



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sistem Distribusi

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen seperti yang terlihat pada Gambar 2. 1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena satu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154kV, 220kV atau 500kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi (Suhadi d., 2008).

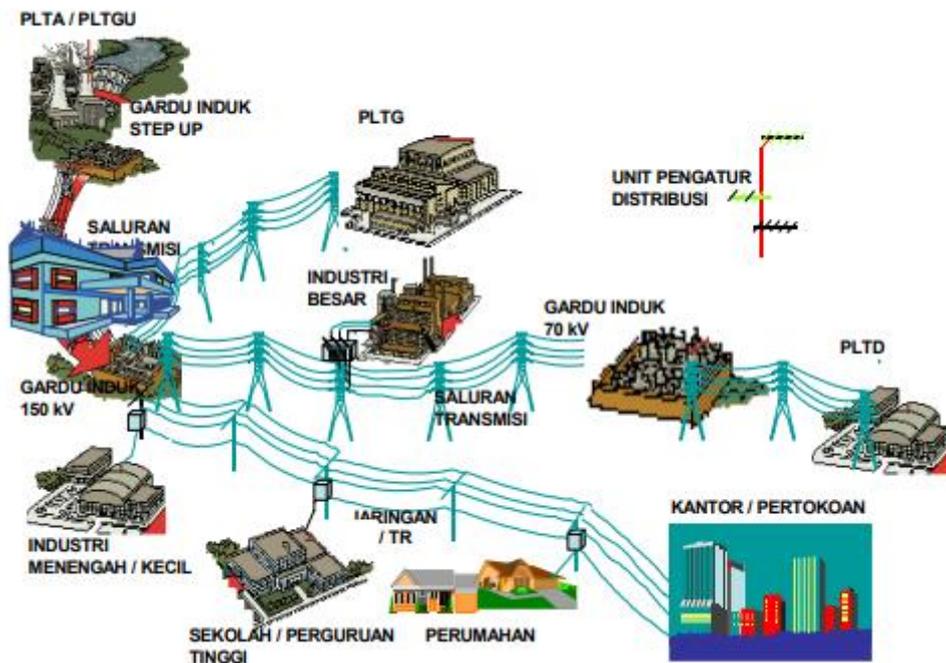
Tegangan yang di transmisikan diturunkan dengan transformator penurunan tegangan (*step down*) pada gardu induk distribusi menjadi 20 kV, kemudian disalurkan ke trafo distribusi yang lebih kecil menjadi tegangan rendah yaitu 220/380 V kemudian disalurkan ke konsumen atau pelanggan.

Pada wilayah pusat tegangan tinggi ini diturunkan kembali dengan transformator penurunan tegangan (*step down*) yang berakibat apabila ditinjau nilai tegangannya maka mulai dari titik sumber sampai titik beban terdapat bagian saluran yang mempunyai nilai tegangan yang berbeda. Dengan adanya nilai tegangan yang berbeda dapat memunculkan arus netral, dimana nilai arus netral ini muncul apabila terjadi beban tidak seimbang. Arus netral pada pembebanan transformator berakibat akan ada perbedaan sudut arus dan tegangan yang cukup besar.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

(sumber : Buku Teknik Distribusi Tenaga Listrik jilid 1 (Suhadi d. , 2008))

### 2.1.1 Jaringan Tegangan Menengah

Jaringan Tegangan Menengah (JTM) juga disebut adalah jaringan tenaga listrik yang berfungsi mengirimkan tegangan dari gardu induk 20 kV ke trafo distribusi dan di turunkan tegangannya menjadi 220/380 V kepada konsumen sesuai kebutuhan, namun ada juga pelanggan yang membutuhkan langsung 20 kV seperti industri besar. Jaringan ini struktur atau pola sedemikian rupa sehingga dalam pengoperasiannya mudah (USM, 2019).

Jaringan tegangan menengah memainkan peran penting dalam mendistribusikan daya listrik dari gardu induk ke berbagai pelanggan, termasuk industri, pabrik, perumahan, dan sektor komersial. Penggunaan tegangan menengah memungkinkan efisiensi yang lebih baik dalam distribusi daya listrik dalam area yang lebih luas daripada tegangan rendah, tetapi tetap dapat diintegrasikan dengan beban dan kebutuhan daya yang lebih besar daripada jaringan tegangan rendah. Terlampir pada Gambar 2. 2 Jaringan Tegangan Menengah



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 2 Jaringan Tegangan Menengah

(sumber : pribadi )

### 2.1.2 Jaringan Tegangan Rendah

Jaringan tegangan rendah (*Low Voltage Network*) adalah bagian hilir dari suatu sistem tenaga listrik. Melalui jaringan distribusi ini disalurkan tenaga listrik kepada para pemanfaat / pelanggan listrik (Tim Kontruksi, 2010). Tegangan rendah dalam konteks ini umumnya merujuk pada tegangan di bawah 1 kV (kilovolt). Jaringan tegangan rendah berperan dalam menyediakan daya listrik untuk kebutuhan sehari-hari di lingkungan lokal. Tegangan rendah juga dianggap lebih aman karena tegangan yang lebih rendah mengurangi risiko kecelakaan listrik dan kerugian daya yang disebabkan oleh resistansi kabel. Seperti yang terlihat pada Gambar 2. 3 Jaringan Tegangan Rendah secara luas digunakan di wilayah perkotaan dan pedesaan untuk menyediakan listrik kepada berbagai pelanggan.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 3 Jaringan Tegangan Rendah

(sumber : pribadi)

## 2.2 Transformator Distribusi

Transformator distribusi adalah perangkat listrik yang digunakan untuk mentransformasikan atau mengubah tegangan listrik dari tegangan tinggi ke level tegangan rendah pada jaringan distribusi listrik. Fungsinya adalah untuk mengatur tegangan listrik agar dapat disalurkan secara efisien dari gardu induk (transmisi) ke gardu distribusi dan selanjutnya ke pelanggan atau konsumen akhir.

Selain itu, transformator distribusi juga dapat digunakan untuk menaikkan tegangan dari level menengah (misalnya, 11 kV) menjadi tegangan rendah (seperti 400/230 V) yang sesuai dengan kebutuhan daya rumah tangga dan bangunan lainnya.

Transformator distribusi terdiri dari dua kumparan yang dililitkan pada inti besi, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Ketika tegangan di kumparan primer berubah karena pasokan listrik dari gardu induk, perubahan ini diinduksi pada kumparan sekunder, menghasilkan tegangan yang sesuai untuk distribusi pada kumparan sekunder.

Transformator distribusi memainkan peran penting dalam sistem distribusi listrik, karena memungkinkan efisiensi tinggi dalam transfer daya dan memastikan bahwa daya listrik tersedia pada level tegangan yang tepat sesuai dengan kebutuhan

pelanggan di wilayah tertentu. Adapun bentuk transformator terlihat pada Gambar 2. 4 Transformator.



Gambar 2. 4 Transformator

### 2.3 Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR)

PHB-TR adalah suatu kombinasi dari satu atau lebih Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah dengan peralatan kontrol, peralatan ukur, pengaman dan kendali yang saling berhubungan. Keseluruhannya dirakit lengkap dengan sistem pengawatan dan mekanis pada bagian-bagian penyangganya. Seperti yang terlihat pada Gambar 2. 5 PHB-TR secara umum sesuai SPLN 118-3-1-1996, untuk pasangan dalam adalah jenis terbuka. PHB-TR pasangan dalam untuk gardu distribusi beton. PHB jenis terbuka adalah suatu rakitan PHB yang terdiri dari susunan penyangga peralatan proteksi dan peralatan Hubung Bagi dengan seluruh bagian-bagian yang bertegangan, terpasang tanpa isolasi. Jumlah jurusan per transformator atau gardu distribusi sebanyak-banyaknya 8 jurusan, disesuaikan dengan besar daya transformator dan Kemampuan Hantar Arus (KHA) Penghantar JTR yang digunakan. Pada PHB-TR harus dicantumkan diagram satu garis, arus pengenal gawai proteksi dan kendali serta nama jurusan JTR (Anonim, 1996).

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 5 PHB-TR

### 2.3.1 Fungsi PHB-TR

Fungsi atau kegunaan PHB-TR merupakan sebagai penghubung dan pembagi atau sebagai pendistribusian tenaga listrik dari *out put* trafo sisi tegangan rendah ke Rel pembagi dan diteruskan menuju Jaringan Tegangan Rendah melalui kabel jurusan (*Opstyg Cable*) yang diamankan oleh NH Fuse pada jurusan masing-masing. Untuk kepentingan efisiensi dan penekanan susut jaringan (*loses*) saat ini banyak unit PLN untuk melepas atau tidak memfungsikan rangkaian pengukuran maupu rangkaian kontrolnya, hal ini tentu dimaksudkan agar tidak banyak lagi energi listrik yang mengalir ke alat ukur maupun kontrol yang dapat terbuang untuk keperluan kontrol dan pengukuran itu sendiri secara terus menerus, sedangkan untuk mengetahui besarnya beban ataupun tegangan, dilakukan pengukuran pada saat di perlukan saja dan bisa menggunakan peralatan ukur portable seperti AVO atau Tang Ampere saja (Suhadi d. , 2008)

### 2.3.2 Peralatan Utama PHB-TR

#### 1. NH-Fuse

Menurut buku PLN 1 (2010) NH Fuse adalah komponen pengaman yang berfungsi sebagai pengaman arus lebih dan hubung singkat. Sebenarnya NH Fuse memiliki fungsi yang sama dengan fuse lainnya, yang membedakan hanya pada kapasitasnya, NH Fuse dapat digunakan untuk tegangan menengah atau untuk pengaman arus yang besar. Seperti yang terlihat pada Gambar 2. 6 NH-Fuse sering digunakan sebagai pengaman untuk trafo pada tiang listrik tegangan menengah .



