ x\ I \qquad (VA)} \tag{2.24}$$

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

Analisis rugi daya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\boldsymbol{\Delta P = I^2{}_{beban}\ x\ R} \tag{2.26}$$

Dengan :

$$\%\ \boldsymbol{\Delta P = \frac{\Delta P}{P}\ x\ 100}\ \% \tag{2.27}$$

Dimana :

ΔP	: rugi-rugi daya total (Watt)
I beban	: arus (A)
R	: resistensi saluran (Ω)
Cos φ	: 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 :

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

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 :

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

Dimana :

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

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

3. Analisis Aliran Daya

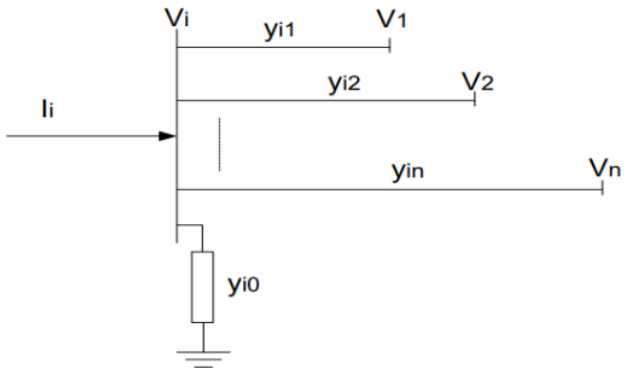
Dalam analisis aliran daya terdapat empat buah besaran pada masing-masing bus jaringan yang ditinjau dan memegang peranan yaitu [17];

1) Daya aktif P (active power)
2) Daya reaktif Q (reactive power)
3) Harga saklar tegangan |V| (magnitude)
4) Sudut fase tegangan θ (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 phi ekivalen 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]:

$$\boldsymbol{P = \sqrt{3}\ x\ V_{L-L}\ x\ (\ I_R + I_S + I_T\ )\ x\ cos\ cos\ \varphi}$$

(2.27)

Analisis rugi daya dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\boldsymbol{\Delta P = I^2{}_{beban}\ x\ R} \qquad (2.30)$$

Dengan :

$$\%\ \boldsymbol{\Delta P = \frac{\Delta P}{P}\ x\ 100}\ \% \qquad (2.31)$$

Dimana :

ΔP : rugi-rugi daya total (Watt)

I_{beban} : arus (A)

R : resistensi saluran (Ω)

Cos φ : 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 Vd dalam suatu penghantar yang memiliki impedansi (Z) dan membawa arus (I) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\boldsymbol{Vd = I\ x\ Z} \tag{2.32}$$

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

$$\boldsymbol{\Delta V = (Vk) - (VT)} \tag{2.33}$$

Karena adanya resistansi dalam penghantar, tegangan yang diterima oleh konsumen (Vr) akan lebih rendah daripada tegangan yang dikirimkan (Vs). 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 VR (*voltage regulation*) dan dapat dihitung dengan rumus tertentu

$$V_R\ (\%) = \frac{Vs - Vr}{Vr}\ x\ 100\% \qquad (2.34)$$

Vs = tegangan pada pangkal pengiriman

Vr = 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 φ) berkisar antara 0,6 hingga 0,85. Tegangan dapat dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan sebagai berikut.

$$\Delta V = I\ (R.\cos\varphi\ +\ X\ .\sin\varphi\ )L \qquad (2.35)$$

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 fisik nya, 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 elektris 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:

a. "*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.

b. "*Update Cable Load Current*" adalah ikon toolbar yang memungkinkan pengguna untuk mengubah kapasitas arus pada kabel sebelum menjalankan perhitungan aliran daya.

c. "*Display Option*" adalah bagian tombol yang digunakan untuk menampilkan hasil perhitungan aliran daya.

d. "*Alert*" adalah ikon yang digunakan untuk menampilkan batasan kritis dan marginal dari hasil keluaran aliran daya dalam sistem distribusi tenaga listrik.

e. "*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 sepintas 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

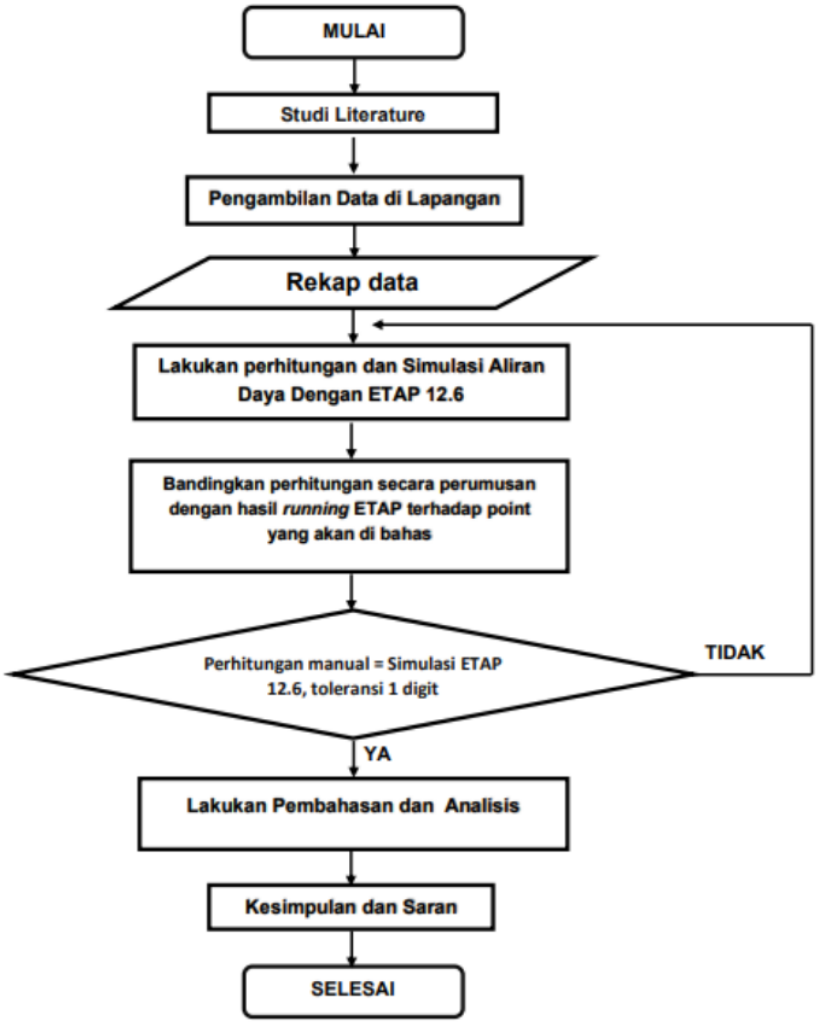
Metode dokumentasi merupakan metode untuk mendapatkan data dengan cara mencatat data-data yang sudah ada dan berkaitan dengan permasalahan yang ingin dibahas [19]. Dalam perencanaan sistem kelistrikan pada Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Data yang dimaksud dan berkaitan dengan masalah yang akan dibahas 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 tugas akhir, 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

3.3 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 Hermia Pasuruan menggunakan persamaan 2.3, 2.4 yaitu ;

$$\% \textbf{ Pembebanan} = \frac{V \; x \; I_{rata-rata} \; x \; \sqrt{3}}{Daya\,Transformator} \; x \; 100\%$$

Rumus untuk menghitung I rata-rata adalah:

$$\mathbf{I}_{\text{rata-rata}} = \frac{Ir+Is+It}{3}$$

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

$$V_R \; (\%) = \frac{Vs-Vr}{Vr} \; x \; 100\%$$

Dimana :

Vs= tegangan pada pangkal pengiriman

Vr= 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 :

$$\boldsymbol{KHA = 125\ \%\ x\ In}$$

Dimana :

KHA = Kemampuan Hantar Arus (A)

In = Arus Nominal (A)

Nilai In dapat ditentukan dengan persamaan.

