

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Jadi sistem ini selain berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (trafo distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan. Mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan (Badan Standardisasi Nasional, 2000). Jatuh tegangan pada sistem distribusi mencakup jatuh tegangan pada transformator distribusi. Salah satu peralatan yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik yaitu transformator. Fungsi transformator daya adalah untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Ada banyak faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya perubahan efisiensi transformator dan umur transformator diantaranya dipengaruhi oleh daya beban yang dibangkitkan, rugi – rugi tembaga, total rugi transformator, kualitas bahan transformator, dan pengelolaan terhadap transformator tersebut.

Universitas HKBP Nommensen adalah kampus yang menggunakan energi listrik sangat besar, memiliki 5 trafo distribusi. sebelum pandemi pemakaian energi listrik di universitas sangat tinggi semua beban berjalan seperti biasanya setiap jam kerja dan jam perkuliahan tatap muka berlangsung. Dimasa pandemi ini ada kemungkinan dari beberapa gedung mengalami penurunan pemakaian energi listrik atau daya listrik, sebab ada beberapa beban yang tidak terpakai. Untuk itu perlu adanya pengukuran beban penuh pada setiap gedung yang di suplay dan menganalisa pembebanan transformator tersebut. Untuk mengerti bagaimana pembebanan transformator, maka ditinjau perlu melakukan analisis perbandingan pembebanan transformator dimasa normal dan dimasa pandemi selama jam kerja dengan waktu tertentu, sehingga akan diketahui tingkat kenaikan pembebanan yang terjadi dimasa normal.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Pada saat ini kapasitas trafo terpasang sebagai sumber energi listrik di Universitas HKBP Nommensen Medan terdiri dari Trafo-I dengan kapasitas 197KVA, Trafo-II dengan kapasitas 197KVA ,Trafo-III dengan kapasitas 197KVA , trafo IV khusus kedokteran 400 KVA dan Trafo V gedung baru 200 KVA . Yang menjadi rumusan masalah adalah apakah ketersediaan kapasitas trafo yang terpasang saat ini (diluar fakultas kedokteran dan gedung baru aula) ada perubahan penggunaan energi listrik dimasa normal ke masa pandemic

## **1.3. Tujuan**

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah agar mengetahui kapasitas dengan beban dimasa pandemi terhadap perkuliahan dimasa normal dari sisi pembebanan transformator pada saat jam kerja dimasa pandemi di Universitas HKBP Nommensen Medan dan mengetahui pengaruh efisiensi terhadap life time (umur) transformator.

## **1.4. Batasan Masalah**

Batasan masalah diperlukan agar masalah yang akan dibahas menjadi jelas dan tidak banyak menyimpang dari topik yang akan dibahas,maka dalam penulisan tugas akhir ini penulis menekankan bahwa hal yang akan dibahas difokuskan pada pembebanan transformator pada kelistrikan Universitas HKBP Nommensen pada saat jam kerja dimasa pandemi. Dalam Penelitian ini hanya Trafo I, II, III, yang diteliti . tidak membahas suhu dari minyak transformator.

## **1.5. Metodologi Penulisan**

1. Studi Literatur. Yaitu dengan mempelajari buku-buku referensi yang tersedia dari media cetak maupun internet dan juga ataupun catatan kuliah yang mendukung untuk penulisan tugas akhir ini.
2. Pengambilan data adapun pengambilan data dilakukan dengan mengambil data-data transformator dari Generator set (genset) dari Universitas HKBP Nommensen Medan .

3. Diskusi Interaktif Melakukan diskusi dalam bentuk tanya jawab dengan staff atau teknisi Universitas HKBP Nommensen Medan. Pengamatan lapangan langsung ke ruang Generator Set (genset) di Universitas HKBP Nommensen Medan.

### **1.6. Kontribusi Tugas Akhir**

Dari hasil yang telah dilakukan diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada:

1. UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN MEDAN mengetahui perbandingan pembebanan transformator dimasa pandemi saat jam kerja berlangsung.
2. Menambah wawasan mahasiswa Teknik elektro.

### **1.7. Sistematika Penulisan**

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, maksud penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Membahas tentang teori dasar dari beberapa referensi yang mendukung serta mempunyai relevansi dengan penelitian ini.

#### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Berisikan metoda penelitian

#### **BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Berisikan uraian analisis dan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh.

#### **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil analisis yang di lakukan.

## **BAB II**

### **PEMBEBANAN TRANSFORMATOR**

#### **2.1. Transformator**

Tranfomator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik kerangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet dengan cara menurunkan tegangan ke sisi konsumen. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaannya dalam sistem tenaga memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan; misalnya, kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Suatu transformator terdiri atas beberapa bagian yang mempunyai fungsi masing-masing:

1. Inti besi

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi, yang ditimbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi, untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh "Eddy Current".

2. Kumparan trafo

Beberapa lilitan kawat berisolasi membentuk suatu kumparan. Kumparan tersebut diisolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain. Umumnya pada trafo terdapat kumparan primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/ arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluksi yang menginduksikan tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaian beban) maka akan mengalir arus pada kumparan ini. Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

3. Minyak trafo

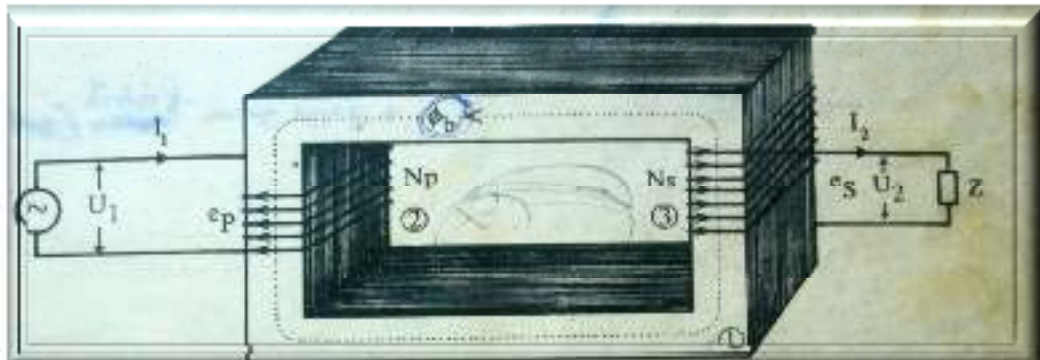
Sebagian besar trafo tenaga kumparan-kumparan dan intinya direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (disirkulasi) dan

bersifat pula sebagai isolasi (daya tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Untuk itu minyak trafo harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