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Menurut buku PLN 1 (2010) didalam NH Fuse terdapat kawat lebur yang berfungsi sebagai penghantar arus dan juga sebagai pengaman dari beban lebih dan hubung singkat. Apabila terjadi arus lebih atau hubung singkat, kawat lebur tersebut akan mengalami kenaikan suhu dan akan melebur (putus), sehingga arus listrik yang melalui NH Fuse akan terputus. Apabila kawat lebur sudah terputus maka fuse sudah tidak berfungsi dan harus diganti. Pada penggunaannya NH Fuse dipasang pada dudukan atau yang biasa disebut dengan Holder. Dibawah ini berikut karakteristik pengaman NH-Fuse. (Hajar, Wahyuni, & Pramono, 2017)



Gambar 2. 6 NH-Fuse

2. *Ground Plate* atau *Fuse Base*

Fuse base adalah kedudukan dasar NH fuse dimana komponen ini berbentuk jepitan dengan dua permukaan bidang kontak. Seperti yang terlihat pada Gambar 2. 7 *Ground Plate* ini berfungsi untuk menjepit fuse dan sebagai titik kontak penghubung antara busbar dan saluran pembagi serta merupakan alat kontak yang terbuat dari tembaga. Penyebab kerusakan dari fuse base ini adalah loss kontak dari fuse base tersebut. Apabila daya jepit dari fuse base itu berkurang maka NH Fuse yang terpasang menjadi kendur dan hal itu dapat mengakibatkan panas karena adanya percikan bunga api yang lama kelamaan dapat menimbulkan putusnya fuse (Hajar, Wahyuni, & Pramono, 2017) .



Gambar 2. 7 Ground Plate

### 3. Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

MCCB adalah jenis perangkat pemutus sirkuit yang dirancang untuk melindungi sirkuit listrik dari beban berlebih, hubung singkat, dan kondisi-kondisi abnormal lainnya. Seperti yang terlihat pada Gambar 2. 8 MCCB digunakan untuk menghentikan aliran listrik jika terjadi gangguan dalam sirkuit yang dapat menyebabkan bahaya, seperti kebakaran atau kerusakan peralatan listrik.

Ketika arus listrik melampaui batas yang ditentukan (biasanya disebut kapasitas pemutusan arus), MCCB akan terpicu secara otomatis untuk memutuskan aliran listrik dan menghentikan arus berlebih. MCCB memiliki daya pemutusan yang lebih tinggi daripada MCB (Miniature Circuit Breaker) dan sering digunakan dalam aplikasi industri, komersial, dan fasilitas bangunan yang membutuhkan perlindungan yang lebih kuat.



Gambar 2. 8 MCCB

### 4. Current Transformator (CT)

Current Transformator atau disebut juga Transformator Arus adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur arus listrik pada sistem tenaga. CT adalah jenis transformator khusus yang dirancang untuk mengubah arus listrik tinggi menjadi arus yang lebih kecil, sesuai dengan skala yang dapat diukur oleh perangkat pengukuran atau perlindungan. Pada Gambar 2. 9 Current Transformator adalah komponen penting dalam sistem tenaga karena memungkinkan pengukuran



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

arus yang akurat dan perlindungan yang efisien terhadap gangguan listrik, yang membantu menjaga keamanan dan kinerja sistem distribusi listrik.



Gambar 2. 9 Current Transformator

Fungsi utama Current Transformers adalah dua hal:

- a. Pengukuran Arus: CT digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir melalui konduktor (kabel) di dalam sistem tenaga. Arus listrik yang melewati kumparan primer (kumparan di sekitar konduktor bertenaga) akan diubah menjadi arus yang lebih kecil di kumparan sekunder. Ukuran arus yang lebih kecil ini kemudian dapat diukur oleh alat pengukuran, seperti ammeter, untuk memantau dan menganalisis beban listrik dalam sistem.
- b. Perlindungan: CT juga berfungsi sebagai bagian penting dari sistem perlindungan listrik. Dalam situasi kegagalan atau gangguan yang dapat menyebabkan arus berlebih, CT mendeteksi arus berlebih ini dan memberikan sinyal untuk memicu pemutus sirkuit (circuit breaker) atau relay perlindungan lainnya untuk memutuskan aliran listrik dan melindungi peralatan atau sistem dari kerusakan lebih lanjut.

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

*Miniature Circuit Breaker* adalah salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya memiliki dua fungsi yakni sebagai pembatas daya listrik yang akan digunakan oleh pelanggan sesuai dengan kontrak PLN dan juga sebagai pengaman arus beban lebih yang dilengkapi dengan komponen termis (bimetal), MCB dilengkapi dengan relay elektromagnetik yang dapat mengamankan beban jika terjadi hubung singkat pada sistem tenaga listrik. Terlihat pada Gambar 2. 10 MCB 1 Phase Prinsip kerjanya adalah dengan memanfaatkan arus hubung singkat yang nilainya cukup besar untuk membangkitkan koil yang bersifat magnet,



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

semakin besar nilai arus hubung singkat yang terjadi maka semakin cepat pula bimetal koil memutuskan sumber tenaga listrik.



Gambar 2. 10 MCB 1 Phase

Untuk dasar pemilihan dari rating arus MCB yang ingin kita pakai untuk instalasi tentu harus disesuaikan dengan besarnya daya listrik yang terpasang dalam tiap pemakaian karena PLN sudah menetapkan besar langganan listrik sesuai rating arus dari MCB yang diproduksi untuk pasar dalam negeri. Terlampir pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Rating Arus MCB

Daya Tersambung	Pembatas / MCB 1 Fasa (A)	Pengukuran / KWH Meter
220	1 x 1	KWH Meter 1 fasa 220 volt dua kawat
450	1 x 2	
900	1 x 4	
1.300	1 x 6	
2.200	1 x 10	
3.500	1 x 16	KWH Meter 1 fasa 220 volt dua kawat
4.400	1 x 20	
5.500	1x 25	
7.700	1 x 35	
11.000	1 x 50	
13.900	1 x 63	KWH Meter 1 fasa 220 volt dua kawat, bila perlu dengan trafo arus tegangan rendah.
17.600	1 x 80	
22.000	1 x 100	

## 6. *Grounding* (Pembumian)

Sistem pembumian adalah suatu rangkaian/ jaringan mulai dari kutub pembumian/ elektroda, hantaran penghubung/ conductor sampai terminal pembumian yang berfungsi untuk menyalurkan arus lebih ke bumi sehingga dapat memberikan proteksi terhadap manusia dari sengatan listrik (shock), dan mengamankan komponen-komponen instalasi agar dapat terhindar dari bahaya arus dan tegangan asing, serta perangkat dapat beroperasi sesuai dengan ketentuan teknis



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

yang semestinya. Pembumian merupakan salah satu faktor utama dalam setiap pengamanan (perlindungan) peralatan atau rangkaian listrik. Untuk melakukan pengamanan tersebut diperlukan perancangan pembumian sesuai standar yang berlaku sebagai berikut:

- a. Tanah pembumian harus memenuhi syarat yang diinginkan untuk suatu keperluan pemakaian.
- b. Elektroda yang ditanam dalam tanah harus:
  - Bahan konduktor yang baik
  - Tahan korosi
  - Cukup kuat
- c. Elektroda harus mempunyai kontak yang baik dengan tanah sekelilingnya.
- d. Tahanan pembumian harus baik untuk berbagai musim.
- e. Biaya pemasangan serendah mungkin.

Pembumian juga merupakan penghubung bagian-bagian peralatan listrik yang pada keadaan normal tidak dialiri arus. Tujuannya adalah untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dialiri arus dan antara bagianbagian ini dengan tanah sampai pada suatu harga yang aman untuk semua kondisi operasi, baik kondisi normal maupun saat terjadi gangguan

Dalam sebuah instalasi listrik, ada empat bagian yang harus diketanahkan/dibumikan, yaitu sebagai berikut:

- Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.
- Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai lightning arrester. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.
- Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dengan mudah dapat disentuh manusia.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Bagian pembuangan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.

Pembumian peralatan adalah penghubungan badan atau rangka peralatan listrik (motor, generator, transformator, pemutus daya dan bagian-bagian logam lainnya yang pada keadaan normal tidak dialiri arus) dengan tanah. Maksud dari pembumian peralatan adalah:

- Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya untuk orang dalam daerah tertentu.
- Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
- Untuk memperbaiki penampilan (performance) dari sistem.

Tahanan pembumian suatu elektroda tergantung pada tiga faktor, yaitu:

- Tahanan elektroda pembumian beserta sambungan pengelasan pada elektroda itu sendiri.
- Tahanan kontak antara elektroda dengan tanah.
- Tahanan penghantar (BC) yang menghubungkan peralatan yang ditanahkan.
- Tahanan dari massa tanah disekitar elektroda pembumian.

Dari ketiga komponen tersebut, tahanan pembumian merupakan besaran yang paling besar pengaruhnya pada resistansi pembumian dibandingkan tahanan elektroda. Namun demikian seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa nilai tahanan pembumian diharapkan  $\leq 5 \Omega$  atau sekecil mungkin. Namun dalam hasil penelitian di lapangan tidak selalu didapatkan nilai tahanan pembumian yang diharapkan karena banyak faktor-faktor yang mempengaruhi resistansi pembumian.

Nilai tahanan suatu sistem pembumian diharapkan mungkin elektroda pembumian yang ditanamkan ke dalam tanah diharapkan langsung memperoleh tahanan yang rendah, namun hal itu sangat jarang diperoleh.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 7. Busbar

Di dalam pendistribusian tenaga elektrik, busbar merupakan sebuah tembaga atau aluminium tebal yang berfungsi untuk menyalurkan listrik di dalam panel menuju ke beban. Ukuran dari busbar sangat penting dalam menentukan jumlah maksimum arus listrik yang dapat dialirkan dengan aman. Ketebalan dari busbar ini sendiri kurang lebih setebal 5 mm. Karena bahan dan ketebalan busbar tersebut, arus listrik dapat lewat walaupun nilainya cukup besar.

Seperti pada Gambar 2. 11 Busbar dapat digolongkan menjadi beberapa jenis. Berdasarkan pemakaiannya, busbar dapat digolongkan ke dalam 3 jenis, yaitu busbar untuk fasa, netral, dan ground. Berdasarkan peletakkannya, busbar dapat dibagi menjadi busbar vertikal dan busbar horizontal. Busbar vertical adalah busbar didalam panel yang dipasang dengan arah vertikal, sedangkan busbar horizontal dipasang dengan arah horizontal. Pemasangan busbar dilakukan setelah mekanik atau frame panel box sudah dirakit.

Penambahan rating arus yang dapat dilewati, baik busbar vertikal maupun busbar horizontal dapat dipasang beberapa lapis, namun pelapisannya hanya pada bagian ujungnya saja melalui lubang yang terdapat pada ujung busbar tersebut, sehingga terdapat celah udara disela-sela busbar. Celah udara tersebut berfungsi sebagai media pelepasan panas dari dalam busbar ke udara, sehingga akan mereduksi nilai suhu yang terlalu tinggi di dalam busbar.