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

Dimana :

P = Daya (W)

V = Tegangan Fasa-fasa (V)

Cos φ = *Safety factor* (umum digunakan 0,85)

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

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

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 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)

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 dari adanya rugi-rugi (*losses*) seperti jatuh tegangan dan rugi daya pada perencanaan sistem distribusi energi ke masing-masing sub panel di tiap area pada Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Kemudian menganalisis kondisi pembebanan yang terdapat pada data perencanaan sistem kelistrikan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan, yang meliputi persentase pembebanan dan efisiensi pembebanan trafo yang akan diuji dengan 2 periode kondisi persentase pembebanan yaitu persentase beban penuh 100% dan persentase beban pakai 80% dari beban keseluruhan dalam perencanaan sistem kelistrikan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Untuk mengetahui hal-hal tersebut maka dilakukan suatu metode pengolahan data dengan melakukan simulasi aplikasi ETAP dan ditambah dengan menggunakan perhitungan secara perumusan guna menguatkan data agar lebih akurat. Dalam simulasi ETAP, analisa yang digunakan adalah *Load Flow Analysis* dalam menentukan besar persentase pembebanan dan rugi-rugi yang mungkin terjadi pada sistem kelistrikan dari Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Setelah dilakukan simulasi, nantinya data yang didapat akan disandingkan dengan data perencanaan yang dibuat oleh tim perencana dalam bentuk 2 periode kondisi, yang dimana dari simulasi ini agar dapat memberikan gambaran efektivitas dari perencanaan sistem kelistrikan di Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

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 banguna 9000 m^2 yang memeiliki 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 Ruangan 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

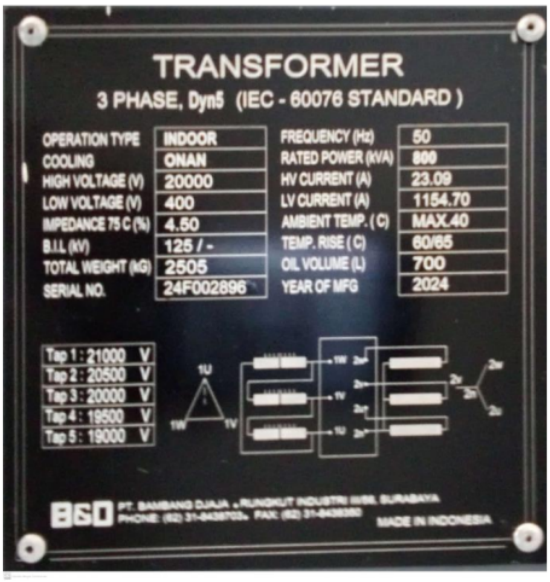
4.1.1. Sistem Kelistrikan Rumah Sakit Hermina Pasuruan

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.

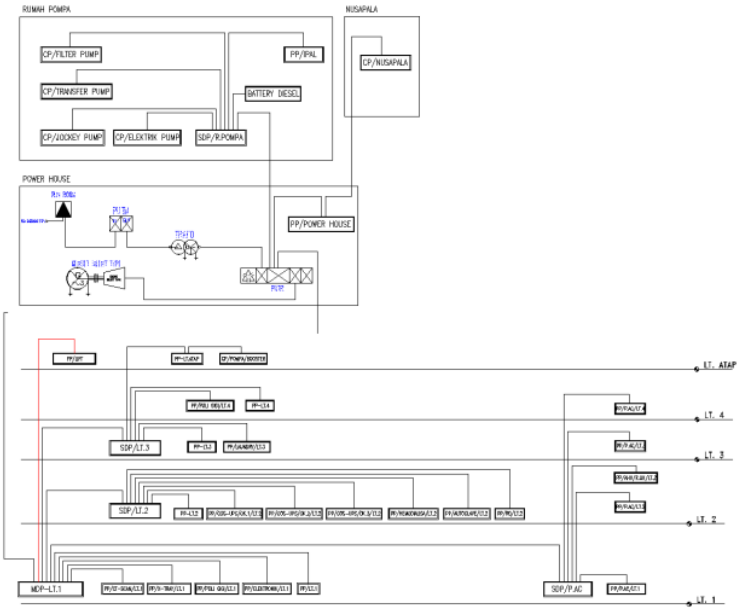


Gambar 4.4 *Nameplate* Transformator

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
		PUTR	
1	PUTR	NYY 3x(4x1Cx240 mm²)	15 m
		PUTR	
1	MDP/LT 1	NYY 2x(4x1Cx240 mm²)	45 m
2	SDP R POMPA	NYY 4x1Cx240 mm²	78 m
3	PP/POWER HOUSE	NYY 4x6 mm²	8 m
		MDP/LT 1	
1	SDP LT 2	NYY 4x1Cx95 mm²	21 m
2	SDP LT 3	NYY 4x1Cx120 mm²	25 m
3	SDP P AC	NYY 4x1Cx240 mm²	6.5 m
4	PP/LIFT	FRC 4x35 mm²	32 m
5	PP/LT.1	NYY 4x35 mm²	9 m
6	PP/CT-SCAN	NYY 4x50 mm²	42 m
7	PP/RADIOLOGI	NYY 4x6 mm²	26 m
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	NYY 4x6 mm²	15 m
9	PP/POLI GIGI	NYY 4x4 mm²	15 m
		SDP LT 2	
1	PP/LT.2	NYY 4x16 mm²	8 m
2	PP/OK.1/LT.2	NYY 4x10 mm²	43 m
3	PP/OK.2/LT.2	NYY 4x10 mm²	42 m
4	PP/OK.3/LT.2	NYY 4x10 mm²	40 m
5	PP/RO/LT.2	NYY 4x6 mm²	47 m
6	PP/HEMODIALISA	NYY 4x6 mm²	46 m
7	PP/AUTOCLAVE	NYY 4x6 mm²	45 m
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	NYY 4x10 mm²	78 m
		SDP LT 3	
1	PP/LT.3	NYY 4x16 mm²	6 m
2	PP/LAUNDRY/LT.3	NYY 4x6 mm²	76 m
3	PP/LT.4	NYY 4x35 mm²	17 m
4	PP/POLI GIGI/LT.4	NYY 4x4 mm²	73 m
5	PP/LT.ATAP	NYY 4x10 mm²	98 m
		SDP AC LT 1	
1	PP/P.AC/LT.1	NYY 4x25 mm²	6 m
2	PP/P.AC/LT.2	NYY 4x35 mm²	18 m
3	PP/P.AC/LT.3	NYY 4x35 mm²	21 m
4	PP/P.AC/LT.4	NYY 4x50 mm²	25 m
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	NYY 4x35 mm²	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)	
			PUTR			
1	PUTR	1130.54	904.43	904.43	723.54	ACB 4P-1250 A
			PUTR			
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
			MDP/LT 1			
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
			SDP LT 2			
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
			SDP LT 3			
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
			SDP AC LT 1			
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