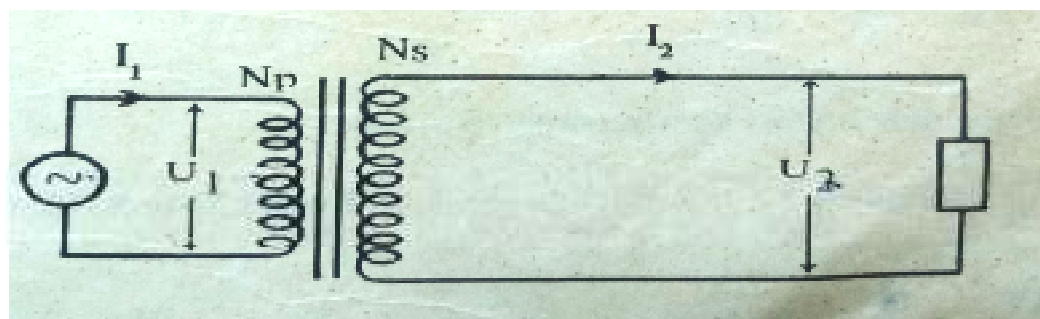
- kekuatan isolasi tinggi
- penyalur panas yang baik berat jenis yang kecil, sehingga partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat
- viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik
- titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan
- tidak merusak bahan isolasi padat
- sifat kimia yang stabil.

#### 4. Bushing

Hubungan antara kumparan trafo ke jaringan luar melalui sebuah busing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator, yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki trafo.



Gambar 2.1 Bagian-bagian Transformator



Gambar 2.2 Bagan Transformator

Dimana :

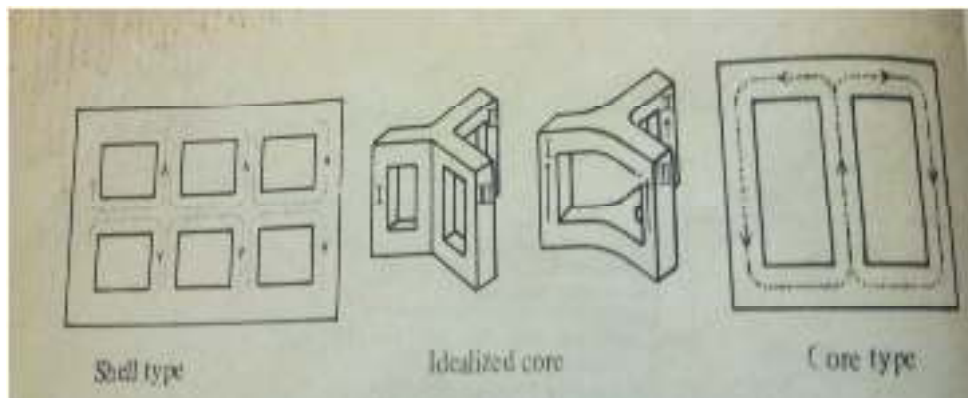
- $U_1$  : tegangan primer
- $U_2$  : tegangan sekunder
- $I_1$  : arus primer
- $I_2$  : arus sekunder
- $e_p$  : GGL induksi pada kumparan primer
- $e_s$  : GGL induksi pada kumparan sekunder
- $N_p$  : Jumlah lilitan kumparan primer
- $N_s$  : Jumlah lilitan sekunder
- $\Phi_b$  : Fluks magnet bersama (mutual fluks)
- $Z$  : Impedansi (beban)

Sebagaimana diketahui, bahwa fasa tegangan listrik yang umum digunakan adalah tegangan satu fasa dan tiga fasa

Berdasarkan ini dikenal 2 jenis Transformator

1. Transformator satu fasa, bila transformator digunakan untuk memindahkan tenaga listrik 1 fasa
2. Transformator tiga fasa, bila transformator digunakan untuk memindahkan tenaga listrik 3 fasa

Sebenarnya konstruksi transformator satu fasa atau tiga fasa tidak mempunyai perbedaan, sebab transformator 3 fasa adalah transformator 1 fasa yang disusun dalam tata cara tertentu dari 3 buah transformator 1 fasa tersebut.



Gambar 2.3 Inti transformator 3 fasa

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi :

1. Transformator daya (yang sering digunakan pada gardu induk)
2. Transformator distribusi (sering digunakan untuk menurunkan tegangan 3 fasa 20 KV menjadi 440 Volt untuk keperluan konsumen)

3. Transformator pengukuran: yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.(untuk keperluan pengukuran energi listrik)

### **2.1.1. Transformator Daya**

Transformator daya adalah jenis trafo yang berukuran besar dan digunakan untuk aplikasi transfer daya tinggi yang mencapai hingga 33 Kilo Volt. Trafo daya ini sering digunakan di stasiun pembangkit listrik dan gardu transmisi. Trafo Daya biasanya memiliki tingkat insulasi yang tinggi.

### **2.1.2. Transformator Distribusi**

Trafo Distribusi atau Distribution Transformer digunakan untuk mendistribusikan energi listrik dari pembangkit listrik ke daerah perumahan ataupun lokasi industri. Pada dasarnya, Trafo Distribusi ini mendistribusikan energi listrik pada tegangan rendah yang kurang dari 33 kilo Volt untuk keperluan rumah tangga ataupun industri yang berada dalam kisaran tegangan 220V hingga 440V.

### **2.1.3. Transformator Pengukuran**

Trafo Pengukuran atau dalam bahasa Inggris disebut dengan Measurement Transformer atau Instrument Transformer ini digunakan untuk mengukur kuantitas tegangan, arus listrik dan daya yang biasanya diklasifikasikan menjadi trafo tegangan dan trafo arus listrik dan lain-lainnya.