Gambar 2. 11 Busbar

## 8. Ampermeter



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Ampermeter, juga dikenal sebagai ampere meter atau amp meter, adalah alat yang digunakan untuk mengukur arus listrik dalam suatu sirkuit. Satuan yang digunakan untuk mengukur arus adalah ampere (A). Seperti yang terlihat pada Gambar 2. 12 Ampermeter harus dihubungkan seri dengan sirkuit sehingga arus yang mengalir melalui sirkuit juga akan mengalir melalui ampermeter. Ampermeter mengukur jumlah arus yang mengalir pada saat pengukuran dan menunjukkan nilainya pada skala atau layar yang ada di alat tersebut.



Gambar 2. 12 Ampermeter

9. Voltmeter

Voltmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur tegangan listrik dalam suatu sirkuit. Satuan yang digunakan untuk mengukur tegangan adalah volt (V). Seperti pada

Gambar 2. 13 Voltmeter harus dihubungkan paralel dengan sirkuit sehingga tegangan yang ada di sirkuit juga akan diberikan pada voltmeter. Voltmeter mengukur beda potensial atau tegangan antara dua titik dalam sirkuit dan menunjukkan nilainya pada skala atau layar yang ada di alat tersebut.

Gambar 2. 13 Voltmeter



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 2.4 Powermeter

*Powermeter* merupakan peralatan digital yang multi fungsi, karena dapat menggantikan bermacam-macam alat ukur kelistrikan, relai, transduser, dan komponen lainnya. Dengan kata lain dalam satu alat sudah dapat digunakan untuk mengukur berbagai macam jenis besaran listrik antara lain arus, tegangan, daya, faktor daya, frekuensi bahkan total harmonik distorsion secara *real time monitoring*. Pada Gambar 2. 14 Powermeter ZGCJ menggunakan komunikasi RS485 yang terintegrasi pada setiap pemantauan daya dan sistem kendali menggunakan Sistem Manajer *Software* (SMS). *Powermeter* memiliki tingkat ketelitian yang tinggi pada beban nonlinier, (Y, 2012) .



Gambar 2. 14 Powermeter ZGCJ

*Powermeter* juga digunakan untuk mengukur total loss dalam sebuah link optik baik saat instalasi (uji akhir) atau pemeliharaan dan juga untuk kelurusan core optik. Pengukuran dengan optikal *Powermeter* digunakan untuk menentukan *loss* (rugi) daya cahaya pada saluran serat optik, *Optikal Powermeter* listrik (OPM) adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekuatan dalam sinyal optik. Istilah ini biasanya mengacu pada perangkat untuk menguji daya rata-rata dalam sistem serat optik. Perangkat tujuan umum kekuatan cahaya measuring biasanya disebut radiometers, fotometer, daya laser meter, meter ringan atau lux meter.

## 2.5 ESP32 NodeMCU

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem

aplikasi Internet of Things. ESP32 sendiri tidak jauh berbeda dengan ESP8266 yang familiar di pasaran, hanya saja ESP32 lebih kompleks dibandingkan ESP8266, cocok untuk sobat dengan proyek yang besar.

Pada Gambar 2. 15 NodeMCU ESP32 ini dapat diprogram dengan menggunakan C++, C, Python, Lua, dll. untuk menjalankan program mikrokontroler ESP32 ini memerlukan suatu software pemrograman, berikut ini adalah contoh softwarena untuk menjalankan program mikrokontroler ESP32, diantaranya sebagai berikut :

- Arduino Promini.
- Arduino IDE.
- Ubuntu 14.04 LTS.
- ESP-IDF Visual Studio Code Extension.
- Espressif IoT Development Framework.



Gambar 2. 15 NodeMCU ESP32

## 2.6 Modul RS485

RS-485 adalah protokol komunikasi serial asinkron yang tidak memerlukan pulsa clock. Komunikasi ini menggunakan teknik yang disebut sinyal diferensial untuk mentransfer data biner dari satu perangkat ke perangkat lainnya. Seperti yang terlihat pada Gambar 2. 16 Konektor RS485 memiliki beberapa keunggulan diantaranya, mendukung kecepatan transfer file sampai 30 Mbps, mendukung untuk mentransfer data sampai jarak 1200 meter, memuat lebih banyak *slave device* dengan *master device* tunggal, kebal terhadap kebisingan karena menggunakan metode sinyal diferensial dalam mentransfer datanya, (Faudin, 2019).



### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 16 Konektor RS485

## 2.7 Blynk

Blynk adalah aplikasi untuk iOS dan OS Android untuk mengontrol Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi dan sejenisnya melalui Internet. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat *hardware*, menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi, dan lain-lain, (Artiyasa & dkk, 2020). Aplikasi Blynk memiliki 3 komponen utama, yaitu *Aplikasi, Server, dan Libraries*. Blynk server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara smartphone dan hardware. Widget yang tersedia pada Blynk diantaranya adalah *Button, Value Display, History Graph*, dan lain sebagainya. Blynk tidak terikat dengan beberapa jenis *microcontroller* namun harus didukung perangkat keras yang dipilih. Bentuk aplikasi Blynk dapat dilihat pada Gambar 2. 17 Icon Blynk.



Gambar 2. 17 Icon Blynk

## 2.8 Internet of Things (IoT)

Konsep dari *Internet of Things (IoT)* sendiri cukup sederhana yaitu cara kerjanya mengacu pada 3 elemen utama pada arsitektur *Internet of Things (IoT)*, yaitu barang fisik yang dilengkapi modul *Internet of Things (IoT)*, perangkat koneksi ke internet seperti modem dan *router wireless*, dan cloud data center sebagai tempat untuk menyimpan aplikasi beserta database (Efendi, 2018). Gambaran mengenai konsep dari *Internet of Things (IoT)* dapat dilihat pada Gambar 2. 18 Konsep cara kerja Internet of Things (IoT).



Gambar 2. 18 Konsep cara kerja Internet of Things (IoT)

Cara Kerja *Internet of Things* (IoT) yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argumennya itu menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dalam jarak berapapun. Internetlah yang menjadi penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut, sementara manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung. Sedangkan untuk platform clouds merupakan media penampung data yang berasal dari interaksi sesama mesin.

## 2.9 Arus Netral

Arus netral pada sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada penghantar netral di sistem distribusi tegangan rendah tiga fasa empat kawat. Arus netral ini akan muncul apabila :

- a) Kombinasi beban tidak rata
- b) Karena adanya arus harmonik akibat beban non linear

Arus yang mengalir pada penghantar netral yang merupakan arus bolak-balik untuk sistem distribusi tiga fasa empat kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus fasa dalam komponen simetris. Arus netral ini berpengaruh terhadap sistem apabila nilai arus netral berlebihan, dalam hal ini dapat mengakibatkan :

- a. Transformator akan mengalami panas berlebihan
- b. Menurunkan kualitas transformator
- c. Terjadinya kegagalan pengawatan pada penghantar netral





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### 2.9.1 Penyebab Tingginya Arus Netral

Adapun tingginya arus netral dapat disebabkan beberapa faktor, yaitu

- a) Kondisi beban tak seimbang, dimana keadaan tak seimbang ada tiga, yaitu :
  - Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
  - Ketiga vektor tidak sama besar, tetapi, membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
  - Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
- b) Karena adanya arus harmonik yang diakibatkan oleh beban non-linear.

### 2.9.2 Mengatasi Arus Netral Tinggi

Arus netral yang tinggi dapat diatasi dengan langkah-langkah sebagai berikut, yaitu :

- a. Memperbaiki sambungan kawat netral

Pada sistem distribusi listrik pada umumnya memakai sistem tiga fasa empat kawat, dimana tiga kawat sebagai fasa dan satu kawat sebagai netral. Apabila beban yang di bebani adalah non-linear maka untuk mengatasi panas berlebih pada kawat netral sebaiknya ukuran kawat netral ukurannya diperbesar dari ukuran standarnya. Begitu pula pada panel listrik disarankan untuk diperbesar dari ukuran standarnya sebagai sistem pentanahannya.

- b. Pemerataan beban

Pembebanan yang tak seimbang mengakibatkan arus netral traformator menjadi tinggi. Pemerataan beban dilakukan untuk memperbaiki kualitas beban yang dikirim. Terlihat dengan beban seimbang dengan menghasilkan pergeseran sudut antar fasa sebesar  $120^\circ$ . Hal ini berpengaruh terhadap arus netral yang terjadi dimana arus netral akan menjadi nol.

### 2.10 Karakteristik Beban

Dari pengelompokan beban tersebut secara periodik dapat dicatat besar-kecilnya beban setiap saat berdasarkan jenis beban pada tempat-tempat tertentu, sehingga dapat dibuat karakteristiknya (Suhadi d. , 2008).

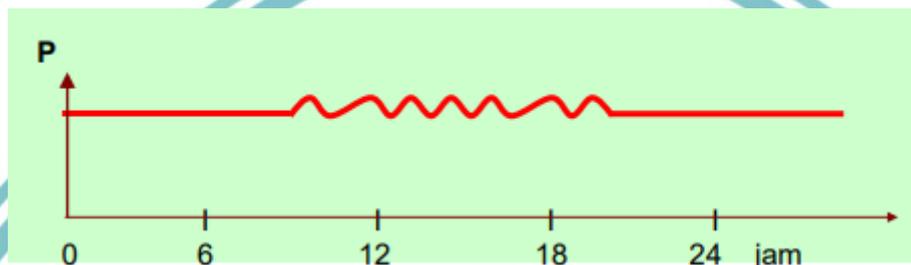
- 1) Karakteristik Beban untuk Industri Besar.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

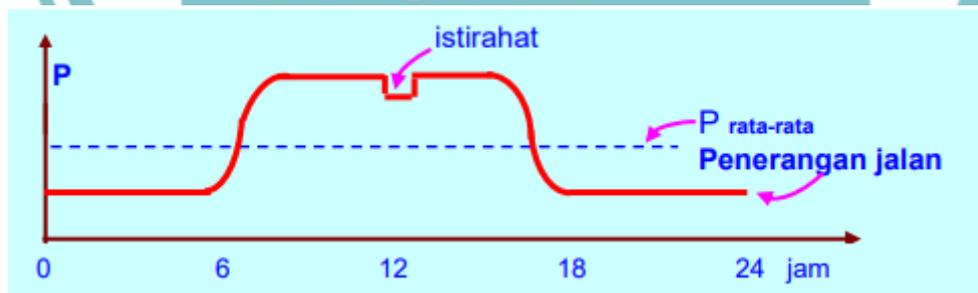
Pada industri besar (misalnya pengecoran baja) umumnya bekerja selama 24 jam, sehingga perubahan beban hanya terjadi pada saat jam kerja pagi untuk keperluan kegiatan administrasi. Perubahan beban tersebut nilainya sangat kecil jika dibanding dengan daya total yang digunakan untuk operasional industri. Selbihnya hampir kontinyu, selama 24 jam. Pada Gambar 2. 19 Karakteristik Beban untuk Industri Besar memperlihatkan karakteristik beban harian untuk industri besar yang umumnya, bekerja selama 24 jam.