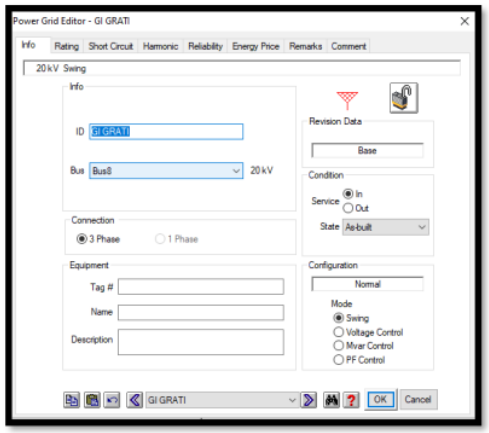
Dalam penelitian ini penulis menggunakan aplikasi ETAP versi 12.6 yang bertujuan untuk mensimulasikan instalasi listrik yang telah direncanakan oleh pihak perencana. Dari hasil simulasi ETAP penulis ingin mengetahui kondisi aliran daya instalasi listrik dan potensi masalah yang memungkinkan terjadi di 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

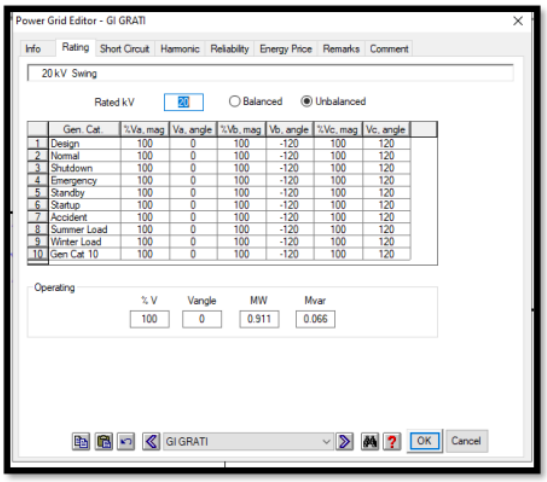
Dalam proses penginputan data yang digunakan untuk membuat suatu *single line* diagram ada beberapa data-data yang harus di-input seperti, data *power grid*, data transformator, data penghantar (kabel), phase adapter, dan beban (load). Di mana semakin lengkap data-data yang di-input maka untuk hasil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

4.2.2 Input Data *Power Grid*

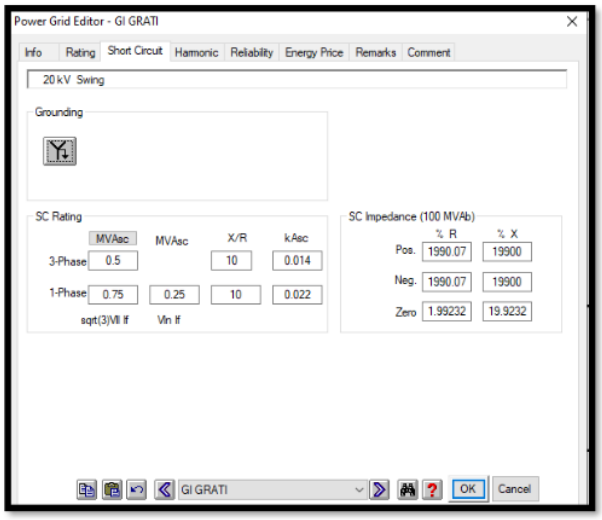
Power Grid pada simulasi ETAP diibaratkan sebagai sumber utama yang menyuplai energi listrik ke tiap beban. Data yang diinputkan pada *power grid* di simulasi ETAP ini adalah data gardu induk yang menyuplai daya ke transformator di Rumah Sakit Hermina Pasuruan. Adapun data-data yang perlu diinputkan 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 dimasukan 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*



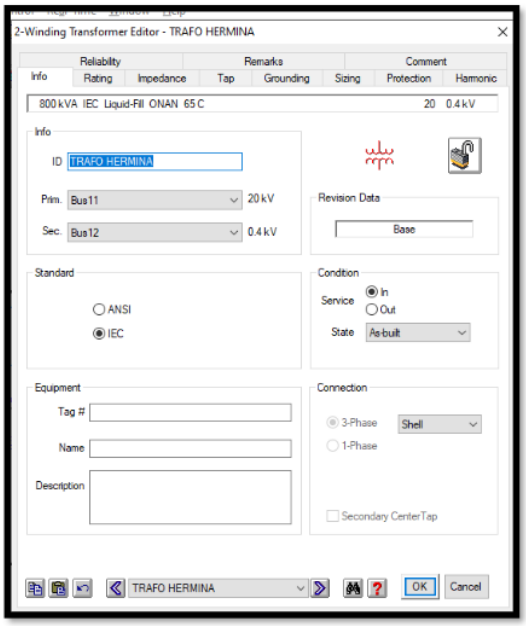
Gambar 4.8 Input Data Bagian *Rating* Pada *Power Grid*



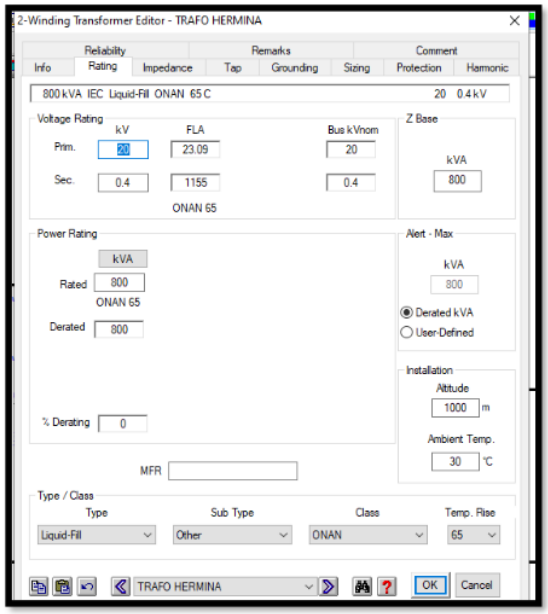
Gambar 4.9 Input Data Bagian *Short Circuit* Pada *Power Grid*

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.