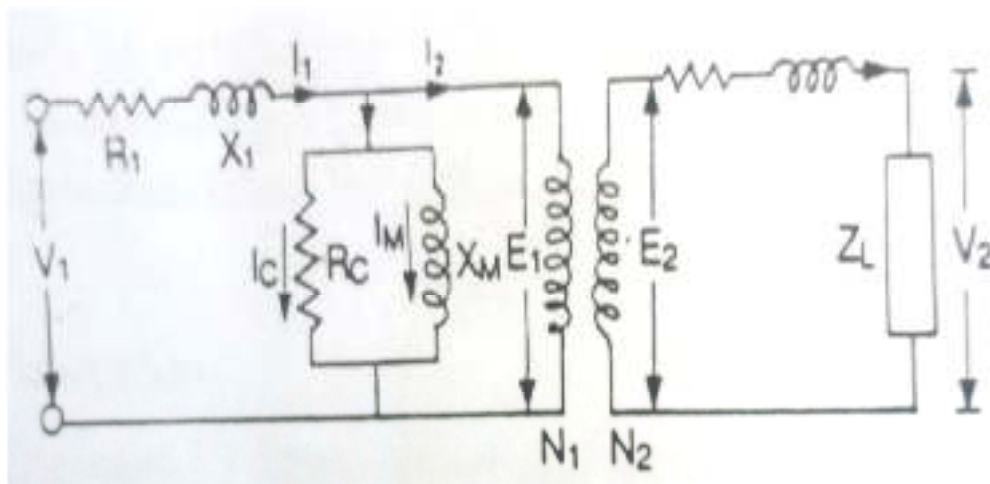
- Trafo arus digunakan untuk pengukuran arus yang besarnya ratusan ampere dari arus yang mengalir dalam jaringan tegangan tinggi. Disamping untuk pengukuran arus, trafo arus juga digunakan untuk pengukuran daya dan energi, pengukuran jarak jauh dan relay proteksi. Kumputan primer trafo arus dihubungkan seri dengan jaringan atau peralatan yang akan diukur arusnya, sedang kumputan sekunder dihubungkan dengan meter atau relay proteksi. Pada umumnya peralatan ukur dan relay membutuhkan arus 1 atau 5 A. Trafo arus bekerja sebagai trafo yang terhubung singkat, kawasan trafo arus yang digunakan untuk pengukuran biasanya 0,05 s/d 1,2

kali arus yang akan diukur, sedang trafo arus untuk proteksi harus mampu bekerja lebih dari 10 kali arus pengenalnya.

- Trafo tegangan adalah trafo satu fasa step-down yang mentransformasi tegangan tinggi atau tegangan menengah ke suatu tegangan rendah yang layak untuk perlengkapan indikator, alatukur, relay, dan alat sinkronisasi serta berfungsi untuk merubah tegangan tinggi menjadi tegangan rendah sehingga dapat diukur dengan Volt meter.. Hal ini dilakukan atas pertimbangan harga dan bahaya yang dapat ditimbulkan tegangan tinggi. Tegangan perlengkapan seperti indikator, meter, dan relay dirancang sama dengan tegangan terminal sekunder trafo tegangan.

## 2.2. Ekivalen Transformator

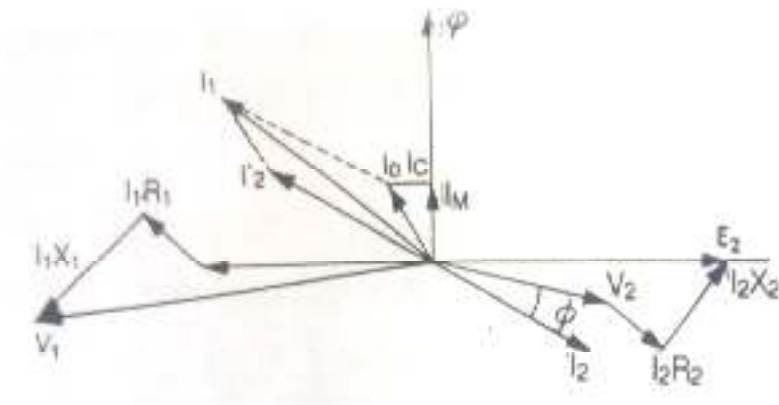
Tidak seluruh fluks ( $\phi$ ) yang dihasilkan oleh arus pemagnetan  $I_M$  merupakan fluks bersama ( $\phi_M$ ), sebagian darinya hanya mencakup kemampuan primer ( $\phi_1$ ) atau kumparan sekunder saja ( $\phi_2$ ). Dalam model rangkaian (rangkaiannya ekivalen) yang dipakai untuk menganalisis suatu kerja transformator, adanya fluks bocor  $\phi_1$  dan  $\phi_2$  ditunjukkan sebagai reaktansi  $X_1$  dan  $X_2$ . Sedangkan rugi tahanan ditunjukkan dengan  $R_1$  dan  $R_2$ . Dengan demikian 'model' rangkaian dapat dituliskan seperti gambar 2.4



Gambar 2.4 Rangkaian ekivalen

Dari rangkaian diatas dapat dibuat vektor diagramnya sebagai berikut:





Gambar 2.5 Vektor

Dari model rangkaian diatas dapat pula diketahui hubungan penjumlahan vektor :

$$V_1 = E_1 + I_1 R_1 + I_1 X_1 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$E_2 = V_2 + I_2 R_2 + I_2 X_2 \dots\dots\dots(2.2)$$

$$E_1/E_2 = N_1/N_2 = \alpha \text{ atau } E_1 = \alpha E_2 \dots\dots\dots(2.3)$$

Sehingga

$$E_1 = \alpha ( I_2 Z_L + I_2 R_2 + I_2 X_2 ) \dots\dots\dots(2.4)$$

Karena

$$I_2/I_1 = N_1/N_2 = 1/\alpha \text{ atau } I_2 = \alpha I_1 \dots\dots\dots(2.5)$$

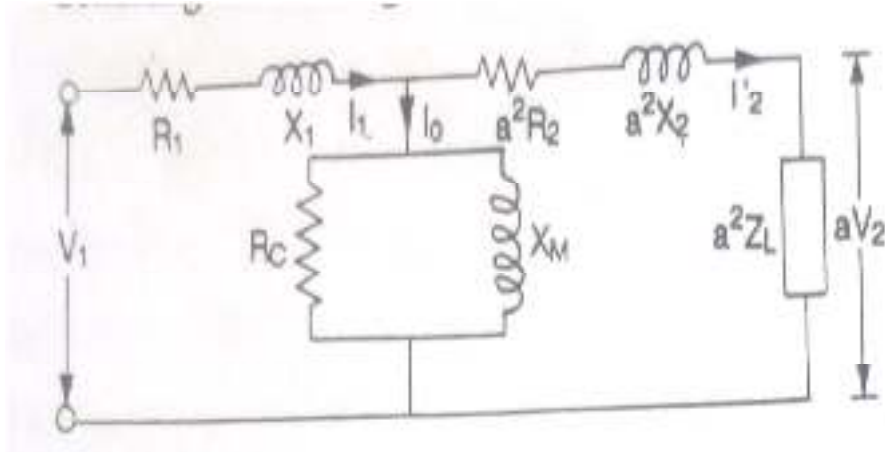
Maka

$$E_1 = \alpha^2 I_1^2 Z_L + \alpha^2 I_1^2 R_2 + \alpha^2 I_1^2 X_2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dan