Gambar 2. 19 Karakteristik Beban untuk Industri Besar

2) Karakteristik Beban untuk Industri Kecil.

Untuk beban harian pada industri kecil yang umumnya hanya bekerja pada siang hari saja perbedaan pemakaian tenaga listrik antara siang dan malam hari sangat mencolok, karena pada malam hari listrik hanya untuk keperluan penerangan malam. Pada Gambar 2. 20 Karakteristik Beban untuk Industri Kecil memperlihatkan karakteristik beban harian untuk industri kecil yang hanya bekerja pada siang hari.

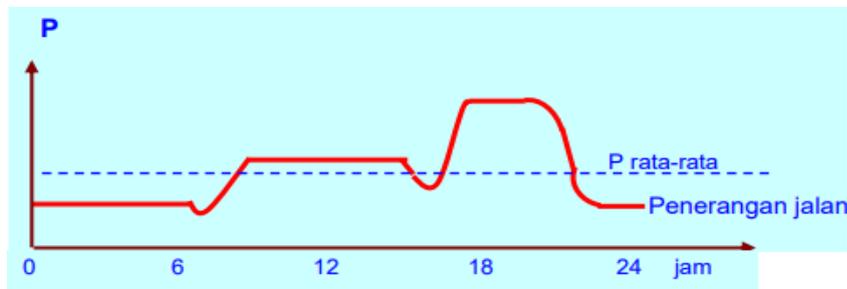


Gambar 2. 20 Karakteristik Beban untuk Industri Kecil

3) Karakteristik Beban Daerah Komersil.

Untuk daerah komersil beban amat bervariasi dan beban puncak terjadi antara pukul 17.00 sampai dengan pukul 21.00. Pada Gambar 2. 21

Karakteristik Beban Daerah Komersil memperlihatkan kurve beban harian untuk daerah komersil.



Gambar 2. 21 Karakteristik Beban Daerah Komersil

### 2.11 Ketidakseimbangan Beban

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut muncullah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses (rugi-rugi), yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah. (Hutahuruk, 1996)

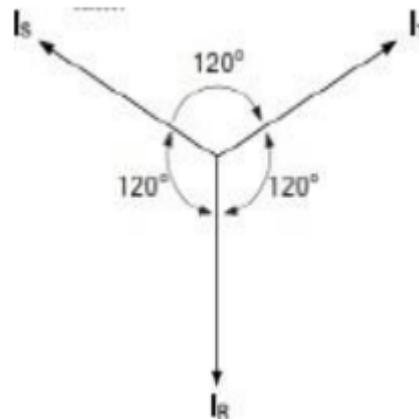
Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan dimana :

- Ketiga vektor arus / tegangan adalah sama besar
- Ketiga vektor saling membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain, seperti yang terlihat pada Gambar 2. 22 Vektor Diagram Arus Keadaan seimbang di bawah ini :



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 22 Vektor Diagram Arus Keadaan seimbang

Dari gambar di atas menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Dimana beban tiga fasa tahanan yang sama besarnya, besarnya arus saluran IR IS IT mengalir melalui masing masing elemen apabila salah satu titik fasa di hubungkan dari saluran dengan tahanan beban masing-masing. Dimana ketiga arus penghantar atau arus fasa mempunyai besar yang sama, karena beban dalam hubungan bintang adalah seimbang. Oleh karena itu dalam hal beban keadaan seimbang penghantar netral tidak di aliri arus listrik, maka sistem empat kawat ini dapat disederhanakan menjadi sistem tiga kawat IR IS IT karena penghantar netral tidak di aliri arus listrik (T & C, 2013) .

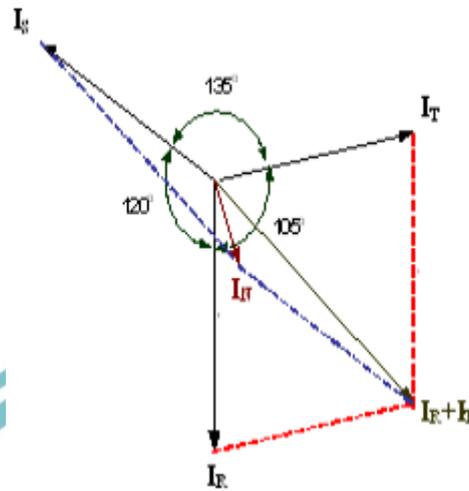
Ini hanya mungkin bila terdapat beban yang seimbang, artinya semua tahanan beban adalah sama besar dan sistem sumber yang bersifat simetris atau sesuai. Dan disini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya ( $I_R I_S I_T$ ) adalah sama dengan nol dan sudut yang terbentuk adalah  $120^\circ$  , sehingga tidak muncul arus netral. Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan dimana salah satu atau kedua syarat keadaan setimbang tidak terpenuhi Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada tiga yaitu :

- Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain. Seperti yang terlihat pada Gambar 2. 23 Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang di bawah ini :



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 23 Vektor Diagram Arus Keadaan Tidak Seimbang

Dari gambar di atas menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan tidak seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya ( $I_R$   $I_S$   $I_T$ ) adalah tidak sama dengan nol sehingga muncul suatu besaran yaitu arus netral ( $I_N$ ) yang besarnya bergantung pada seberapa besar faktor ketidakseimbangannya (Kadir, 200).

Dimana setiap indikasi ketidakseimbangan terlihat arus netral yang seharusnya tidak ada. Disamping itu terlihat urutan fasa tidak mengikuti putaran jarum jam dan arus fasa yang tidak sama besar. dengan adanya fasa kenetral menjadi faktor utama ketidakseimbangan. Yang terlihat bahwa ketiga vektortr tidak membntuk sudut  $120^\circ$  satu sama lain. Adapun penyebab ketidakseimbangan beban adalah sebagai berikut :

- Beban yang tidak merata pada sistem distribusi tenaga listrik.
- Beban yang tidak merata dalam sistem beban tenaga listrik.
- Pembagian beban per fasa yang tidak merata.
- Peralatan jaringan listrik yang mengalami kerusakan seperti kapasitor bank yang terbakar, trafo terbakar, hubungan open delt yang rusak dan lain-lain (Badaruddin, 2012).

Adapun standar ketidakseimbangan beban diatur dalam IEEE std 446 – 1980 yaitu sebesar 5% - 20% dan berdasarkan SPLN No. 50 Tahun 1997 batas ketidakseimbangan jika  $\geq 10\%$ . (H & Y, 2017).



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB III

### PERENCANAAN DAN REALISASI SERTA METODE PENGAMBILAN DATA

#### 3.1 Metode Pengambilan Data

Pada Tugas Akhir ini metode pengambilan data dapat dilakukan secara manual dan otomatis. Pengambilan data dari tanggal 01 Agustus 2023 sampai 03 Agustus 2023 di PHB-TR gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta dalam kondisi normal. Data diambil per-30 menit sekali dalam jangka waktu 6 jam dari jam 10.00 sampai jam 16.00. Pengambilan data ini menggunakan alat yaitu *powermeter* yang dapat melihatkan parameter kelistrikan berupa tegangan 3 fasa, tegangan 1 fasa, arus fasa (r,s,t), daya aktif (r,s,t), daya reaktif (r,s,t), daya nyata(r,s,t), frekuensi, dan power faktor. Data yang terlihat pada *powermeter* dicatat dan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sehingga dapat mengetahui presentase ketidakseimbangan beban. Adapun pengambilan data secara otomatis menggunakan smartphone melalui aplikasi blynk dan memiliki database. Data tersebut dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sehingga mendapatkan nilai presentase ketidakseimbangan beban. Tujuan pengambilan data untuk memberitahu kepada pihak terkait yaitu Unit Pelaksana Teknis (UPT) bahwa beban di PHB-TR gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta mengalami ketidakseimbangan dan mohon segera adakan tindakan.

#### 3.2 Perancangan Alat

Rancangan alat merupakan hal yang sangat penting dari salah satu proses pembuatan alat. Dalam perancangan ini menentukan setiap komponen yang akan digunakan sesuai dengan kebutuhan dan kegunaan dalam membangun suatu alat. Komponen yang akan dipilih harus dibaca petunjuk penggunaannya sebelum digunakan, agar dapat memahami spesifikasi dan fungsi komponen yang kita gunakan sehingga dapat dianalisa apabila terjadi masalah pada alat dan komponen. Dilakukannya tahap perancangan supaya dapat memahami karakteristik dari bahan dan komponen yang digunakan sehingga dapat mempermudah proses pengerjaan dan terhindar dari kesalahan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada alat dan komponen lainnya dalam membangun alat Monitoring Ketidakseimbangan Beban Gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

### 3.2.1 Deskripsi Alat

Perancangan peralatan untuk Monitoring Ketidakseimbangan Beban pada PHB-TR Gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta berbasis IoT bertujuan untuk memonitoring parameter kelistrikan yang terdapat pada PHB-TR tersebut dan untuk mengetahui terjadinya ketidakseimbangan beban. Komponen utama yang digunakan pada proyek tugas akhir adalah *Powermeter* yang berfungsi untuk memonitoring parameter kelistrikan secara langsung dan dapat ditampilkan pada display. Peralatan *Powermeter* terhubung dengan mikrokontroler dengan tujuan agar kegiatan monitoring dapat dilihat secara *mobile* dan bertujuan untuk meminimalisir kecelakaan kerja pada saat monitoring parameter kelistrikan secara langsung pada PHB-TR. monitoring ketidakseimbangan beban pada PHB-TR Gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta menggunakan sensor *Current Transformator (CT)* sebagai sensor arus yang berfungsi untuk mengubah besar arus listrik yang melewati kumparan primer menjadi arus yang lebih kecil (sesuai dengan rasio CT) pada kumparan sekunder. Rasio CT 100/5A mengindikasikan bahwa arus primer (arus yang mengalir melalui kumparan primer CT) sebesar 100 A akan diubah menjadi arus sekunder sebesar 5 A. Dalam hal ini, CT mengurangi arus asli sebesar 100 kali dan menghasilkan arus yang lebih kecil (5 A) yang sesuai untuk diukur oleh perangkat pengukuran atau proteksi.

### 3.2.2 Cara Kerja Alat

Peralatan monitoring ketidakseimbangan beban pada PHB-TR Gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta digunakan untuk mengetahui besaran kelistrikan seperti arus, tegangan, daya, frekuensi dan lainnya, sehingga dengan diketahuinya parameter tersebut dapat dilakukan analisa untuk mengetahui terjadinya ketidakseimbangan beban.