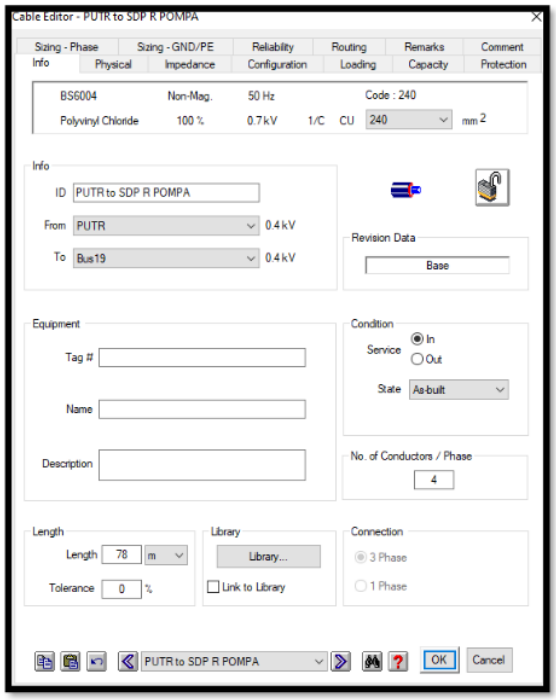
Gambar 4.10 Input Data Bagian Info Pada Transformator



Gambar 4.11 Input Data Bagian Rating Pada Transformator

4.2.4 Data Penghantar

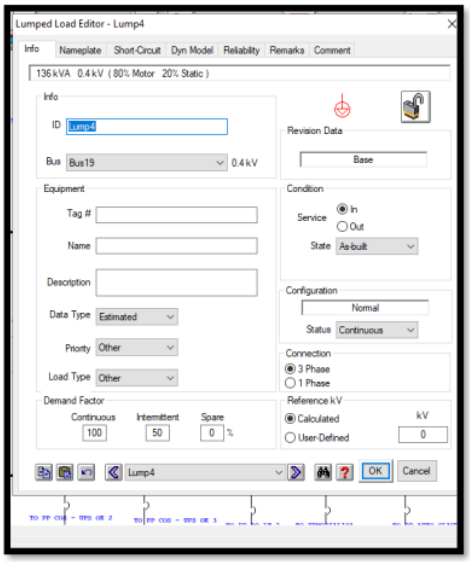
Pada ETAP 12.6 untuk mencari jenis penghantar terdapat di *library* yang menyajikan beragam jenis penghantar dengan beberapa standar yang biasa digunakan di pasaran. Dalam menginput data dilakukan berdasarkan data yang tertuang dalam Tabel 4.1, diambil contoh dalam penentuan jenis penghantar yang menuju 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 mm2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.12 sebagai berikut.



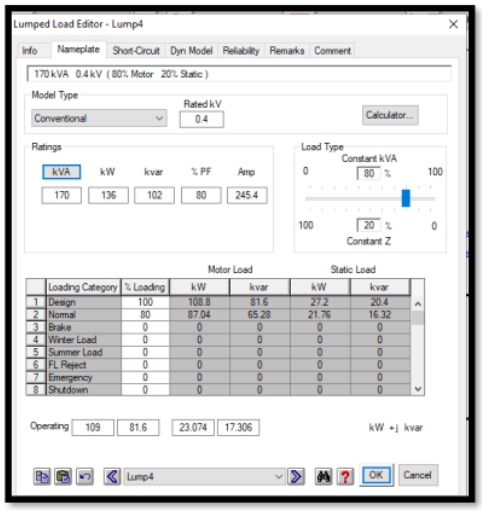
Gambar 4.12 Input Data Penghantar

4.2.5 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 tetapkan tim perencana 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*

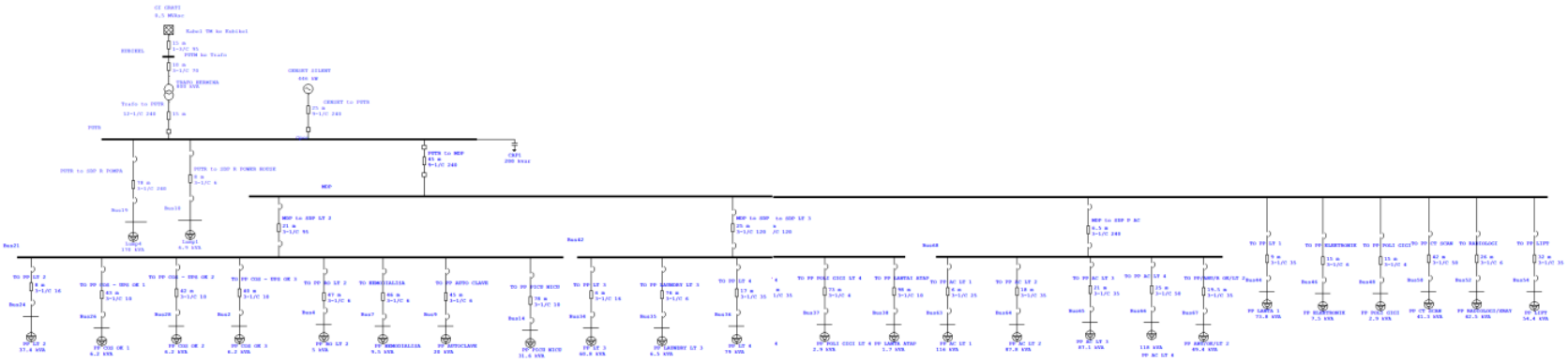


Gambar 4.14 *Input* Data Bagian *Name Plate* Pada *Load*

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.

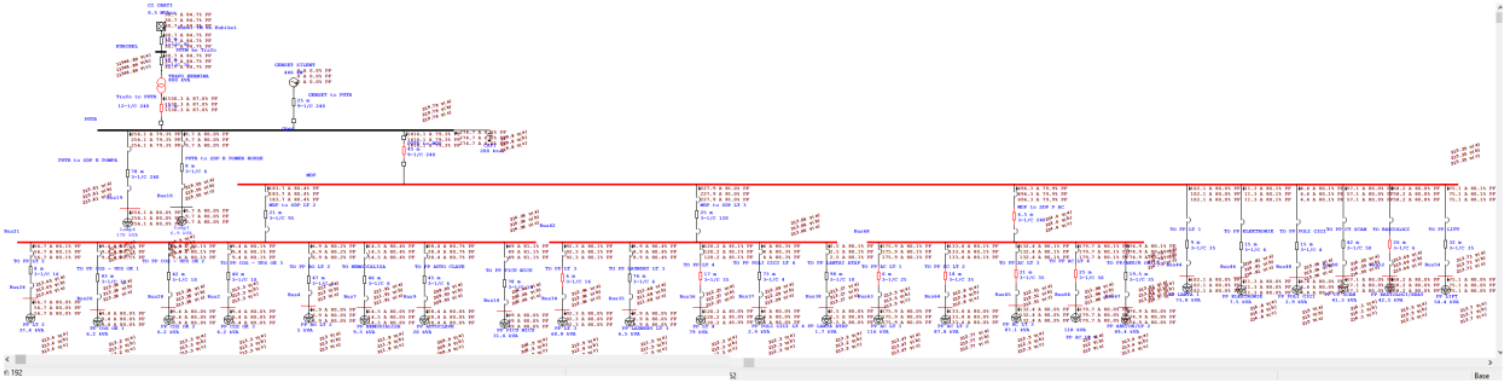
Gambar 4.15 Diagram Satu Garis Pada Software



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 laporan Tugas Akhir. 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 phasa, tegangan antar fasa, tegangan fasa netral dan cos ϕ. 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 ϕ
		R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N	R	S	T	
TRAFO											
1	PUTR	380.7	380.7	380.7	219.8	219.8	219.8	1530	1530	1530	0.87
PUTR											
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
MDP/LT 1											
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
SDP LT 2											
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
SDP LT 3											
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
SDP AC LT 1											
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 ϕ
		R-S	S-T	T-R	R-N	S-N	T-N	R	S	T	
TRAFO											
1	PUTR	385.8	385.8	385.8	222.7	222.7	222.7	1186.6	1186.6	1186.6	0.89
PUTR											
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
MDP/LT 1											
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
SDP LT 2											
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
SDP LT 3											
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
SDP AC LT 1											
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 rekapan 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