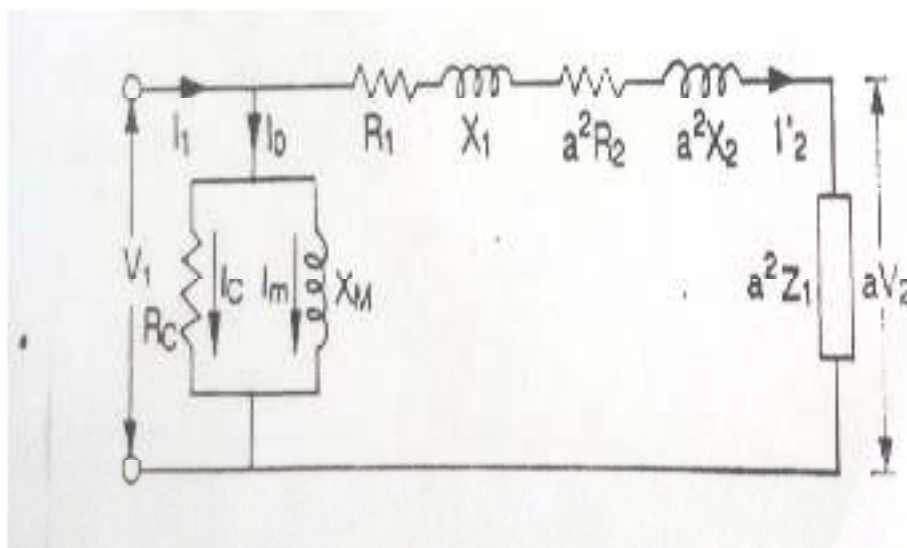
$$V_1 = \alpha^2 I_1^2 Z_L + \alpha^2 I_1^2 R_2 + \alpha^2 I_1^2 X_2 + I_1 R_1 + I_1 X_1 \dots\dots\dots(2.7)$$

Persamaan terakhir mengandung pengertian, apabila parameter rangkaian sekunder dinyatakan dalam harga rangkaian primer harganya perlu dikalikan dengan faktor  $\alpha^2$  Sekarang model rangkaian menjadi sebagai terlihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Model Rangkaian

Untuk memudahkan analisis (perhitungan) model rangkaian tersebut dapat diubah menjadi rangkaian seperti pada gambar 2.5. Vektor diagram rangkaian diatas untuk beban dengan faktor kerja terbelakang dapat digambar sebagai berikut pada gambar 2.4.



Gambar 2.7 Model Rangkaian yang diubah

### 2.3. Analisa Pembebanan

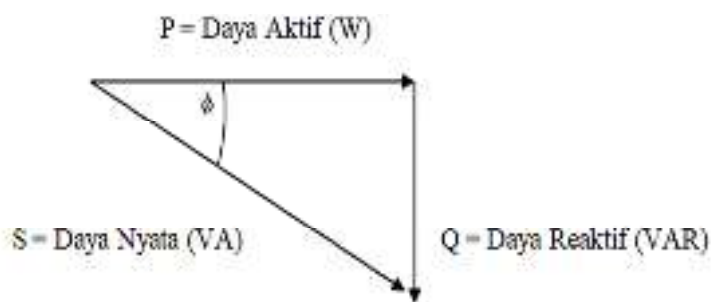
Faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif (P) dan daya nyata (S). Pergeseran faktor daya merupakan kosinus sudut antara tegangan dan arus. Faktor daya yang baik adalah faktor daya yang bernilai besar. Pada teorinya,

faktor daya dapat mencapai 100%. Tapi dalam kenyataannya, faktor daya tidak dapat mencapai 100 % tanpa adanya peralatan untuk mengkoreksi faktor daya tersebut. Hal ini disebabkan karena dalam setiap rangkaian listrik yang terdapat induktansi dan kapasitansi yang membutuhkan daya reaktif. Daya reaktif dibutuhkan oleh sistem listrik arus bolak-balik untuk menghasilkan daya yang berguna (*useful work*), sehingga peralatan listrik AC dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Daya reaktif inilah yang menyebabkan faktor daya tidak dapat mencapai 100%

Faktor daya yang tinggi sangat penting untuk keseluruhan sistem kelistrikan. Selain dapat meningkatkan efisiensi, faktor daya yang tinggi juga akan membuat biaya listrik menjadi lebih ekonomis dan meningkatkan life time suatu peralatan listrik.

Energi aktif (dinyatakan dalam watt) adalah energi yang diperlukan untuk ditransformasikan atau diubah ke bentuk energi lain, misalnya : energi mekanik, panas, cahaya, dll. Sedangkan energi reaktif (dinyatakan dalam VAR) diperlukan oleh peralatan yang bekerja dengan sistem electromagnet, yaitu untuk pembentukan medan magnetnya, peralatan yang demikian diantaranya : trafo, motor, lampu pijar, dan lain-lain.

Kedua energi yang diatas membentuk daya total yang disebut dengan daya nyata (dinyatakan dalam VA), berikut dapat dilihat Pembebanan transformator dapat dianalisa menggunakan aturan dari segitiga daya seperti gambar 2.8



Gambar 2.8 Segitiga daya

Untuk sistem 3 phasa :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta \dots\dots\dots(2.8)$$

$$Q = \sqrt{3} \times V \times I \times \sin \theta \dots\dots\dots(2.9)$$

$$S = \sqrt{3} \times V \times I \dots\dots\dots(2.10)$$

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Untuk sistem 1 phasa :

$$P = V \times I \times \cos \theta \dots\dots\dots(2.12)$$

$$Q = V \times I \times \sin \theta \dots\dots\dots(2.13)$$

$$S = V \times I \dots\dots\dots(2.14)$$

$$S = V \times I = VA/1000 =KVA \dots\dots\dots(2.15)$$

#### 2.4. Karakteristik Beban

Karakteristik beban di perlukan agar sistem tegangan dan pengaruh thermos dari pembebanan dapat di analisa dengan baik. Analisa tersebut dalam menentukan keadaan awal yang akan diproyeksikan dalam perancangan selanjutnya. Dalam mengoptimalkan kapasitas suatu peralatan diturunkan definisi beberapa jenis-jenis faktor, berikut ini jenis faktor-faktor :