Urutan cara kerja peralatan Monitoring Ketidakseimbangan Beban adalah sebagai berikut:

1. Pastikan jaringan instalasi pada PHB-TR tersebut telah aktif, baik jaringan yang akan disalurkan ke masing-masing beban maupun jaringan instalasi pada setiap sensornya.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Sensor yang digunakan berupa CT yang dipasang secara seri langsung pada penyaluan jaringan setiap beban, serta NH Fuse yang terpasang pada jaringan masukan. Kedua peralatan ini akan menyalurkan data parameter kelistrikan melalui arus listrik.
3. Data parameter kelistrikan dari beberapa sensor tersebut akan diterima oleh Power Meter Digital. Power Meter Digital akan mengkonversikan arus yang diterimanya kedalam bentuk data. Data tersebut akan ditampilkan pada display Powermeter
4. Data yang tertampil pada display Powermeter Digital berupa parameter arus, tegangan, frekuensi serta faktor daya pada masing-masing fasa. Data tersebut dapat langsung dianalisis untuk mendeteksi terjadinya ketidakseimbangan beban.
5. Setelah terdeteksi terjadinya ketidakseimbangan beban, inspektor dapat langsung mengoreksi serta merapikan jaringan instalasi di dalam PHB-TR guna menjadikan beban total pada masing-masing fasa mendekati nilai yang seimbang.
6. Data parameter kelistrikan pada Power Meter Digital juga dapat dimonitoring menggunakan smartphone melalui aplikasi bylnk. Sebelum data tersebut ada pada smartphone data tersebut akan ditransfer dari Power Meter Digital ke Mikrokontroller.
7. Data yang ditransfer dari Power Meter Digital ke Mikrokontroller akan melalui jaringan komunikasi Modbus dengan Module RS485 sebagai jembatan antara Power Meter Digital dengan Mikrokontroller.
8. Mikrokontroller yang digunakan adalah NodeMCU ESP32. Mikrokontroller ini bukan hanya dapat menerima data tetapi juga dapat mentransfer data yang telah diterima dari Power Meter Digital ke smartphone melalui jaringan internet berupa wifi.
9. Data yang ditransfer dari Mikrokontroller ke smartphone akan masuk ke database cloud server aplikasi Blynk. Pemanfaatan aplikasi blynk ini ditujukan untuk memudahkan pekerjaan inspeksi dan monitoring pada PHB-TR dan juga

dapat meminimalisir kecelakaan kerja yang dapat terjadi pada saat inspeksi dan monitoring secara langsung.

### 3.2.3 Spesifikasi Alat

Berikut ini merupakan daftar spesifikasi alat yang digunakan pada rangkaian PHB-TR gedung D terdapat pada Tabel 3. 1.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Unit
<b>A. Komponen Utama</b>				
1.	NodeMCU ESP32	LUA WiFi maks 64MB 32pin GPIO + Baseboard ESP32	1	Buah
2.	Current Transformer (CT)	TAB MSQ-30 100/5A	3	Buah
3.	UART TTL to RS485	TTL-RS485 converter, chipset 74HC0D, Up to 1 km -40°C to 85°C	1	Buah
4.	MCB 1 Phase	Schneider 16A	1	Buah
5.	Fuse Holder	FORT-FS 10A	1	Buah
6.	Powermeter	ZGCJ, Comunication RS485, Modbus-RTU protocol, Baude rate 9600 5A, 3x220V/380V	1	Buah
7.	NH Fuse	NT-0 125A gG ~660V + Fuse Holder 160A	3	Buah
8.	MCCB	ICS 100% Icu. Trip Unit TMD :Thermal Magnetic (fixed). Fixed type, front connection, 100 A	1	Buah
9.	Ampermeter	TAB SF-72 100/5A ISO9001	3	Buah
10.	Voltmeter	TAB SF-72 500V ISO9001	1	Buah

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





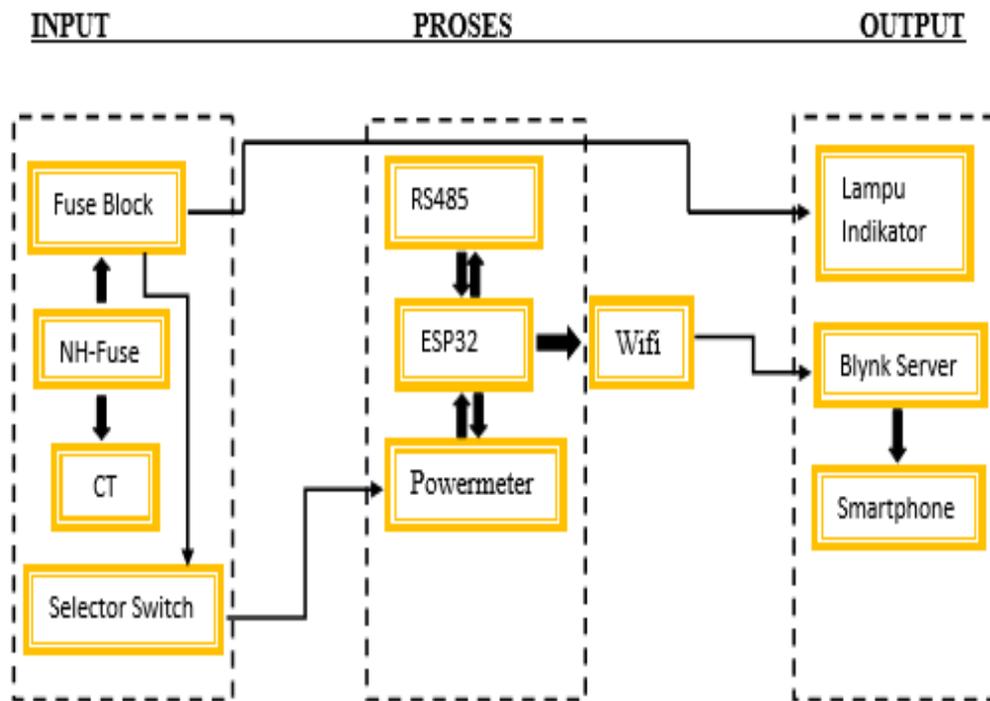
**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

11	Adaptor 12VDC	Samsung Switching Power Supply SW-5515 ~100-240V to 12VDC 2,0A	1	Buah
12	Lampu Indikator	Tegangan : 220 AC, Pilot AD16-22DS (hijau, kuning, dan merah).	3	Buah
13	Selector Switch	Selector Volt 7 posisi 3 pole LW26-20A/3	1	Buah

**3.2.4 Diagram Blok**

Berikut diagram blok Sistem Monitoring Ketidakseimbangan Beban pada Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah Gedung D PNJ berbasis IoT, dapat dilihat pada Gambar 3. 1 Diagram Blok.

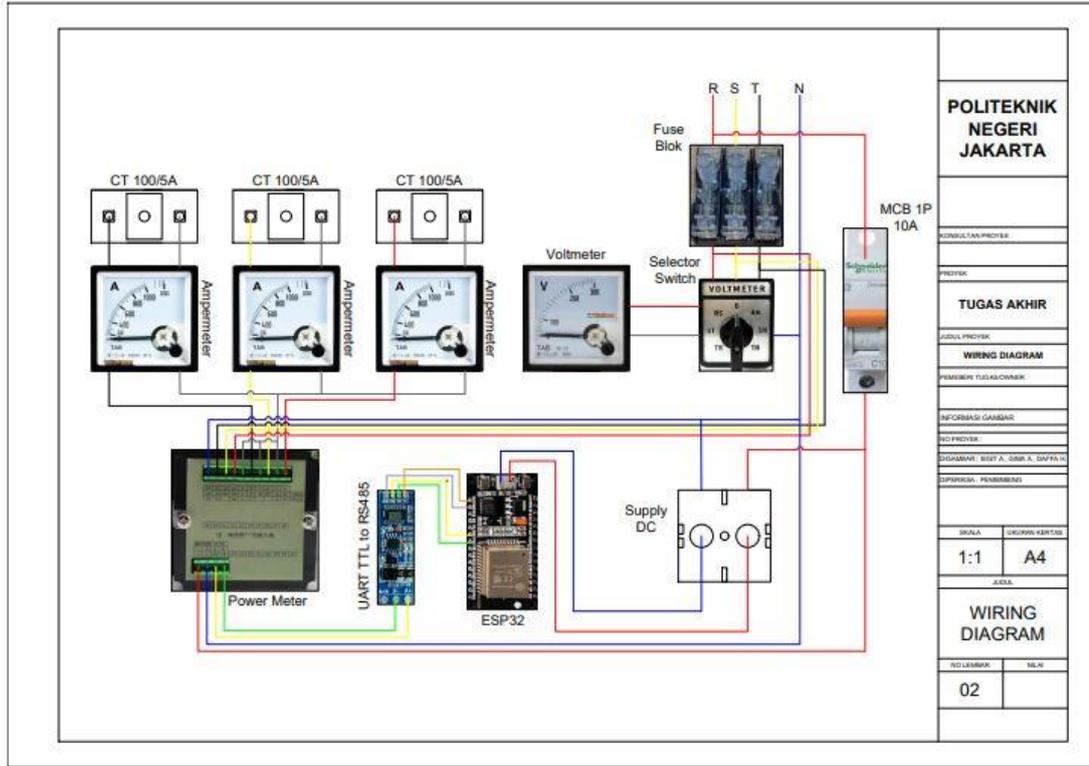


Gambar 3. 1 Diagram Blok



### 3.2.5 Wiring Diagram

Berikut wiring diagram pada rangkaian PHB-TR gedung D, dapat dilihat pada Gambar 3. 2 Wiring Diagram.