- **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 :

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{Ir+Is+It}{3}$$

$$= \frac{1530+1530+1530}{3}$$

$$= 1530\ A$$

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 :

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

$$= \frac{380.7\ x\ 1530 x\ \sqrt{3}}{800000}\ x\ 100\%$$

$$= 126\ \%$$

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%

- **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:

$$I_{rata\text{-}rata} = \frac{Ir+Is+It}{3}$$

$$= \frac{1530+1530+1530}{3}$$

$$= 1530\ A$$

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:

$$\mathbf{S = \sqrt{3} \times V \times I}$$

$$= \sqrt{3} \times 380.7 \times 1530$$

$$= 1{,}007{,}674.83 \text{ VA}$$

$$= 1007.68 \text{ Kva}$$

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 pengena 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:

$$P_{t2} = (S_2/S_1)^2 \text{ x } P_{t1}$$

$$= (1{,}007{,}674.83 / 800{,}000)^2 \text{ x } 8{,}100$$

$$= 12{,}851.26 \text{ Watt}$$

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:

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

$$atau$$

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

$$\%\eta = \frac{((219.8\ x\ 1530\ x\ 0.87) + (219.8\ x\ 1530\ x\ 0.87) + (219.8\ x\ 1530\ x\ 0.87))}{((219.8\ x\ 1530\ x\ 0.87) + (219.8\ x\ 1530\ x\ 0.87) + (219.8\ x\ 1530\ x\ 0.87) + 1500 + 1319.8}\ \text{x}100\%$$

$$= 98.72\%$$

Jadi besar efisiensi transformator pada Rumah Sakit Hermina Pasuruan pada periode persentase beban 100% adalah 98.72%. 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%	722,903.95	731,158.08	98.87%
2	BEBAN 100%	895,393.09	907,036.52	98.72%

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 LVMDP. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan berikut :

$$V_{R\ (\%)} = \frac{Vs - Vr}{Vr}\ x\ 100\%$$

$$= \frac{230 - 219.8}{219.8}\ x\ 100\%$$

$$= 4.6\%$$

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 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 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 :

$Q_C = Q_1 - Q_2$

$Q_1 = \sqrt{3}\, x\, V \times I \times \sin\theta$

$= S \times \sin\theta$

$= 1130.54 \times 0.6$

$= 678.3$ kVAR (kondisi awal $\cos\theta = 0.8$).....(1)

$Q_2 = \sqrt{3}\, x\, V \times I \times \sin\theta$

$= S \times \sin\theta$

$= 1130.54 \times 0$

$= 0$ kVAR (kondisi yang ingin dicapai $\cos\theta = 1$).....(2)

$Q_C = Q_1 - Q_2$

$= 678.3 - 0$

$= 678.3$ kVAR

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 pada PUIL 2011. 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 :

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

$$= \frac{1130{,}536W}{400\ x\ 1.73\ x\ 0{,}80}$$

$$= 1{,}633.72\ A$$

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 :

KHA = 125% x In

= 125% x 1,633.72

= 2,042.15A

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 PERENCANAN (A)	KHA ETAP (A)
			PUTR		
1	PUTR	1,633.72	1,530.00	2,042.15	1,912.50
			PUTR		
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
			MDP/LT 1		
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
			SDP LT 2		
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
			SDP LT 3		
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
			SDP AC LT 1		
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 PERENCANAN (A)	KHA ETAP (A)
			PUTR		
1	PUTR	1,306.98	1,186.60	1,633.72	1,483.25
			PUTR		
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
			MDP/LT 1		
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
			SDP LT 2		
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
			SDP LT 3		
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
			SDP AC LT 1		
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 = Beban Maximum Terukur / Beban Total Terpasang

Demand Factor PUTR = 723.54 kW / 904.43 kW
= 0.8 = 80%

- Kapasitas Daya Genset = DF x Beban Total Terpasang (kW) x 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.

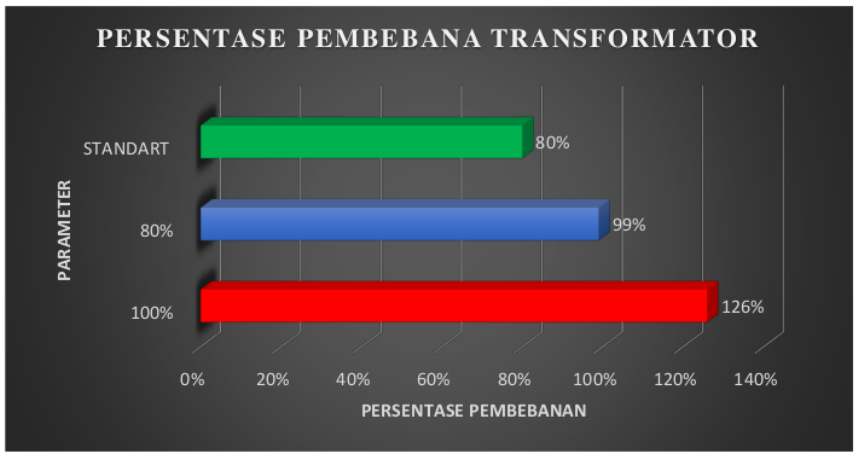
4.4 Analisis

Sesuai hasil tabulasi pada sub bab pembahasan yang telah dilakukan, maka hasil tabulasi akan digunakan sebagai bahan analisis sesuai dengan permasalahan yang diangkat pada Tugas Akhir ini. Permasalahan yang diangkat pada Tugas Akhir ini yaitu mereview kondisi dari sistem kelistrikan sesuai rekap daya yang direncanakan tim perencana dimana ada beberapa item yang dijadiakan 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.

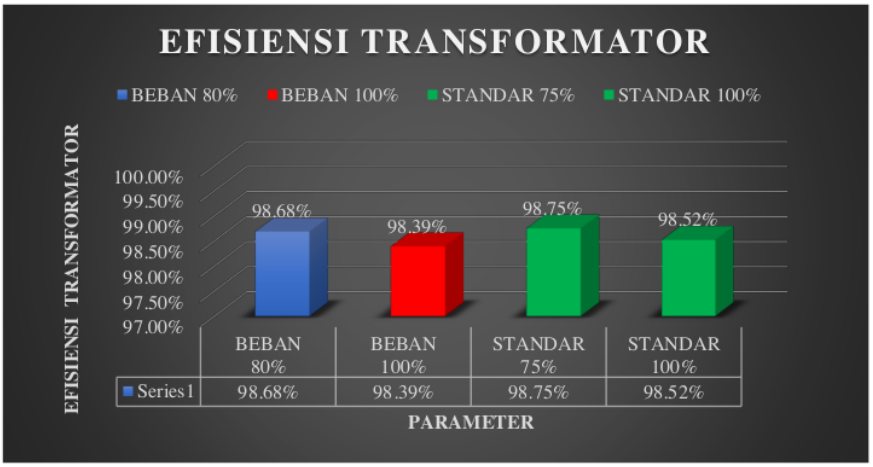
Untuk setiap permasalah penulis menyajikan kondisi persentase penggunaan beban yaitu 100 % untuk beban terpasang, kemudian 80 % untuk beban pakai. Data yang akan dianalisis berupa diagram yang mengacu pada hasil perhitungan yang terdapat di pembahasan, yang nantinya akan dibandingkan dengan standar PUIL 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 me*review* 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 Persentase Pembebanan 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. 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.

