

# ANALISIS PERHITUNGAN WAKTU PEMAKAIAN TRANSFORMATOR JARINGAN DISTRIBUSI 20 KV LINE KOMPI C PADA PT. PLN (Persero) WILAYAH P2B AREA MERAUKE

**Paulus Mangera**

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Musamus  
Email : paulus@unmus.ac.id

## **Abstrak**

Transformator sangat memegang peran penting pada jaringan distribusi untuk mendistribusikan tenaga listrik dari pusat pembangkit kebeban, supaya transformator dapat bekerja terus menerus tanpa mengalami gangguan maka perlu dilakukan perhitungan waktu pakai transformator. Jika waktu pakai transformator dapat diketahui maka bisa mencegah kerusakan/gangguan dengan mengganti transformator sebelum transformator tersebut terjadi kerusakan. Analisis waktu pemakaian transformator dilakukan menggunakan metode pengukuran pada transformator distribusi merk starlite 20 KV/160 KVA, merk sintra 20 KV/160 KVA pada penyulang Kompi C pada pukul 19.00 WIT. Analisis waktu pemakaian transformator merk starlite 20 KV/160 KVA waktu pakai adalah 4 tahun 24 hari, dan untuk transformator merk sintra 20 KV/160 KVA waktu pakai adalah 4 Tahun 33 hari. Pembebanan transformator merk starlite selama 7 hari adalah hari pertama sebesar 36,95 KVA, hari kedua sebesar 39,25 KVA, hari ketiga sebesar 41,10 KVA, hari keempat sebesar 39,49 KVA, hari kelima sebesar 37,64 KVA, hari keenam sebesar 39,95 KVA, hari ketujuh sebesar 38,55 KVA dan pengukuran beban yang paling tinggi adalah 41,10 KVA (25,68%) dan transformator merk sintra hari pertama sebesar 71.358 KVA, hari kedua sebesar 74.601KVA, hari ketiga sebesar76.665 KVA, hari keempat sebesar 80.593 KVA, hari kelima sebesar 68.816 KVA, hari keenam sebesar 71.823KVA, hari ketujuh sebesar 70.901 KVA serta pengukuran yang paling tinggi adalah 80,59 KVA (50,36%).

**Kata kunci :** Transformator, Beban (KVA), Tegangan, Arus

## **PENDAHULUAN**

Transformator sangat berperan penting dalam jaringan distribusi untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk ke kebeban, agar transformator dapat bekerja terus menerus tanpa adanya kerusakan maka perlu dilakukan pemilihan transformator yang akan digunakan, penempatan transformator pada jaringan distribusi sesuai besar beban (kVA) yang digunakan, dan perwatan berkala dalam jangka waktu tertentu. [1] Melalui perhitungan waktu pakai suatu transformator kita dapat memprediksi waktu pakai dari transformator tersebut, dengan cara menghitung tegangan dan arus yang digunakan setiap hari, sehingga dapat diketahui waktu pakai suatu transformator serta mencegah kerusakan/gangguan pada jaringan distribusi dengan mengganti transformator sebelum transformator tersebut terjadi kerusakan.

## **METODE PENELITIAN**

Transformator merupakan suatu alat listrik statis yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik bolak-balik (arus dan tegangan) dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain dengan nilai yang sama maupun berbeda besarnya (lebih kecil atau lebih besar) pada frekuensi yang sama, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis, dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer, dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan akan tergantung dari rasio jumlah lilitan pada kedua kumparan itu. Biasanya kumparan terbuat dari kawat tembaga yang dibelit seputar "kaki" inti transformator. Transformator digunakan secara luas baik dalam bidang tenaga listrik maupun

elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya, kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya jarak jauh. Penggunaan transformator yang sangat sederhana dan andal merupakan salah satu alasan penting dalam pemakaiannya dalam penyaluran tenaga listrik arus bolak-balik, karena arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik. Pada penyaluran tenaga listrik arus bolak-balik terjadi kerugian energi sebesar  $I^2R$  watt. Kerugian ini akan banyak berkurang apabila tegangan dinaikkan setinggi mungkin. Dengan demikian maka saluran-saluran transmisi tenaga listrik senantiasa mempergunakan tegangan yang tinggi. Hal ini dilakukan terutama untuk mengurangi kerugian energi yang terjadi, dengan cara mempergunakan transformator untuk menaikkan tegangan listrik di pusat listrik dari tegangan generator yang biasanya berkisar antara 6 kV sampai 20 kV pada awal transmisi ke tegangan saluran transmisi antara 100 kV sampai 1000 kV [2].