Gambar 3. 2 Wiring Diagram

### 3.2.6 Flowchart

Berikut merupakan flowchart cara kerja alat monitoring ketidakseimbangan beban pada PHB-TR gedung D PNJ berbasis IoT dapat dilihat pada Gambar 3. 3 Flowchart

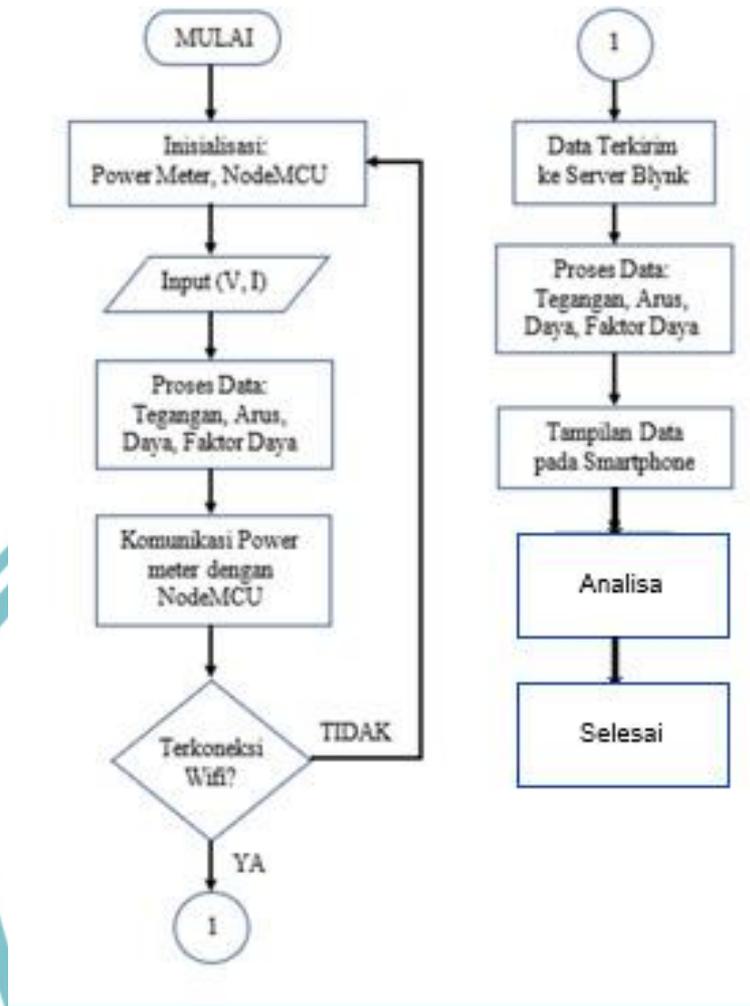
- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3. 3 Flowchart

Penjelasan :

Hal pertama yang perlu diperhatikan dalam proses *monitoring* ketidakseimbangan beban pada PHB-TR Gedung D adalah inisialisasi (mengeset ulang) *Powermeter* dan *NodeMCU* agar mendapatkan hasil kerja yang maksimal. Kemudian menginput tegangan dan arus pada *Powermeter* untuk memproses data dari beberapa parameter kelistrikan yang akan ditampilkan pada monitor *Powermeter*. Selanjutnya data pada *Powermeter* akan di transfer ke Mikrokontroler melalui komunikasi RS485. Data yang telah diterima pada *NodeMCU* akan diproses untuk mengetahui apakah terjadi ketidakseimbangan dan memberi peringatan pada lampu tanda. Data pada *NodeMCU* juga akan di transfer kembali ke *Blynk server* melalui koneksi jaringan *wifi*. Jika *NodeMCU* tidak terkoneksi dengan *wifi* maka akan dilakukan pengecekan *troubleshooting* menyeluruh mulai



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dari tahapan awal proses. Kemudian jika data telah diterima Blynk *server* data tersebut akan ditampilkan pada *smartphone* yang telah memiliki device NodeMCU dan terkoneksi *wifi* yang sama. Sehingga pelaksanaan inspeksi dan monitoring dapat dilakukan melalui *smartphone* dengan tujuan mempermudah monitoring parameter kelistrikan saat terjadi ketidakseimbangan pada PHB-TR dan meminimalisir kecelakaan kerja yang terjadi pada saat inspeksi dan monitoring PHB-TR secara manual. Setelah mendapatkan data, dapat dianalisa hasil data yang diterima oleh Blynk.

### 3.3 Realisasi Alat

Pada tugas akhir ini akan dibangun alat berupa Monitoring Ketidakseimbangan Beban Pada PHB-TR Gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta Berbasis IoT dengan menggunakan aplikasi Blynk pada website atau *smartphone*. Maka dari itu, untuk mempermudah pengambilan data dibentuklah sebuah rancangan alat monitoring ketidakeimbangan beban berbasis IoT. Setelah dirancang penulis akan melakukan analisa terhadap arus yang terbaca oleh *powermeter* dan aplikasi blynk.

#### 3.3.1 Perhitungan Beban Penuh

Telah diketahui bahwa daya transformator distribusi bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \quad (3.1)$$

Dimana :

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan Sisi Primer Transformator (kV)

I = Arus Jala-jala (A)

(Fauzi, 2020)

Dengan demikian untuk menghitung arus beban penuh (full load) dapat menggunakan rumus :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (3.2)$$



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$I_{FL}$  = Arus Beban Penuh (A)

S = Daya Transformator (kVA)

V = Tegangan Sisi Sekunder Transformator (kV)

### 3.3.2 Perhitungan ketidakseimbangan Beban

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (3.3)$$

Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata, maka koefisien a, b dan c diperoleh dengan :

$$a = \frac{I_R}{I} \quad (3.4)$$

$$b = \frac{I_S}{I} \quad (3.5)$$

$$c = \frac{I_T}{I} \quad (3.6)$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{\{[a-1] + [b-1] + [c-1]\}}{3} \times 100\% \quad (3.7)$$

### 3.3.3 Perhitungan Arus Netral

Arus Netral ( $I_N$ ) merupakan penjumlahan arus ketiga fasanya karena jalur netral tersebut dilalui oleh ketiga fasa yang ada. Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus dalam saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral. Jika arus fasa yang tidak seimbang maka arus netralnya tidak bernilai nol atau di aliri arus listrik. Begitupun sebaliknya jika arus-arus fasanya seimbang maka arus netralnya akan bernilai nol, tapi jika arus-arus fasanya tidak seimbang, maka akan ada arus yang mengalir di kawat netral sistem (arus netral akan mempunyai nilai dalam arti tidak nol), menurut persamaan berikut :

$$I_N = I_R + I_S + I_T \quad (3.8)$$

$$I_N = 0 \quad (3.9)$$

$$I_N = \sqrt{I_R^2 + I_S^2 + I_T^2 - (I_R \times I_S) - (I_S \times I_T) - (I_R \times I_T)} \quad (3.10)$$



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dimana :

$I_N$  : Arus Netral (A)

$I_R$  : Arus Fasa R

$I_S$  : Arus Fasa S

$I_T$  : Arus Fasa T

Persamaan diatas (3.9) menunjukkan jika beban yang diaplikasikan dalam suatu tegangan tiga fasa seimbang, maka arus netralnya sama dengan nol karena simetris dan saling meniadakan. Arus netral muncul akibat pembebanan yang tidak seimbang. Semakin besar ketidakseimbangan beban, maka semakin besar pula nilai arus netralnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Pembebanan Transformator

Politeknik Negeri Jakarta memiliki 4 *transformator* yang berada di Gedung Merah. Dimana salah satu diantaranya 1 transformator yang memberikan tegangan ke Gedung D Jurusan Teknik Elektro, Gedung F Jurusan Akuntansi, Gedung Telkom, dan Gedung Administrasi Niaga Politeknik Negeri Jakarta melalui Gedung GSG.

Daya Transformator 500 kVA, Tegangan Sisi Sekunder Transformator 400/220V

- Menghitung Beban Penuh ( $I_{FL}$ ) menggunakan persamaan (3.2)

$$\begin{aligned} I_{FL} &= \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \\ &= \frac{500000}{\sqrt{3} \cdot 400} \\ &= 721,7 \text{ A} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui beban puncak pada *transformator* tersebut maka di tentukanlah KHA NH fuse pada masing-masing gedung tersebut senilai 125 A. Karena masing-masing gedung sedikit kemungkinan tidak memakai peralatan-peralatan besar.

### 4.2 Pengujian

Setelah perancangan dan realisasi alat telah selesai, selanjutnya dilakukanlah pengujian. Pengujian ini untuk mengoperasikan alat monitoring berupa *powermeter* supaya alat tersebut dapat berjalan dan bekerja dengan baik saat sumber tegangan 3 *phase* sudah siap. Parameter kelistrikan pada *powermeter* dikoneksikan ke blynk melalui jaringan internet berupa wifi. Pengujian secara manual yaitu dengan *powermeter* sedangkan pengujian secara otomatis menggunakan aplikasi blynk.

#### 4.2.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian dilakukan saat tegangan menengah sudah siap mengirim tegangan ke tegangan rendah. Setelah siap, MCCB dapat dinyalakan dan outputnya



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

akan mengirim ke 3 busbar (R,S,T). Masing-masing busbar akan mengirim tegangan ke 3 jurusan melalui 1 phase. Output dari MCB 1 phase akan memberikan tegangan ke beban sehingga beban dapat hidup. Setelah semua sudah selesai, maka nilai tegangan 3 fasa, tegangan 1 fasa dan arus akan keluar di *powermeter*. data parameter kelistrikan pada *powermeter* ditransfer ke mikrokontroller ESP32 melalui jaringan komunikasi modbus dengan Module RS485. Mikrokontroller ini dapat menerima data dan juga mentransfer data yang telah diterima dari *powermeter* ke smartphone melalui jaringan internet berupa wifi, data yang diterima ke smartphone melalui aplikasi blynk..

#### 4.2.2 Daftar Alat dan Bahan

Berikut adalah daftar alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Daftar Alat dan Bahan Pengujian

No	Nama Alat	Jenis Merk	Jumlah
1.	MCCB	Schneider	1
2.	Powemeter	ZGCJ	1
3.	Jumper/Busbar		4
4.	MCB 1 Phase	Schneider	30
5.	Kotak Kontak		1
6.	Modul UART TTL to RS485		1
7.	NodeMCU ESP32		1
8.	Protoboard		1
9.	Kabel Jumper		4
10.	Adaptor 220VAC to 12VDC		1

#### 4.2.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian pengambilan data secara manual

1. Pastikan *powermeter* dapat berfungsi dengan baik.
2. Tekan *icon* “^” yang berfungsi untuk melihat parameter kelistrikan.
3. Catat parameter kelistrikan pada *powermeter* dengan mengisi tabel yang telah dibuat.
4. Lalu dilakukanlah perhitungan dengan menggunakan persamaan.

- Setelah mendapatkan hasil perhitungan, lalu lakukanlah analisa.