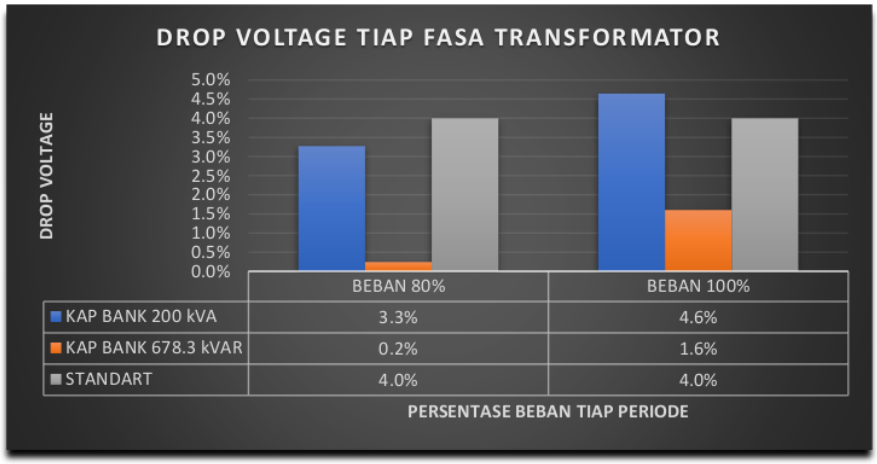
Menurut PUIL 2011 untuk *drop voltage* dalam instalasi pelanggan sebaiknya tidak lebih dari 4%. Berdasarkan pernyataan ini dapat dijadikan parameter dalam menganalisis *drop voltage* yang terjadi pada sistem di Rumah Sakit Hermina Pasuruan.

- ***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.

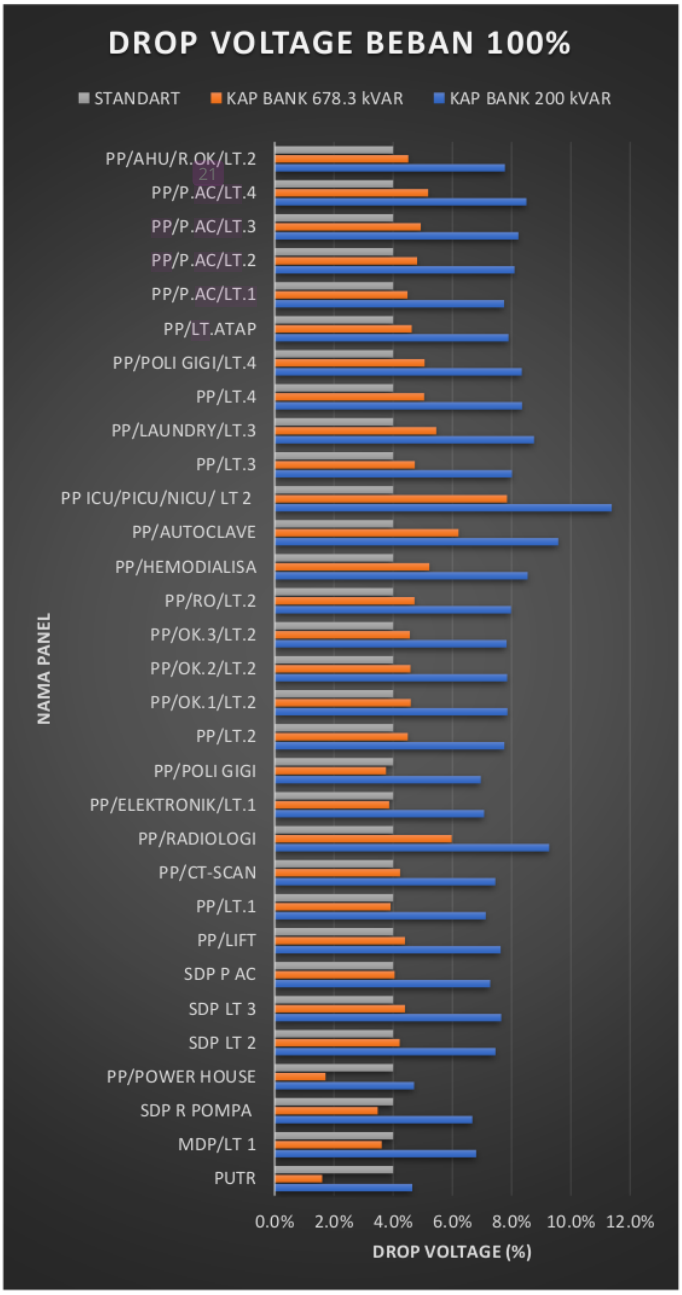
Dilihat dari standar PUIL 2011 untuk *drop voltage* pada transformator yang diizinkan maksimal 4% . Sehingga jika melihat dari hasil 2 periode kondisi dengan menggunakan kapasitas kapasitor bank yang berbeda. Untuk kondisi *drop voltage* pada trafo yang disambung dengan kapasitor bank berkapasitas 200 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 θ yang terukur, semakin kecil cos θ maka *drop voltage* nya semakin besar dan sebaliknya jika semakin besar cos θ maka *drop voltage* nya semakin kecil.

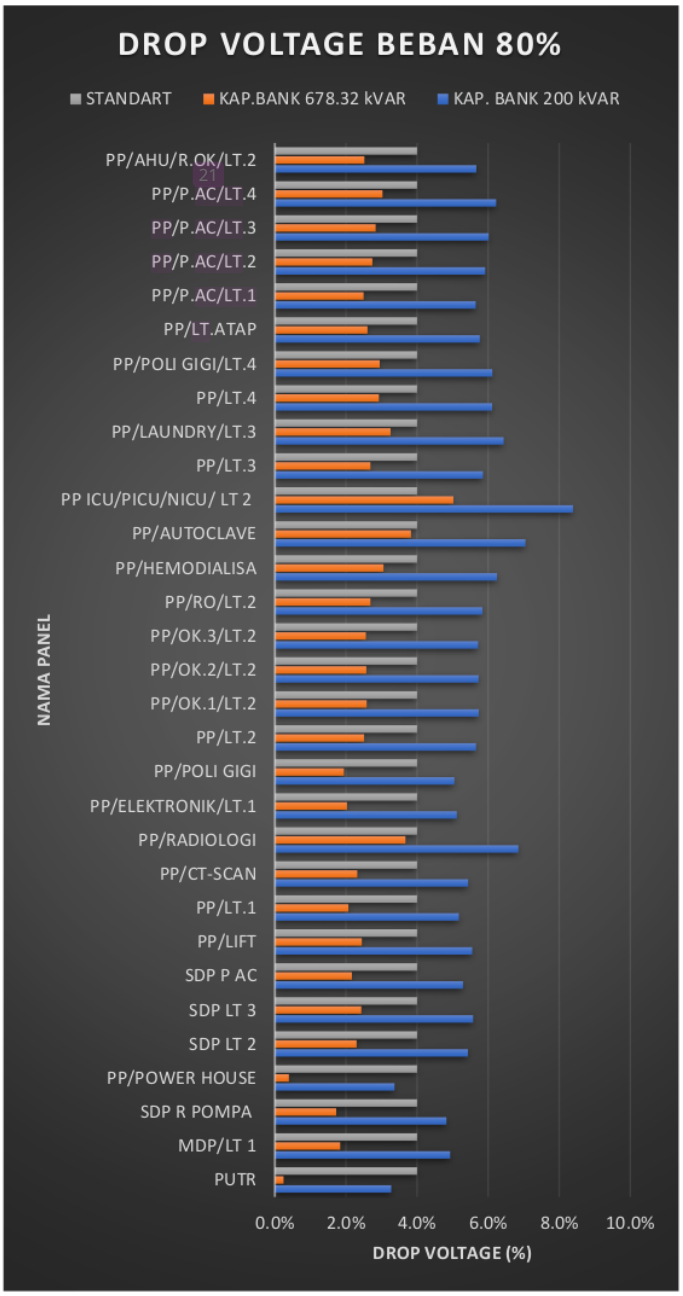
- **Drop Tegangan (Drop Voltage) Tiap Sub Panel**