### a. Prinsip Kerja Transformator

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektris namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (reluctance) rendah, apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (self-induction) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (mutual induction) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan

sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder di bebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi) [2].

$$\frac{d\Phi}{dt} = (-)N(volt)$$

(1)

Dimana:

$e$  = gaya gerak listrik (volt)

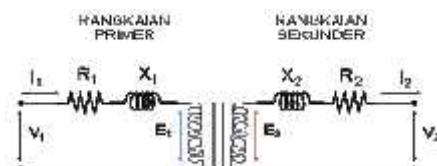
$N$  = jumlah lilitan

$\frac{d\Phi}{dt}$  = perubahan fluks magnet

(weber/sec)

### b. Rangkaian ekuivalen transformator

Untuk mempermudah analisis dalam pengujian, rangkaian primer dan sekunder dibuat menjadi sebuah rangkaian yang disebut rangkaian equivalent. Pada rangkaian ini rugi tembaga pada sisi sekunder diubah menjadi nilai ekuivalennya dan dilihat dari arah primer seperti pada gambar 1 berikut [3]:



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen transformer [3]

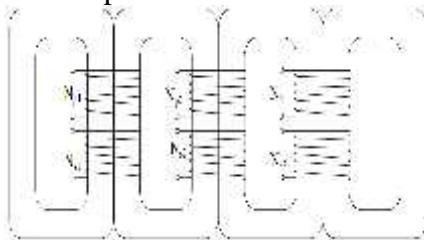
### c. Konstruksi Transformator 3 Phasa

Secara umum sebuah transformator tiga fasa mempunyai konstruksi hampir sama, yang membedakannya adalah alat bantu dan sistem pengamannya, tergantung pada letak pemasangan, sistem pendinginan, pengoperasian, fungsi dan pemakaiannya. Bagian utama, alat bantu, dan sistem pengaman yang ada pada sebuah transformator daya.



Gambar 2. Konstruksi Transformator Tiga Fasa Tipe Inti

Salah satu jenis konstruksi yang biasa dipergunakan yaitu tipe cangkang diperlihatkan pada Gambar 3 berikut :



**Gambar 3.** Transformator Tiga Fasa Tipe Cangkang.

Sumber: USU Repository2009

Dalam jenis inti (core type) kumparan dililitkan disekitar dua kaki inti magnetik persegi. Dalam jenis cangkang (shell type) kumparan dililitkan sekitar kaki tengah dari inti berkaki tiga dengan laminasi silikon steel. Umumnya digunakan untuk transformator yang bekerja pada frekuensi dibawah beberapa ratus Hz. Silikon-steel memiliki sifat-sifat yang dikehendaki yaitu murah, rugi inti rendah dan permeabilitas tinggi pada rapat fluks tinggi. Inti transformator yang dipergunakan dalam rangkaian komunikasi pada frekuensi tinggi dan tingkat energi rendah, kadang-kadang dibuat dari campuran tepung ferromagnetik yang dimanfaatkan sebagai permalloy.

### 1. 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 men-capai 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 dimutusikan kebeban besar, dan begitu sebaliknya). Mutasi antar trafo dapat dilakukan setelah hasil pengukuran beban diperoleh. Persamaan berikut dapat digunakan untuk perhitungan rating trafo distribusi yang dipilih [4].