##### A. Faktor Kebutuhan (DF = *Demand Factor*)

Didefinisikan sebagai perbandingan antara beban puncak dengan beban terpasang dengan kata lain merupakan derajat pelayanan serentak pada seluruh beban terpasang. Jumlah daya tersambung adalah jumlah dari daya tersambung dari seluruh beban dari setiap konsumen. Daya yang akan tersambung dan kebutuhan maksimum untuk satuannya harus sama. Faktor kebutuhan biasanya bernilai kurang dari satu. Faktor kebutuhan ini dapat menjadi satu bila keseluruhan semua beban yang akan tersambung serentak diberi energi dalam sebagian besar periodenya. Faktor kebutuhan menunjukkan tingkat dimana beban yang tersambung beroperasi serentak.

$$\text{Faktor Kebutuhan} = \frac{\text{Beban puncak}}{\text{Beban terpasang}}$$

Faktor kebutuhan dipakai untuk menentukan kapasitas (biaya) dari peralatan tenaga listrik yang diperlukan untuk melayani beban tersebut. Karena ada pengaruhnya terhadap investasi, Maka di dalam faktor kebutuhan

ini menjadi penting dalam menentukan jadwal pembiayaannya.

### **B. Faktor Beban**

Faktor beban adalah perbandingan antara beban rata-rata terhadap beban puncak yang diukur dalam suatu periode tertentu. Beban rata-rata dan beban puncak dapat dinyatakan dalam kilowatt, kilovolt-ampere, ampere dan sebagainya, tetapi satuan dari keduanya harus sama. Faktor beban dapat dihitung untuk periode tertentu biasanya dipakai harian, bulanan atau tahunan.

Beban puncak yang dimaksud disini adalah beban puncak sesaat atau beban puncak rata-rata dalam interval tertentu (demand maksimum), untuk itu umumnya dipakai demand maksimum 15 menit atau 30 menit.

Definisi dari faktor beban ini dapat dituliskan dalam persamaan berikut ini:

$$\text{Faktor beban (Fb)} = \frac{\text{Beban rata – rata dalam peripde tertentu}}{\text{Beban Puncak dalam periode Tertentu}}$$

### **C. Faktor Diversitas**

Faktor diversitas adalah perbandingan antara jumlah beban puncak yang terdiri dari masing-masing pelanggan dari satu kelompok ke pelanggan dengan beban puncak dari kelompok pelanggan tersebut. Didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah demand dari unit-unit beban terhadap demand maksimum dari keseluruhan beban. Secara matematis, faktor diversitas (Fd) dapat ditulis

$$\text{Faktor diversitas (Fd)} = \frac{\text{Demand maksimum unit – unit beban}}{\text{Demand maksimum beban}}$$

### **D. Faktor Rugi – rugi beban (LF= Loss factor)**

Didefinisikan sebagai perbandingan antara rugi dan rata-rata terhadap rugi daya pada beban puncak pada periode waktu tertentu. Faktor rugi-rugi beban merupakan rugi-rugi sebagai fungsi waktu, berubah sesuai dengan fungsi dari waktu kuadrat. Oleh karena itu faktor rugi-rugi ini tidak dapat ditentukan langsung dari faktor beban. Berdasarkan pengalaman dan selama percobaan yang dilakukan oleh Buller dan Woodrow dengan menganalisa ratusan grafik yang diperoleh persamaan empiris sebagai berikut:

$$LLF=0,3(LF)+0,7(LF)^2 \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan:

LLF = Faktor rugi – rugi

LF = Faktor beban

### E. Faktor Penggunaan (UF = *Utility factor*)

Didefinisikan sebagai pertandingan antara demand maksimum dengan kapasitas nominal dari sistem penyatu daya. :

$$(UF) = \frac{\text{Demand maksimum sistem}}{\text{Kapasitas minimum sistem}}$$

Demand maksimum sistem dapat dicari kurva beban atau dengan menghitung beban terpasangnya. Demand maksimum merupakan perkaitan antara beban terpasang dengan faktor demand.

### 2.5. Efisiensi Transformator

Transformator ideal adalah transformator yang memiliki 100% efisiensi, yaitu trafo yang tidak terjadi kehilangan daya sama sekali. Transformator tidak mungkin akan tercapai ideal dikarenakan adanya beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya kerugian atau kehilangan daya .

Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah :

1. Disebabkan oleh inti besi yang biasanya disebut dengan *core losses* atau *iron losses*
2. Disebabkan oleh kumparan atau lilitan pada transformator itu sendiri yang biasanya disebut dengan *copper loss*

#### 2.5.1. Core losses atau Iron losses

*Core losses* atau *Iron losses* adalah dimana kehilangan daya pada transformator yang dikarenakan oleh inti besi itu sendiri .Terdapat 2 faktor yang menyebabkan *Core losses* atau Iron losses :

- Kerugian yang disebabkan Arus eddy (*eddy current losses*)

pada transformator , arus listrik AC yang dipasok ke kumparan Primer akan membentuk fluks medan magnet yang bergantian .apabila fluks medan yang bergantian .apabila fluks medan magnet tersebut terhubung ke kumparan sekunder maka akan menyebabkan induksi gaya gerak listrik atau biasanya dikenal dengan induksi GGL. Tetapi terdapat pula beberapa bagian fluks magnet yang menginduksi ke bagian konduktor lainnya yaitu ke inti besinya Trafo (*Transformer Core*) tersebut yang kemudian akan menyebabkan sirkulasi arus kecil didalamnya. Arus

tersebut disebut dengan Arus Eddy (*Eddy Current*). Karena Arus Eddy inilah beberapa energi akan terdisipasi dalam bentuk panas.

- Kerugian Histeresis (*Hysterisit losses*)

Kerugian Histeris pada trafo ini disebabkan oleh pembalikan magnetisasi pada inti transformator. Kehilangan atau kerugian ini tergantung pada volume dan kadar besi yang digunakan untuk konstruksi inti besi trafo, frekuensi pembalikan magnetik dan nilai kerapatan fluks

### 2.5.2. Copper losses

*Copper losses* adalah kehilangan daya pada Trafo yang diakibatkan oleh resistansi pada kumparan atau lilitan pada trafo itu sendiri. Kehilangan Daya yang diakibatkan oleh *Copper Loss* ini adalah sebanding dengan kuadrat arus dan arus ini tergantung pada beban. Oleh karena itu kehilangan *Copper loss* pada Trafo juga akan bervariasi tergantung pada beban yang diberikan pada trafo.