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 Ddengan 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
			PUTR		
1	PUTR	2,042.15	1,912.50	1,317.00	NYY 3x(4x1Cx240 mm²)
			PUTR		
1	MDP/LT 1	1,722.07	1,770.00	878.00	NYY 2x(4x1Cx240 mm²)
2	SDP R POMPA	307.65	320.13	439.00	NYY 4x1Cx240 mm²
3	PP/POWER HOUSE	12.44	12.13	44.00	NYY 4x6 mm²
			MDP/LT 1		
1	SDP LT 2	220.33	229.63	249.00	NYY 4x1Cx95 mm²
2	SDP LT 3	272.54	284.88	280.00	NYY 4x1Cx120 mm²
3	SDP P AC	827.57	870.38	439.00	NYY 4x1Cx240 mm²
4	PP/LIFT	98.22	93.88	130.00	FRC 4x35 mm²
5	PP/LT.1	133.30	127.63	130.00	NYY 4x35 mm²
6	PP/CT-SCAN	74.56	71.38	160.00	NYY 4x50 mm²
7	PP/RADIOLOGI	76.82	72.75	44.00	NYY 4x6 mm²
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	13.55	14.13	44.00	NYY 4x6 mm²
9	PP/POLI GIGI	5.19	5.50	34.00	NYY 4x4 mm²
			SDP LT 2		
1	PP/LT.2	67.56	70.88	80.00	NYY 4x16 mm²
2	PP/OK.1/LT.2	11.12	11.75	60.00	NYY 4x10 mm²
3	PP/OK.2/LT.2	11.12	11.75	60.00	NYY 4x10 mm²
4	PP/OK.3/LT.2	11.12	11.75	60.00	NYY 4x10 mm²
5	PP/RO/LT.2	9.03	8.63	44.00	NYY 4x6 mm²
6	PP/HEMODIALISA	17.16	18.13	44.00	NYY 4x6 mm²
7	PP/AUTOCLAVE	36.13	35.50	44.00	NYY 4x6 mm²
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	57.08	61.25	60.00	NYY 4x10 mm²
			SDP LT 3		
1	PP/LT.3	109.77	115.38	80.00	NYY 4x16 mm²
2	PP/LAUNDRY/LT.3	11.74	11.13	44.00	NYY 4x6 mm²
3	PP/LT.4	142.75	150.25	130.00	NYY 4x35 mm²
4	PP/POLI GIGI/LT.4	5.19	5.00	34.00	NYY 4x4 mm²
5	PP/LT.ATAP	3.08	3.13	60.00	NYY 4x10 mm²
			SDP AC LT 1		
1	PP/P.AC/LT.1	209.09	219.88	108.00	NYY 4x25 mm²
2	PP/P.AC/LT.2	158.69	166.75	130.00	NYY 4x35 mm²
3	PP/P.AC/LT.3	157.26	165.50	130.00	NYY 4x35 mm²
4	PP/P.AC/LT.4	213.35	224.63	160.00	NYY 4x50 mm²
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	89.19	93.63	130.00	NYY 4x35 mm²

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
			PUTR		
1	PUTR	1,633.72	1,483.25	1,317.00	NYY 3x(4x1Cx240 mm²)
			PUTR		
1	MDP/LT 1	1,377.66	1,405.38	878.00	NYY 2x(4x1Cx240 mm²)
2	SDP R POMPA	246.12	253.25	439.00	NYY 4x1Cx240 mm²
3	PP/POWER HOUSE	9.95	9.75	44.00	NYY 4x6 mm²
			MDP/LT 1		
1	SDP LT 2	176.27	182.00	249.00	NYY 4x1Cx95 mm²
2	SDP LT 3	218.03	225.25	280.00	NYY 4x1Cx120 mm²
3	SDP P AC	662.06	687.25	439.00	NYY 4x1Cx240 mm²
4	PP/LIFT	78.58	75.88	130.00	FRC 4x35 mm²
5	PP/LT.1	106.64	103.25	130.00	NYY 4x35 mm²
6	PP/CT-SCAN	59.65	57.63	160.00	NYY 4x50 mm²
7	PP/RADIOLOGI	61.45	58.88	44.00	NYY 4x6 mm²
8	PP/ELEKTRONIK/LT.1	10.84	11.25	44.00	NYY 4x6 mm²
9	PP/POLI GIGI	4.15	4.38	34.00	NYY 4x4 mm²
			SDP LT 2		
1	PP/LT.2	54.04	56.00	80.00	NYY 4x16 mm²
2	PP/OK.1/LT.2	8.90	9.25	60.00	NYY 4x10 mm²
3	PP/OK.2/LT.2	8.90	9.25	60.00	NYY 4x10 mm²
4	PP/OK.3/LT.2	8.90	9.25	60.00	NYY 4x10 mm²
5	PP/RO/LT.2	7.23	7.00	44.00	NYY 4x6 mm²
6	PP/HEMODIALISA	13.73	14.25	44.00	NYY 4x6 mm²
7	PP/AUTOCLAVE	28.90	28.50	44.00	NYY 4x6 mm²
8	PP ICU/PICU/NICU/ LT 2	45.67	48.13	60.00	NYY 4x10 mm²
			SDP LT 3		
1	PP/LT.3	87.81	91.13	80.00	NYY 4x16 mm²
2	PP/LAUNDRY/LT.3	9.39	9.00	44.00	NYY 4x6 mm²
3	PP/LT.4	114.20	118.63	130.00	NYY 4x35 mm²
4	PP/POLI GIGI/LT.4	4.15	4.00	34.00	NYY 4x4 mm²
5	PP/LT.ATAP	2.47	2.50	60.00	NYY 4x10 mm²
			SDP AC LT 1		
1	PP/P.AC/LT.1	167.27	173.63	108.00	NYY 4x25 mm²
2	PP/P.AC/LT.2	126.95	131.63	130.00	NYY 4x35 mm²
3	PP/P.AC/LT.3	125.81	130.63	130.00	NYY 4x35 mm²
4	PP/P.AC/LT.4	170.68	177.25	160.00	NYY 4x50 mm²
5	PP/AHU/R.OK/LT.2	71.35	74.00	130.00	NYY 4x35 mm²