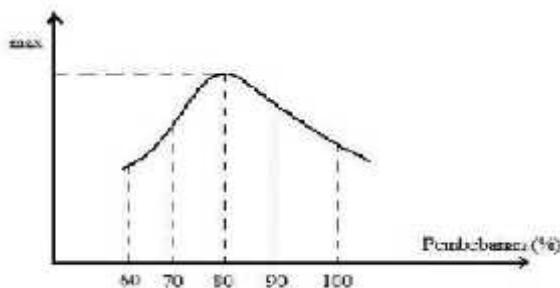
$$\frac{\text{Rating Trafo Distribusi}}{\text{KVA beban (KVA)}} = \frac{1}{0,8}$$

Pilih rating trafo distribusi yang sebenarnya (tersedia) yang mendekati hasil perhitungan dari persamaan diatas.

Contoh: Untuk potensi beban 130 KVA, perhitungan rating trafo distribusi

$$\text{Rating Trafo Distribusi} = \frac{130\text{KVA}}{0,8} = 162,5\text{KVA}$$

Maka dapat diperoleh rating Trafo Distribusi yang tersedia 160 KVA, grafik berikut memperlihatkan rentangan rating trafo distribusi (TD) masih dalam toleransi: 70 % s/d 90 % pembebanan:



**Gambar 4.** Grafik rentang rating trafo distribusi[4].

Apabila perhitungan diluar rentangan tersebut dan diluar rating Trafo Distribusi yang tersedia maka diupayakan penyeimbangan beban-beban yang ada atau pengalihan beberapa beban sampai tercapai rentangan tersebut. Penyebab timbulnya Drop tegangan adalah: Arus beban puncak (Ampere), Tahanan saluran (Ohm), dan Panjang saluran (km).

Drop tegangan akan semakin besar jika satu atau lebih dari faktor diatas nilainya besar. Yang dimaksud dengan drop tegangan disini yaitu drop tegangan ujung pada jaringan tegangan rendah (JTR) yaitu tegangan yang jatuh pada saluran JTR yang menyebabkan jatuhnya / turunnya tegangan pada ujung saluran konsumen.

Menurut peraturan SPLN (Standard Peraturan Listrik Negara) drop tegangan ujung yang diperbolehkan adalah = 10% dari tegangan nominal sekunder trafo distribusi. Persamaan berikutnya dapat dipergunakan untuk menentukan drop tegangan JTR [4] :

$$\text{Voltage Drop} = I \cdot r \cdot L = V_{lvc} - V_{ujung}$$

(4)

Dengan:

- I = Arus beban puncak (Ampere)
- r = Tahanan penghantar ( /km)
- L = Panjang saluran (km)
- V lvc = Tegangan pada LVC (volt)
- V ujung = Tegangan ujung (volt)

Dari persamaan diatas terlihat bahwa apabila:

$$1 > \frac{10\% V_{lvc}}{I \cdot r} \quad (5)$$

Maka berarti drop tegangan > 10%, untuk mengatasi ini dapat dilakukan penyisipan Trafo Distribusi. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam transformator Distribusi sisip adalah [4]:

- Rating trafo distribusi sisip yang dipilih harus memperhitungkan perkembangan beban dilokasi.
- Peletakan trafo distribusi sisip jarak maksimumnya dari trafo distribusi pertama adalah :

$$Max = \frac{10 \% x V_{lvc}}{I_{bebanpuncak} k x r_{saluran}} \quad (6)$$

## 2. 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 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 maksimum dari Trafo distribusi tersebut terhadap konsumen. Bila jarak terlalu jauh, maka untuk mengatasi agar tegangan jatuh pada konsumen tidak terlalu tinggi maka dapat dilaksanakan penyisipan Trafo Distribusi, untuk mengetahui besarnya drop tegangan bisa dilakukan dengan mengukur langsung tegangan pada *low Voltage Cabinet Trafo Distribusi* ( $V_{lvc}$ ) dan tegangan pada tiang ujung konsumen ujung (tegangan ujung) suatu JPR (Jaringan Tegangan rendah) atau melalui pengukuran arus beban puncak [4].