### 2.5.3. Analisa Efisiensi Transformator

Efisiensi Transformator dapat didefinisikan sebagai Perbandingan antara daya listrik keluaran ( $P_{out}$ ) dengan daya listrik masukan ( $P_{in}$ ). Efisiensi Trafo dapat dirumuskan dengan Rumus berikut ini :

$$\eta = (P_{out} / P_{in}) \times 100\% \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

$\eta$  = Efisiensi Trafo

$P_{out}$  : Daya listrik Keluaran (Output) atau Daya pada Kumparan Sekunder

$P_{in}$  : Daya listrik Masukan (Input) atau Daya pada Kumparan Primer

Rumus-rumus turunan untuk Efisiensi Trafo lainnya :

$$\eta = (V_s \times I_s / V_p \times I_p) \times 100\% \dots\dots\dots(2.18)$$

atau

$$\eta = (P_{out} / (P_{out} + \text{Copper loss} + \text{Core loss})) \times 100\% \dots\dots\dots(2.19)$$

atau

$$\eta = (P_{in} - \text{Losses}) / (P_{in}) \times 100\% \dots\dots\dots(2.20)$$

atau

$$\eta = (N_s \times I_s / N_p \times I_p) \times 100\% \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

$\eta$	: Efisiensi Trafo
$V_s$	: Tegangan Sekunder
$V_p$	: Tegangan Primer
$I_s$	: Arus Sekunder
$I_p$	: Arus Primer
$N_s$	: Lilitan sekunder
$N_p$	: Lilitan prime

## **2.6. Life Time Transformator**

Pada dasarnya perhitungan yang tepat serta management yang baik dari Trafo Distribusi akan meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik sehingga kontinuitas pelayanan listrik ke konsumen terjamin. Trafo Distribusi merupakan komponen yang sangat penting dalam mendistribusikan tenaga listrik ke konsumen, jadi ada beberapa faktor yang mempengaruhi keandalan dan lama waktu pakai trafo jaringan distribusi, yaitu :

### **A. Pemilihan trafo jaringan distribusi**

Pemilihan kapasitas KVA Trafo Distribusi didasarkan pada beban yang akan dilayani. Diusahakan presentasi pembebanan Trafo Distribusi mendekati 80% Trafo Distribusi umumnya mencapai efisiensi maksimum (rugi-rugi Trafo minimum). Bila beban Trafo terlalu besar, maka dilakukan penggantian Trafo atau penyisipan Trafo atau mutasi Trafo (Trafo yang melayani beban kecil dimutasikan ke beban besar, dan begitu sebaliknya). Mutasi antar Trafo dapat dilakukan setelah hasil pengukuran beban diperoleh.

### **B. Penempatan trafo jaringan distribusi**

Bila jarak antara Trafo terlalu jauh dengan beban yang akan dialyani, maka menyebabkan voltage drop yang besar. Oleh sebab itu pada waktu pendataan KVA Trafo harus diperhatikan jarak.

### **C. Pemeliharaan trafo jaringan distribusi**

Pemeliharaan adalah suatu usaha/kegiatan terpadu yang dilakukan terhadap suatu benda, untuk mencegah kerusakan atau mengembalikan memulihkannya kepada keadaan yang normal dengan tetap mempertimbangkan faktorfaktor ekonomis.



Penentuan umur suatu Transformator dapat dianalisa dengan menggunakan pendekatan nilai efisiensi pembebanan trafo. Perhitungan nilai daya nominal menggunakan persamaan berikut :

Sisa waktu pakai 100% -  $\eta$  = %

Dalam hari =  $\frac{\text{sisa waktu pakai}}{100} \times \text{hari} = \text{hari} \rightarrow \text{Dalam tahun} = \frac{\text{dalam hari}}{365 \text{ hari}} = \text{tahun}$

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan kurang lebih selama 2 minggu yang dimulai dari tanggal 25 januari sampai dengan 6 february 2020 yang berada dilokasi ruangan genset Universitas HKBP Nommensen medan yang beralamat JL.Sutomo No.4A, Kecamatan Medan Timur, Kabupaten Kota Medan.

#### 3.2. Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini alat ukur yang digunakan selama penelitian adalah tang ampere.



Gambar 3.1 Alat Pengukuran Tang Ampere

#### 3.3. Tang Ampere (*clamp meter*)

Tang ampere atau Clamp meter merupakan alat ukur yang dipakai untuk mengukur arus listrik pada sebuah kabel konduktor yang dialiri arus listrik dengan memakai dua rahang penjepit atau clamp tanpa harus kontak langsung dengan terminal listrik. Dengan memakai alat ini, maka kita tidak lagi harus mengganggu rangkaian listrik yang akan diukur namun hanya perlu ditempatkan pada sekeliling kabel listrik yang diukur.

Biasanya, clamp meter ini hanya pada di pasaran yang memiliki fungsi sebagai multimeter juga. Untuk itu selain memiliki dua rahang penjepit, clamp meter juga mempunyai dua probe yang bisa digunakan untuk mengukur resistansi, tegangan AC, tegangan DC dan juga ada beberapa model tertentu yang juga bisa digunakan untuk mengukur arus listrik AC dan Arus DC.

- Prinsip Kerja Tang ampere :

Pada dasarnya, tang ampere memakai prinsip induksi magnetik untuk menghasilkan pengukuran non kontak terhadap arus listrik AC. Arus listrik yang mengalir di kabel konduktor akan menghasilkan medan magnet. Seperti yang kita ketahui, arus AC merupakan arus dengan polaritas yang bolak balik sehingga menyebabkan fluktuasi yang dinamis dalam medan magnet yang sebanding dengan aliran arus listriknya.

Sebuah transformator yang ada di dalam tang ampere akan merasakan fluktuasi magnet tersebut kemudian mengkonversikannya di layar tang ampere. Cara pengukuran dengan memakai teknologi ini akan semakin memudahkan seseorang ketika ingin mengukur arus listrik AC khususnya pada arus listrik AC yang tinggi.