Prosedur pengujian pengambilan data secara otomatis

- Nyalakan MCB 1 fasa .
- Sambungkan *input* RS485 ke *powermeter* .
- Sambungkan output RS485 ke Mikrokontroller ESP32 menggunakan kabel jumper.
- Masukkan dan menjalankan program dari laptop ke Mikrokontroller ESP32.
- Data akan terlihat di serial monitor laptop dan terlihat pada smartphone melalui aplikasi blynk.
- Lalu dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan.
- Setelah mendapatkan hasil perhitungan, lalu lakukanlah analisa

#### 4.2.4 Hasil Data Pengujian

Berikut data hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian

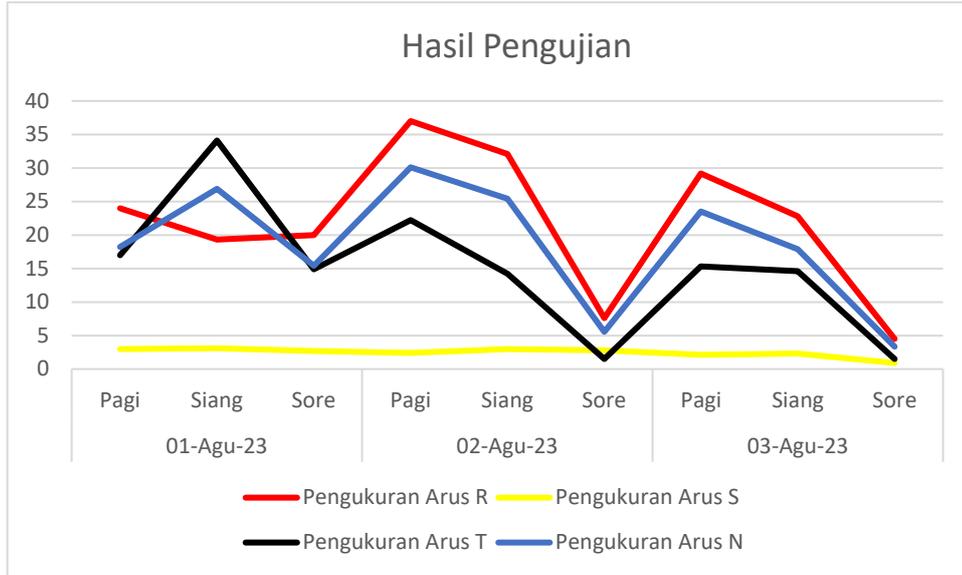
Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian

Pengambilan Data	Tanggal	Jam	Tegangan 1 Fasa			Tegangan 3 Fasa			Arus				
			RN	SN	TN	RS	ST	TR	R	S	T	Rata rata	N
Powermeter	01/08/2023	Pagi	211	226	216	378	380	375	23,5	3	17,4	14,63333	18,2
		Siang	211	226	216	378	380	370	19,3	3,1	34,1	18,83333	26,9
		Sore	210	229	213	379	381	375	20	2,7	14,9	12,53333	15,4
Blynk	01/08/2023	Pagi	211	226	216	378	380	375	23,5	3	17,4	14,63333	18,2
		Siang	211	226	216	378	380	370	19,3	3,1	34,1	18,83333	26,9
		Sore	210	229	213	379	381	375	20	2,7	14,9	12,53333	15,4
Powermeter	02/08/2023	Pagi	215	227	216	373	395	375	37	2,4	22,2	20,53333	30,1
		Siang	213	226	218	372	391	373	32,1	3	14,2	16,43333	25,4
		Sore	218	223	217	381	384	374	7,6	2,8	1,5	3,966667	5,57
Blynk	02/08/2023	Pagi	215	227	216	373	395	375	37	2,4	22,2	20,53333	30,1
		Siang	213	226	218	372	391	373	32,1	3	14,2	16,43333	25,4
		Sore	218	223	217	381	384	374	7,6	2,8	1,5	3,966667	5,57
Powermeter	03/08/2023	Pagi	214	227	215	371	393	374	29,2	2,1	15,3	15,53333	23,5
		Siang	213	226	217	370	392	376	22,8	2,3	14,6	13,23333	17,9
		Sore	219	222	216	380	385	375	4,5	0,9	1,5	2,3	3,34
Blynk	03/08/2023	Pagi	214	227	215	371	393	374	29,2	2,1	15,3	15,53333	23,5
		Siang	213	226	217	370	392	376	22,8	2,3	14,6	13,23333	17,9
		Sore	219	222	216	380	385	375	4,5	0,9	1,5	2,3	3,34

Berikut grafik dari pengambilan data tegangan dan arus, dapat dilihat pada Gambar 4. 1 Grafik

#### Hak Cipta :

- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
- Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian

#### 4.2.5 Perhitungan Hasil Data Pengujian

- Perhitungan Beban Pagi

Dengan menggunakan persamaan (3.3) dan berdasarkan data pada Tabel 4.

2 Data Hasil Pengujian penulis dapat menentukan arus rata-rata sebagai berikut :

$$I_R : 24 \text{ A}$$

$$I_S : 3 \text{ A}$$

$$I_T : 17 \text{ A}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{24 + 3 + 17}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = 14,6 \text{ A}$$

Setelah mendapatkan arus rata-rata, dengan menggunakan persamaan (3.4)(3.5)(3.6) koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya. Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang, (I) sama dengan besarnya arus rata-rata ( $I_{\text{Rata-rata}}$ ).

$$I_R = a \cdot I \quad \text{maka : } a = \frac{I_R}{I_{\text{Rata-rata}}} = \frac{24}{14,6}$$

$$a = 1,643$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{maka : } b = \frac{I_S}{I_{\text{Rata-rata}}} = \frac{3}{14,6}$$

$$b = 0,205$$



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta


**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$I_T = c \cdot I \quad \text{maka : } c = \frac{I_T}{14,6} = \frac{17}{14,6}$$

$$c = 1,164$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) dengan menggunakan persamaan (3.7) adalah :

$$= \frac{\{[a-1]+[b-1]+[c-1]\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{\{[1,643-1]+[0,205-1]+[1,164-1]\}}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{[0,643]+[0,795]+[0,164]}{3} \times 100\%$$

$$= 53,4\%$$

- Perhitungan Beban Siang

Dengan menggunakan persamaan (3.3) dan berdasarkan data pada *Tabel*

4. 2 Data Hasil Pengujian penulis dapat menentukan arus rata-rata sebagai berikut :

$$I_R : 19,3 \text{ A}$$

$$I_S : 3,1 \text{ A}$$

$$I_T : 34,1 \text{ A}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{19,3 + 3,1 + 34,1}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = 18,8 \text{ A}$$

Setelah mendapatkan arus rata-rata, dengan menggunakan persamaan (3.4)(3.5)(3.6) koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya. Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang, (I) sama dengan besarnya arus rata-rata ( $I_{\text{Rata-rata}}$ ).

$$I_R = a \cdot I \quad \text{maka : } a = \frac{I_R}{18,8} = \frac{19,3}{18,8}$$

$$a = 1,026$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{maka : } b = \frac{I_S}{18,8} = \frac{3,1}{18,8}$$

$$b = 0,164$$

$$I_T = c \cdot I \quad \text{maka : } c = \frac{I_T}{18,8} = \frac{34,1}{18,8}$$

$$c = 1,813$$


**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) dengan menggunakan persamaan (3.7) adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\{a-1\}+\{b-1\}+\{c-1\}}{3} \times 100\% \\
 &= \frac{\{1,026-1\}+\{0,164-1\}+\{1,813-1\}}{3} \times 100\% \\
 &= \frac{[0,026]+[0,836]+[0,813]}{3} \times 100\% \\
 &= 55,83\%
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Beban Sore

Dengan menggunakan persamaan (3.3) dan berdasarkan data pada Tabel 4.

2 Data Hasil Pengujian penulis dapat menentukan arus rata-rata sebagai berikut :

$$I_R : 20 \text{ A}$$

$$I_S : 2,7 \text{ A}$$

$$I_T : 14,9 \text{ A}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = \frac{20 + 2,7 + 14,9}{3}$$

$$I_{\text{Rata-rata}} = 12,5 \text{ A}$$

Setelah mendapatkan arus rata-rata, dengan menggunakan persamaan (3.4)(3.5)(3.6) koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya. Dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang, (I) sama dengan besarnya arus rata-rata ( $I_{\text{Rata-rata}}$ ).

$$I_R = a \cdot I \quad \text{maka : } a = \frac{I_R}{12,5} = \frac{20}{12,5}$$

$$a = 1,6$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{maka : } b = \frac{I_S}{12,5} = \frac{2,7}{12,5}$$

$$b = 0,216$$

$$I_T = c \cdot I \quad \text{maka : } c = \frac{I_T}{12,5} = \frac{14,9}{12,5}$$

$$c = 1,192$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b, dan c adalah 1



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) dengan menggunakan persamaan (3.7) adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\{a-1\}+\{b-1\}+\{c-1\}}{3} \times 100\% \\
 &= \frac{\{1,6-1\}+\{0,216-1\}+\{1,192-1\}}{3} \times 100\% \\
 &= \frac{[0,6]+[0,784]+[0,192]}{3} \times 100\% \\
 &= 52,53\%
 \end{aligned}$$

Berikut Data Hasil Perhitungan Arus pada gedung D Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta selama 3 hari, dimulai dari tanggal 1 Agustus 2023 sampai dengan 3 Agustus 2023. Terlihat pada Tabel 4. 3 Data Hasil Perhitungan.