## 3. Sistem Jaringan Distribusi

Sistem distribusi tenaga listrik adalah penyaluran energi listrik dari pusat pembangkit tenaga listrik hingga sampai beban (konsumen) sesuai dengan tegangan yang gunakan. Jaringan distribusi terdiri atas dua bagian, yang pertama adalah jaringan tegangan menengah/primer (JTM), yang menggunakan tiga konduktor untuk tiga fasa. Jaringan yang kedua adalah sekunder atau jaringan tegangan rendah (JTR) dengan tegangan 380/220 Volt.

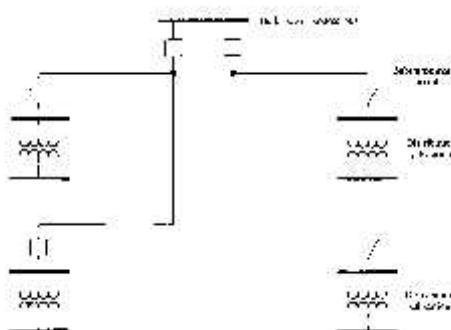
### 1. Tipe Jaringan Distribusi Primer

Pada jaringan distribusi primer/jaringan tegangan menengah (JTM) dibagi beberapa bentuk atau model sebagai berikut.

#### a. Jaringan Distribusi Radial

Jaringan distribusi primer radial merupakan bentuk dasar, paling sederhana dan paling banyak digunakan. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu, dan dicabang-cabang ke titik-titik beban yang dilayani.

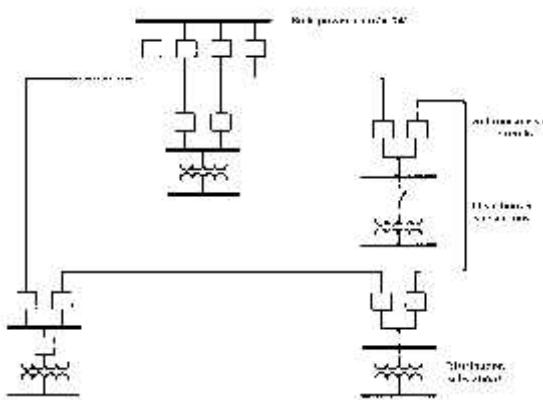
Jaringan ini mempunyai satu jalur daya ke beban, maka semua beban pada saluran itu akan kehilangan daya apabila suatu saluran mengalami gangguan. Keuntungan utama dari sistem radial ini adalah bentuk sederhana dan biaya investasinya relatif murah. Salah satu kelemahan sistem ini adalah kontinyuitas pelayanan kurang baik dan keandalannya rendah serta jatuh tegangan yang terjadi besar, terutama untuk beban yang terdapat pada ujung saluran. Sesuai dengan tingkat kerapatan arusnya maka besar penampang penghantar tersebut dapat berbeda-beda [1]



Gambar 5. Sistem Jaringan Radial[5]

### b. Jaringan Distribusi Ring (Loop)

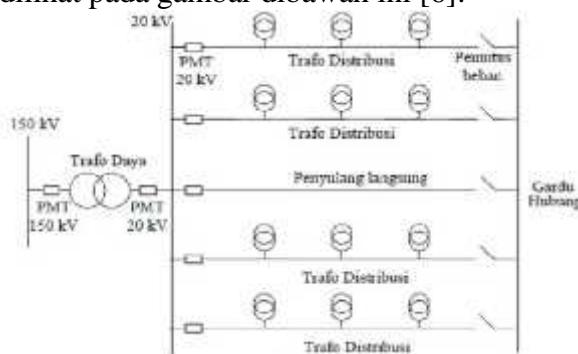
Jaringan distribusi primer tipe ring ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan loop [1]. Jaringan ini biasanya digunakan untuk melayani beban yang membutuhkan kontinuitas pelayanan yang baik seperti : bangunan – bangunan komersial atau pabrik – pabrik yang mempunyai beban sedang dan besar. Pada prinsipnya jaringan distribusi primer tipe loop adalah suatu jaringan yang dimulai dari satu titik sumber atau rel daya keliling ke daerah beban, kemudian kembali ke titik sumber rel atau daya semula [5].