Dalam perkembangan teknologi mengharuskan arus berjalan sampai 24 jam non stop selalu bisa terawat dan terukur tanpa menimbulkan masalah yang cukup berarti. Ini yang menjadi peran penting bagi clamp meter dimana tanpa melakukan pemotongan kabel pada arus yang harus berjalan selama 24 jam simultan, maka arus listrik tetap bisa diukur dengan akurat.

Sistem tang ampere ini memakai prinsip hukum Faraday yang mengatakan jika perubahan fluks magnet dalam sebuah kumparan sehingga akan menghasilkan arus yang mengalir pada kumparan tersebut. Secara umum, Faraday mengatakan jika perubahan fluks magnet dalam sebuah kumparan akan menimbulkan arus yang mengalir pada kumparan.

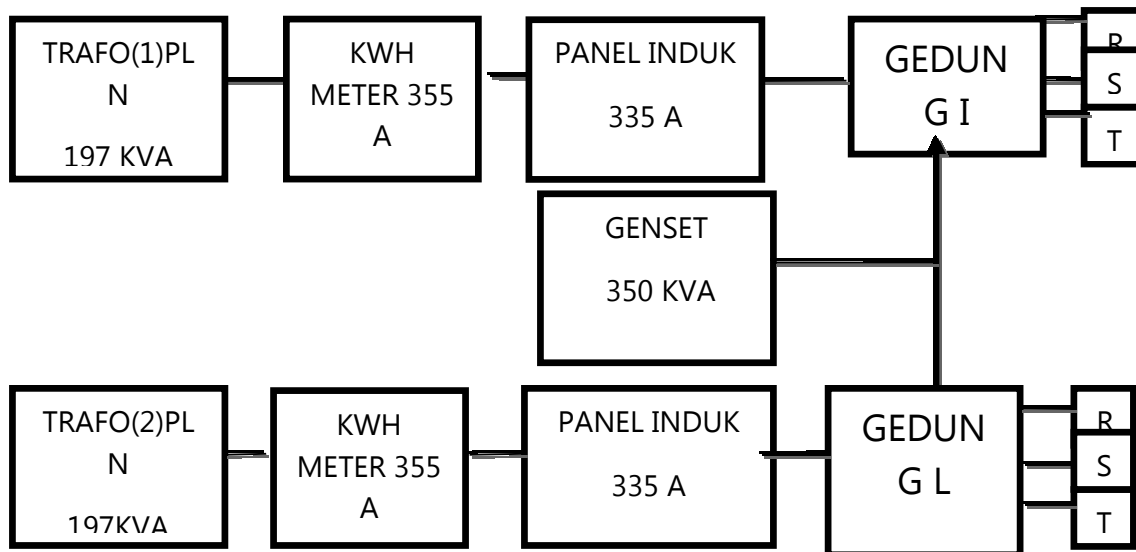
Jika jumlah lilitan semakin besar, maka akan semakin besar juga tegangan yang bisa diukur di kedua ujung kumparan tersebut sebagai sekelumit prinsip kerja tang ampere. Tegangan yang terukur di kumparan umumnya masuk dalam kategori orde mili volt. Sehingga, arus AC

yang mengalir pada sebuah kabel akan memberikan perubahan fluks sehingga besar arus tersebut bisa diukur dengan memakai sistem clamp.

Sesudah arus mengalir ke dalam kumparan dengan tegangan tertentu, maka akan langsung diolah komponen komponen penyusun clamp meter sesuai dengan clamp meter yang sedang dipakai apakah clamp meter digital atau clamp meter analog.

### 3.4. Skema Distribusi Listrik Universitas HKBP Nommensen Medan

dapat dilihat dibawah ini skema distribusi listrik universitas HKBP Nommensen medan sebagai berikut :

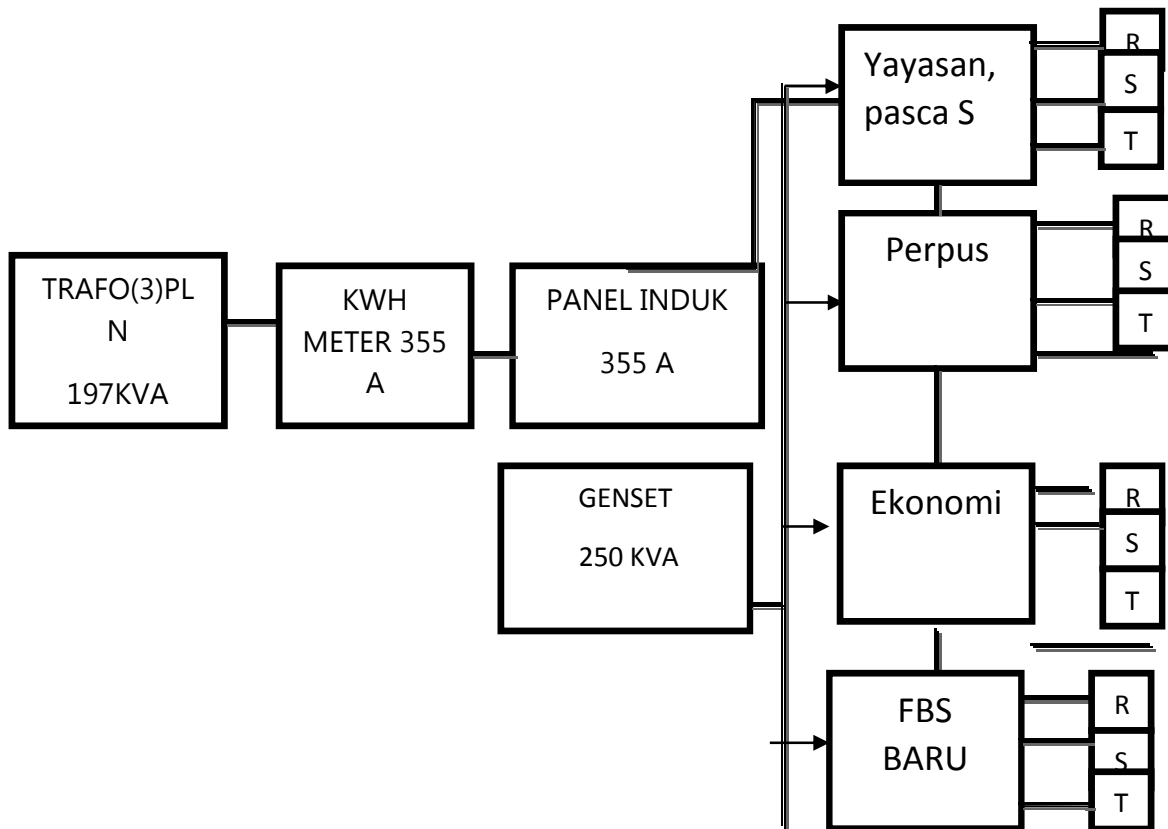


Gambar 3.2 Skema Distribusi Trafo 1 & Trafo 2

Keterangan Gambar 3.2

1. Trafo 1 Daya Listrik 197 KVA yang di Distribusikan dengan KWH Meter(MCB) 355 A Masuk kepanel induk 355 A ke Gedung I (R,S,T)