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 penggunaanya 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
			TRAFO		
1	PUTR	1130.54	1,633.72	1,530.00	ACB 4P-1250 A
			PUTR		
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
			MDP/LT 1		
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
			SDP LT 2		
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
			SDP LT 3		
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
			SDP AC LT 1		
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
			TRAFO		
1	PUTR	904.429	1,306.98	1,186.60	ACB 4P-1250 A
			PUTR		
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
			MDP/LT 1		
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
			SDP LT 2		
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
			SDP LT 3		
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
			SDP AC LT 1		
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 penggunaanya 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 menunjukan kondisi sebagai berikut;

a. Untuk di sisi transformator, dilakukan analisis dengan me*review* 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%

b. 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 menunjukan besar *drop voltage* sebesar 4.6% untuk setiap fasanya, kemudian untuk periode kondisi beban pakai dengan beban 80% untuk sisi transformator menunjukan besar *drop voltage* sebesar 3.3% untuk setiap fasanya. Selanjutnya pada sisi panel distribusi pada periode kondisi beban penuh 100 % dan 80 % menunjukan 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 laninya 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%.

c. Untuk mengetahui kesesuaian penggunaan penghantar dan *circuit breaker* telah dilaku 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.

d. 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 digunakant im perencana untuk kapasitor bank sebesar 200 kVAR, maka akan berpotensi terjadinya *undercapacity* pada kapasitor bank yang ditentukan oleh tim perencana.

e. 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 timpencana 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 :

a. 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.

b. Melihat hasil tabulasi *drop voltage* yang terjadi di transformator dan panel distribusi, sebaiknya ada pemetaan kembali tentang jarak antar panel, atau dapat disesuikan 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.

c. 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 lainya

d. 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 un tuk kapasitas GENSET yang akan digunakan agar memenuhi demand factor yang ditargetkan

I Made Gde Dharma Wirama

ORIGINALITY REPORT

20%	20%	6%	11%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.umsu.ac.id Internet Source	4%
2	repository.pnb.ac.id Internet Source	1%
3	123dok.com Internet Source	1%
4	repository.usm.ac.id Internet Source	1%
5	repo.bunghatta.ac.id Internet Source	1%
6	docplayer.info Internet Source	1%
7	www.slideshare.net Internet Source	1%
8	download.garuda.kemdikbud.go.id Internet Source	<1%
9	repository.its.ac.id Internet Source	<1%

10	Submitted to poltera Student Paper	<1 %
11	jurnal.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %
12	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
13	digilibadmin.unismuh.ac.id Internet Source	<1 %
14	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
15	journals.telkomuniversity.ac.id Internet Source	<1 %
16	www.neliti.com Internet Source	<1 %
17	www.scribd.com Internet Source	<1 %
18	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
19	Submitted to Sogang University Student Paper	<1 %
20	eprints.itn.ac.id Internet Source	<1 %
21	pdfcoffee.com Internet Source	<1 %

22	core.ac.uk Internet Source	<1 %
23	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
24	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	<1 %
25	jurnal.teknikunkris.ac.id Internet Source	<1 %
26	repository.usbypkp.ac.id Internet Source	<1 %
27	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
28	sumberilmupengetahuanku.blogspot.com Internet Source	<1 %
29	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1 %
30	amartakarya.co.id Internet Source	<1 %
31	www.ahlipengertian.com Internet Source	<1 %
32	journal.uta45jakarta.ac.id Internet Source	<1 %
33	vdocuments.pub Internet Source	<1 %

34	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1 %
35	digilib.polban.ac.id Internet Source	<1 %
36	idoc.pub Internet Source	<1 %
37	repository.ar-raniry.ac.id Internet Source	<1 %
38	bursakerjadepnaker.com Internet Source	<1 %
39	nanopdf.com Internet Source	<1 %
40	imajimaya.wordpress.com Internet Source	<1 %
41	aditmilan.wordpress.com Internet Source	<1 %
42	kuliner-terbaik-indonesia.blogspot.com Internet Source	<1 %
43	perawatangedung18.blogspot.com Internet Source	<1 %
44	repositori.utu.ac.id Internet Source	<1 %
45	repository.unuja.ac.id Internet Source	<1 %

46	id.123dok.com Internet Source	<1 %
47	id.scribd.com Internet Source	<1 %
48	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	<1 %
49	adoc.pub Internet Source	<1 %
50	dspace.uii.ac.id Internet Source	<1 %
51	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1 %
52	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
53	roboguru.ruangguru.com Internet Source	<1 %
54	Submitted to Institut Teknologi Nasional Malang Student Paper	<1 %
55	www.kelasplc.com Internet Source	<1 %
56	eprints.unram.ac.id Internet Source	<1 %
57	repo.darmajaya.ac.id Internet Source	

		<1 %
58	Ni Kadek Dwi Lestari Putri, I Putu Fery Karyada. "PENGARUH KETERLIBATAN PEMAKAI, KOMPLEKSITAS TUGAS DAN DUKUNGAN MANAJER TERHADAP EFEKTIVITAS PENERAPAN SISTEM INFORMASI AKUNTANSI PADA KOPERASI SIMPAN PINJAM DI KECAMATAN DENPASAR SELATAN", Hita Akuntansi dan Keuangan, 2020 Publication	<1 %
59	ojs2.pnb.ac.id Internet Source	<1 %
60	em-ridho.blogspot.com Internet Source	<1 %
61	repository.teknokrat.ac.id Internet Source	<1 %
62	riset.unisma.ac.id Internet Source	<1 %
63	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	<1 %
64	opac.lib.idu.ac.id Internet Source	<1 %
65	repository.unimar-amni.ac.id Internet Source	<1 %

66	scholar.unand.ac.id Internet Source	<1 %
67	vdocuments.mx Internet Source	<1 %
68	Submitted to STT PLN Student Paper	<1 %
69	digilib.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %
70	jurnal.untan.ac.id Internet Source	<1 %
71	publikasi.mercubuana.ac.id Internet Source	<1 %
72	repository.ppns.ac.id Internet Source	<1 %
73	repository.unuha.ac.id Internet Source	<1 %
74	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
75	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
76	ilmuakuntansi.web.id Internet Source	<1 %
77	kabelnyyindonesia.blogspot.com Internet Source	<1 %

78	repo.poltekbangsby.ac.id Internet Source	<1 %
79	repository.trisakti.ac.id Internet Source	<1 %
80	simpangblogger.blogspot.com Internet Source	<1 %
81	vdocuments.site Internet Source	<1 %
82	www.hargajualgensetmurah.com Internet Source	<1 %
83	www.intechopen.com Internet Source	<1 %
84	Bayu Andik Anggoro, Sukarno Budi Utomo, Ida Widihastuti. "Analisa Rugi-Rugi Daya Dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi 150 kV GI Pati Bay GI Jekulo Menggunakan ETAP 12.6.0", Elektrika, 2020 Publication	<1 %
85	jurnal.univpgri-palembang.ac.id Internet Source	<1 %
86	Mukti Permana, Arnisa Stefanie. "SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK DI PT SINTAS KURAMA PERDANA", Aisyah Journal Of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E), 2023 Publication	<1 %

87	eprints.umm.ac.id Internet Source	<1 %
88	zombiedoc.com Internet Source	<1 %

Exclude quotes	On	Exclude matches	< 5 words
Exclude bibliography	On		