Gambar 6. Sistem Loop[5]

### c. Konfigurasi Spindel

Sistem jaringan distribusi primer Spindel adalah gabungan sistem jaringan radial dan ring. Bentuk jaringan spindel ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini [6]:



Gambar 7. Jaringan Distribusi Primer Spindel[6]

Pada keadaan normal semua PMT dan PMS dari setiap feeder yang keluar dari Gardu Induk (GI) dalam keadaan terhubung, express feeder di Gardu Hubung (GH) dalam keadaan terbuka. Misalnya terjadi gangguan di titik F pada feeder A maka PMT 1 lepas,

maka tempat gangguan harus dicari dan dilokalisir. Setelah gangguan diketahui atau diisolir yaitu antara Indikator I1 dan Indikator I2, maka PMS 3 dan PMS 5 dibuka kemudian PMT 1 dihubungkan kembali sehingga pelayanan bagi para pelanggan normal kembali. Setelah bagian yang terganggu di titik F selesai diperbaiki maka konfigurasi jaringan dapat dikembalikan seperti sebelum terjadi gangguan dengan menghubungkan PMS 3 dan PMS 5.

Kalau terjadi gangguan pada salah satu *feeder* maka *feeder* yang lain tidak mengalami pemadaman karena dapat disuply dari tempat lain melalui sebuah express feeder yaitu saluran yang bebas atau langsung di suplai dari gardu induk distribusi. Jenis kawat yang digunakan untuk express feeder ini lebih baik jika digunakan dengan besar penampang lebih besar dari feeder lain yang sedang beroperasi. Jenis jaringan ini memang lebih andal dari jenis jaringan yang lain, tetapi membutuhkan biaya yang cukup besar untuk pembuatannya [6].

### 4. Perhitungan Tentang Lama Pemakaian Transformator

Perhitungan yang sesuai dan *management* yang sesuai pada Trafo Distribusi akan meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik sehingga kontinuitas pelayanan listrik kekonsumen terjamin. Untuk mengatahui umur pemakaian transformator yaitu menghitung nilai rata-rata, nilai persentase, nilai erro, prediksi waktu pemakaian transformator. Untuk menghitung nilai rata-rata, nilai persentase, nilai erro, prediksi waktu pemakaian transformator (Menurut Sujito Jurnal Tekno 2009) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung nilai rata-rata Arus, tegangan dan daya pada transformator.

Menghitung nilai rata-rata menggunakan persamaan [6]:

$$a. \quad I_{No \ min \ al} = \frac{\sum I_{No \ min \ al}}{n} \quad (7)$$

$$b. \quad I_{Beban} = \frac{\sum I_{Beban}}{n} \quad (8)$$

$$c. V_{Kirim} = \frac{\sum V_{Kirim}}{n}$$

(9)

$$d. V_{Terima} = \frac{\sum V_{Terima}}{n}$$

(10)

$$e. P_{Beban} = \frac{\sum P_{Beban}}{n}$$

(11)

Dengan :

n = Jumlah pengukuran (hari)

2. Menghitung nilai presentase arus, tegangan dan daya.

Menghitung nilai rata-rata menggunakan persamaan sebagai berikut [6]:

$$a. I \% = \frac{I_{No\ min\ al} - I_{Beban}}{I_{No\ min\ al}} \times 100 \%$$

(12)

$$c. V \% = \frac{V_{Input} - V_{Output}}{V_{Input}} \times 100 \%$$

(13)

$$d. P \% = \frac{P_{No\ min\ al} - P_{Beban}}{P_{No\ min\ al}} \times 100 \%$$

(14)

dengan:

$$P_{Nominal} = I_{Beban} \times V_{Output} \times \cos$$

3. Nilai Erro

$$P = \frac{P - P^*}{P} \times 100 \%$$

(15)