2. Trafo 2 Daya Listrik 197 KVA yang di Distribusikan dengan KWH Meter (MCB) 355 A masuk kepanel induk 355 A ke Gedung L (R,S,T)



Gambar 3.3 Skema Distribusi Trafo 3

Keterangan Gambar 3.3

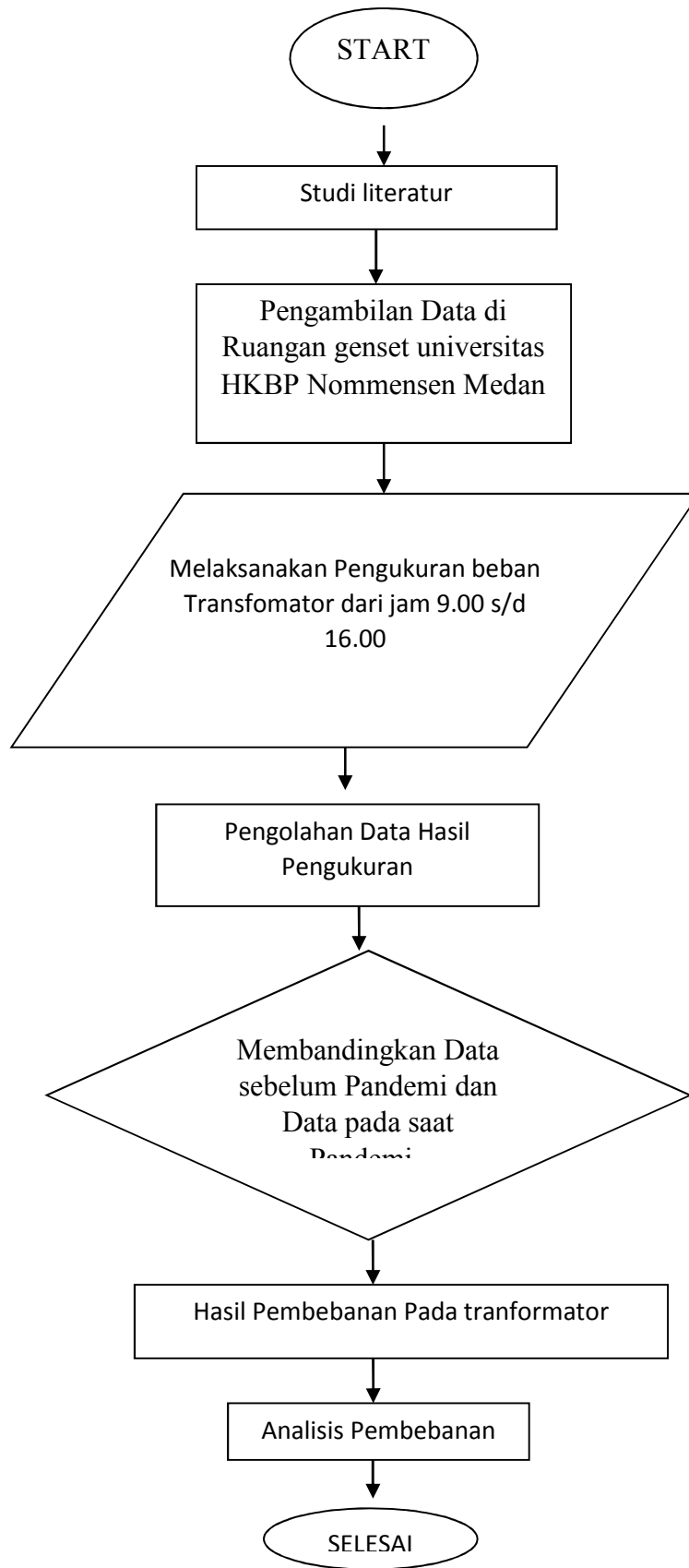
1. Trafo 3 Daya Listrik 197 KVA yang di Distribusikan dengan KWH Meter(MCB) 300 A masuk kepanel induk 355 A ke Yayasan&pasca (R,S,T),Perpus (R,S,T),Ekonomi (R,S,T), Fbs Baru (R,S,T)

### 3.5. Langkah – Langkah Penelitian

Terdapat beberapa metode yang digunakan Proses Pengumpulan data saat penelitian , antara lain:

1. Pengambilan data pembebanan dilakukan dengan cara pengukuran menggunakan alat ukur Tang ampere sesuai dengan gambar 3.1 dan pendataan dilakukan 8 jam , mulai jam 9.00 sampai dengan jam 16.00.
2. Setelah data didapat melakukan analisis perhitungan.
3. Setelah itu melakukan perbandingan melalui grafik.
4. Setelah itu mengambil kesimpulan dari hasil data yang sudah didapat maupun melalui perhitungan ataupun melalui grafik.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat seluruh pada diagram alir gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4 Flowchart  
23

### 3.6. Data Sheet

Data yang diperlukan untuk penelitian pembebanan transformator dapat dilakukan sebagai berikut :

- a) Pengamatan lapangan tentang pembebanan transformator yang terpasang di Universitas HKBP Nommensen Medan
- b) Mendapatkan data harian selama jam kerja berlangsung tentang pembebanan transformator sebelum pandemi dan data pada saat pandemi

Beikut contoh Tabel pengambilan data pembebanan harian selama jam kerja berlangsung:

Tabel 3.1. contoh data sheet pengukuran pembebanan harian

JAM	TRAFO 1 (GEDUNG I)			TRAFO 2 (GEDUNG L)			DISTRIBUSI DAYA TRAFO 3											
							YAYASAN & PASCA			PERPUS & HUKUM			EKONOMI			FBS BARU		
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
09.00																		
10.00																		
11.00																		
12.00																		
13.00																		
14.00																		
15.00																		
16.00																		