Tabel 4. 3 Data Hasil Perhitungan

Tanggal	Waktu	Pengukuran Arus (A)			Perhitungan Ketidakseimbangan (%)		
		R	S	T	Pagi	Siang	Sore
01-Agu-23	Pagi	24	3	17			
	Siang	19,3	3,1	34,1	53,40%	55,83%	52,53%
	Sore	20	2,7	14,9			
02-Agu-23	Pagi	37	2,4	22,2			
	Siang	32,1	3	14,2	58,87%	63,55%	61,06%
	Sore	7,6	2,8	1,5			
03-Agu-23	Pagi	29,2	2,1	15,3			
	Siang	22,8	2,3	14,6	58,65%	55,08%	63,76%
	Sore	4,5	0,9	1,5			

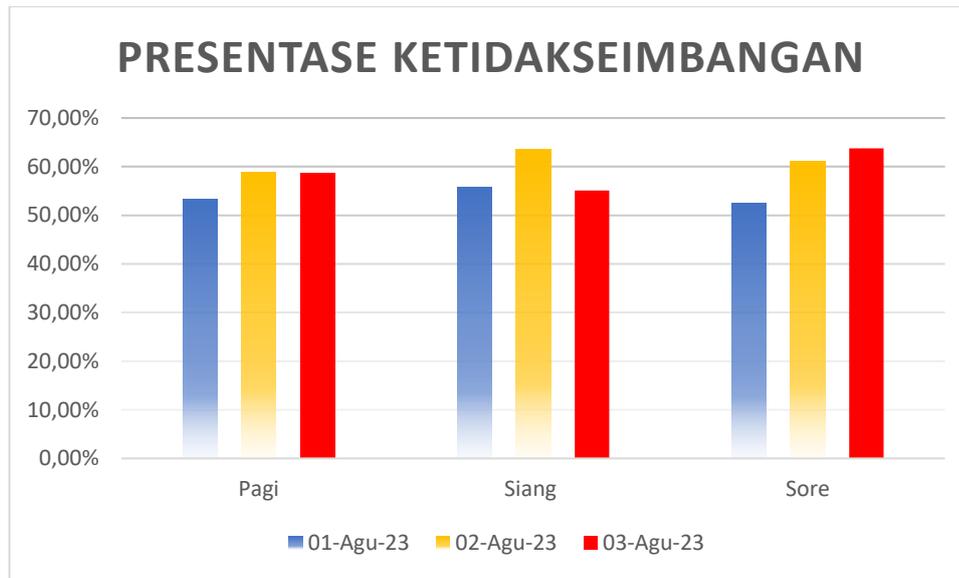
Berikut grafik presentase ketidkaseimbangan yang terlihat pada Gambar 4. 2



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Grafik Presentase Ketidakseimbangan



Gambar 4. 2 Grafik Presentase Ketidakseimbangan

#### 4.2.6 Analisa Data Hasil Pengujian 1

Pada data hasil pengukuran pengujian Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian, ketidakseimbangan ditunjukkan oleh arus netral. Suatu tiga fasa yang dibebani seimbang, idealnya tidak akan memiliki nilai arus netral atau arus netralnya sama dengan nol sesuai dengan persamaan (3.9). Semakin besar ketidakseimbangan beban, maka semakin besar pula arus netralnya. Sebagai contoh, pada Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian nilai arus netral terukur bertambah dengan meningkatkan ketidakseimbangan beban yang diberikan. Nilai ketidakseimbangan ini dihitung dari arus rata-rata antara tiga arus yaitu  $I_{R,Is}$ , dan  $I_T$ . Jadi, ketidakseimbangan ditentukan berdasarkan selisih beban antar fasa yang terbesar. Nilai ketidakseimbangan beban berkisar dari angka 0% sampai 100%.

Ketidakseimbangan sebesar 0% jika seluruh beban sama nilainya, sedangkan ketidakseimbangan sebesar 100% jika ada salah satu fasa yang tidak berbeban dan fasa yang lain memiliki suatu nilai. Pada tabel tersebut fasa yang dibebani terlihat kecil yaitu fasa “S”, sedangkan fasa “R dan T” terlihat besar pembebanannya. Nilai arus fasa S terlihat kecil karena dari segi pemakaian arusnya lebih sedikit dari fasa “R & T”, sehingga harus diseimbangkan dengan menyetarakan arus fasanya / pindah beban.



Hak Cipta :

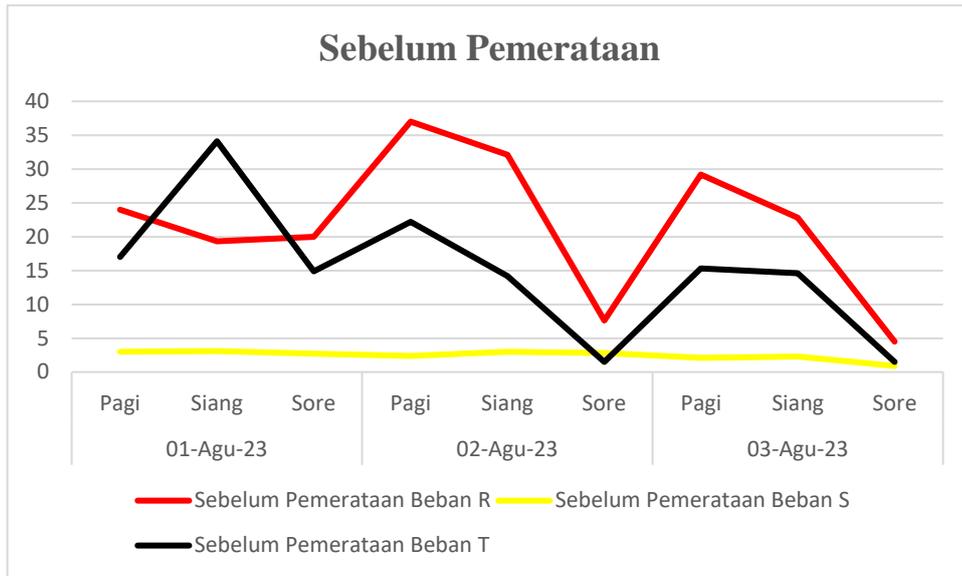
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian pengambilan data baik secara manual dengan *powermeter* maupun secara otomatis dengan aplikasi *blynk*, terlihat bahwa tidak ada perbedaan hasil antara tampilan di *powermeter* dengan tampilan di aplikasi *blynk*. Setelah dilakukan pengambilan data, maka dilakukanlah perhitungan untuk mengetahui berapa persen ketidakseimbangan beban pada PHB-TR gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta. Terlihat pada Tabel 4. 3 Data Hasil Perhitungan nilai presentase ketidakseimbangan beban di waktu pagi, siang, dan sore dari tanggal 1 Agustus 2023 sampai 3 Agustus 2023 sudah melebihi batas dari standarisasi PT. PLN (Persero) SPLN D3.002-1, 2007 yaitu  $\geq 20\%$  dan standarisasi IEEE std 446 – 1980 yaitu sebesar 5% - 20%. Ternyata terbukti setelah penulis menghitung ketidakseimbangan beban sampai mendapatkan hasil presentase. Beban di waktu pagi hari terbiasa ruangan-ruangan banyak yang terpakai sehingga beban di waktu pagi lebih besar dari sore hari. Beban disiang hari terbiasa ruangan-ruangan lebih banyak terpakai sehingga beban di waktu siang hari lebih besar dari pada beban pagi dan sore. Bisa dikategorikan dengan  $I_{Siang} \geq I_{Pagi} \geq I_{Sore}$ , dan sudah semestinya beban gedung D ini perlu diseimbangkan.

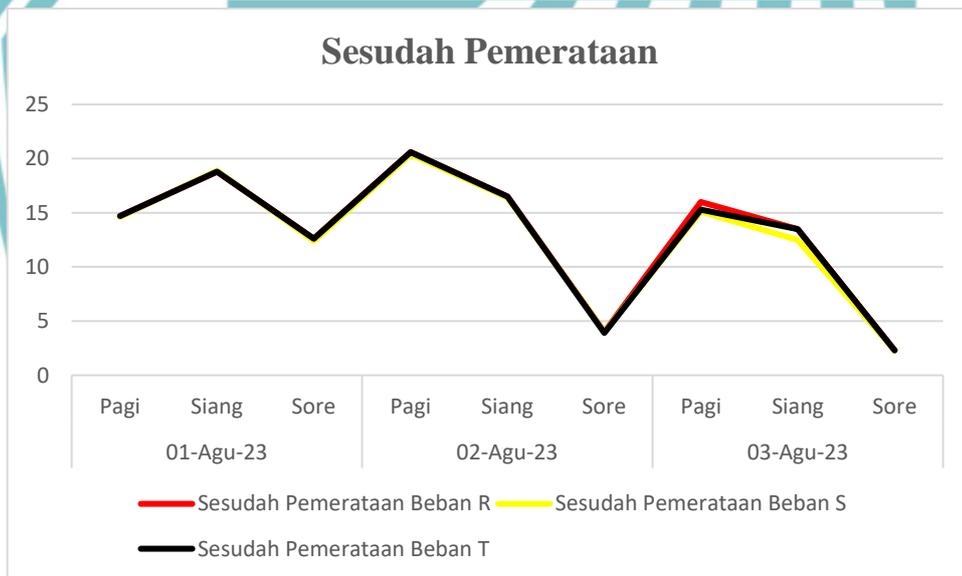
Berikut simulasi jika beban gedung D dalam keadaan Seimbang

Tabel 4. 4 Pemerataan Arus

Tanggal	Waktu	Sebelum Pemerataan Beban			Irata-rata	Sesudah Pemerataan Beban		
		R	S	T		R	S	T
01/08/23	Pagi	24	3	17	14,6667	14,7	14,6	14,7
	Siang	19,3	3,1	34,1	18,8333	18,8	18,9	18,8
	Sore	20	2,7	14,9	12,5333	12,6	12,4	12,6
02/08/23	Pagi	37	2,4	22,2	20,5333	20,6	20,4	20,6
	Siang	32,1	3	14,2	16,4333	16,5	16,4	16,5
	Sore	7,6	2,8	1,5	3,96667	4	4	3,9
03/08/23	Pagi	29,2	2,1	15,3	15,5333	16	15,1	15,3
	Siang	22,8	2,3	14,6	13,2333	13,5	12,5	13,5
	Sore	4,5	0,9	1,5	2,3	2,3	2,3	2,3



Gambar 4. 3 Sebelum Pemerataan



Gambar 4. 4 Setelah Pemerataan

Berdasarkan pada Tabel 4. 4 Pemerataan Arus merupakan simulasi untuk pemerataan arus yang dibebani seimbang. Dimana pada Gambar 4. 4 Setelah Pemerataan suatu tiga fasa yang dibebani seimbang, idealnya tidak akan memiliki nilai arus netral atau arus netralnya sama dengan nol. Pada gambar 4.3 merupakan sebelum adanya pemerataan., dimana arus netral memiliki rentang nilai yang tinggi seperti gambar 4. 1.

### 4.3 Analisa Grounding PHB-TR

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4. 5 Grounding Pada PHB-TR

Pada Gambar 4. 5 Grounding Pada PHB-TR menunjukkan hasil pengukuran grounding pada PHB-TR gedung D Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta dengan menggunakan alat *clamp earth tester*. Hasil yang didapat pada PHB-TR gedung D yaitu  $7,68 \Omega$  dengan batas toleransi sebesar  $5 \Omega$ . dimana nilai tersebut cukup buruk untuk nilai hambatan, karena sesuai dengan persyaratan umum instalasi listrik (2000) disana menyebutkan bahwasannya nilai hambatan yang diperbolehkan adalah antara 0 s/d  $5 \Omega$ . Sedangkan apabila lebih dari itu tidak bisa mendapat pengesahan dari PLN selaku otoritas kelistrikan. Karena hal tersebut dapat sangat merugikan karena semakin tinggi nilai hambatan maka listrik statis tidak langsung tersalurkan ke bumi dan kebocoran arus bisa merusak komponen elektronik khususnya yang peka terhadap listrik statis.