Dengan:

$$P^* = \text{Nilai jumlah presentase} \\ = I\% + V\% + P\% \\ (16)$$

P = Nilai ketetapan batasan pemakaian transformator = 80 %

5. Perhitungan nilai jumlah presentasi daya, maka nilai Erro dapat dihitung sebagai berikut [6]:

$$E = \frac{P - P^*}{P} \times 100$$

(17)

6. Prediksi waktu pemakaian transformator: Menghitung prediksi waktu pemakaian transformator menggunakan persamaan sebagai berikut [6]:

$$a. \text{Sisa waktu pakai} = 100\% - E \% \\ (18)$$

$$b. \text{Dalam hari} = \text{Sisa waktu pakai} : \\ 100\% \times \text{lama pemakaian (hari)}$$

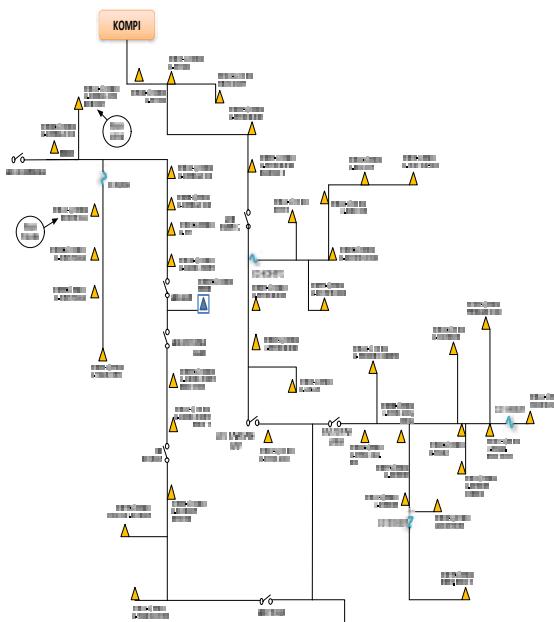
$$c. \text{Dalam tahun} = \text{Lama pemakaian} \\ (\text{hari}) : \text{jumlah hari dalam 1 Tahun}$$

## METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini meliputi, Studi pustaka : Mengumpulkan acuan sebagai sumber literatur seperti Tex book, Jurnal, paper/artikel dan penelitian-penelitian sebelumnya yang ada kaitannya dengan perhitungan pemakaian transformator yang digunakan pada jaringan distribusi.

Data yang diambil dalam penelitian ini yaitu data sekunder dengan melakukan pengukuran transformator distribusi pada line Kompi C, data yang diambil yaitu berupa tegangan dan Arus yang ada pada Transformator tersebut dengan merk yang berbeda dalam waktu yang sama serta pengukuran dilakukan pada keadaan berbeban.

## HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 8. Single Line Penyulang Kompi C  
Sumber PT. PLN (Persero) Wil. P2B Area Merauke

a. Data Hasil Pengukuran Transformator Merk Starlite dan Sintra.

Data hasil pengukuran Transformator pada *feeder* (penyulang) Kompi C pada pukul 19.00 WIT selama tujuh hari berturut-turut (1 Minggu) mulai tanggal 21 Pebruari 2017 s/d 27 Pebruari 2017, dengan melakukan pengukuran berupa tegangan dan arus pada sisi sekunder. Dalam pengambilan data transformator distribusi dalam keadaan berbeban. Data yang diambil dalam pengukuran menggunakan 2 transformator dengan merk Sintran 20 KV dan Starlite 20 KV, adapun data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut:

Tabel 1 Data Pengukuran Transformator Merk Starlite 20 KV/160 KVA

| Hari | ARUS (AMPERE) |    |    | TEGANGAN   |             |
|------|---------------|----|----|------------|-------------|
|      | R             | S  | T  | Input (KV) | Output (KV) |
| 1    | 62            | 55 | 43 | 20         | 0,40 KV     |
| 2    | 68            | 57 | 45 | 20         | 0,40 KV     |
| 3    | 66            | 58 | 54 | 20         | 0,40 KV     |
| 4    | 64            | 59 | 48 | 20         | 0,40 KV     |
| 5    | 63            | 56 | 44 | 20         | 0,40 KV     |
| 6    | 71            | 60 | 42 | 20         | 0,40 KV     |
| 7    | 64            | 53 | 50 | 20         | 0,40 KV     |

Tabel 2. Data Pengukuran Transformator Merk Sintra 20 KV/160 KVA

| Hari ke | ARUS (AMPERE) |     |     | TEGANGAN   |             |
|---------|---------------|-----|-----|------------|-------------|
|         | R             | S   | T   | Input (KV) | Output (KV) |
| 1       | 84            | 94  | 131 | 20         | 0,40 KV     |
| 2       | 86            | 89  | 148 | 20         | 0,40 KV     |
| 3       | 102           | 108 | 122 | 20         | 0,40 KV     |
| 4       | 105           | 118 | 126 | 20         | 0,40 KV     |
| 5       | 103           | 83  | 112 | 20         | 0,40 KV     |
| 6       | 94            | 102 | 115 | 20         | 0,40 KV     |
| 7       | 95            | 98  | 114 | 20         | 0,40 KV     |

Menghitung total arus beban pada setiap transformator Merk Starlite 20 KV/160 KVA dari hasil pengukuran pada tabel 3, maka dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sehingga didapat total arus beban sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Arus beban Pada Transformator Merk Starlite.

| Hari ke | Total Arus I Beban (R,S,T) | Keterangan |
|---------|----------------------------|------------|
| 1       | 53,34                      | Ampere     |
| 2       | 56,66                      | Ampere     |
| 3       | 59,33                      | Ampere     |
| 4       | 57,00                      | Ampere     |
| 5       | 54,33                      | Ampere     |
| 6       | 57,66                      | Ampere     |
| 7       | 55,66                      | Ampere     |

Kapasitas daya beban (kVA) pada masing-masing transformator menggunakan persamaan 2 sebelumnya.

Hasil perhitungan daya (kVA) pada Transformator merk Starlite seperti pada tabel 4 Berikut:

Tabel 4. Hasil perhitungan daya pada transformator Merk Startlite.

| Hari ke | Total Daya | Keterangan |
|---------|------------|------------|
| 1       | 36.953     | KVA        |
| 2       | 39.254     | KVA        |
| 3       | 41.104     | KVA        |
| 4       | 39.490     | KVA        |
| 5       | 37.640     | KVA        |
| 6       | 39.954     | KVA        |
| 7       | 38.554     | KVA        |

Hasil perhitungan arus beban dan daya beban (kVA) pada transformator merk Stralite dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Data Perhitungan Transformator Merk Starlite 20 KV/160 KVA

| Hr   | I Nominal (Amper e) | I Beba n (Amp ere) | Tega ngan Kirim (KV) | Tegang an Terima (KV) | Daya Beba n (kVA ) |
|------|---------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| 1    | 230                 | 53.34              | 20                   | 0.40                  | 36.95              |
| 2    | 230                 | 56.66              | 20                   | 0.40                  | 39.25              |
| 3    | 230                 | 59.33              | 20                   | 0.40                  | 41.10              |
| 4    | 230                 | 57.00              | 20                   | 0.40                  | 39.49              |
| 5    | 230                 | 54.33              | 20                   | 0.40                  | 37.64              |
| 6    | 230                 | 57.67              | 20                   | 0.40                  | 39.95              |
| 7    | 230                 | 55.65              | 20                   | 0.40                  | 38.55              |
| Jm 1 | 1610                | 393.98             | 140                  | 2,80                  | 272.94             |

b. Perhitungan Arus Beban dan Daya Beban (KVA) Transformator Merk Sintra.

Arus beban pada setiap transformator dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sehingga diperoleh arus beban transformator merk Sintra seperti pada tabel 6 berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan Arus beban Pada Transformator Merk Starlite.

| Hari ke | Total Arus I Beban (R,S,T) | Keterangan |
|---------|----------------------------|------------|
| 1       | 103                        | Ampere     |
| 2       | 107,66                     | Ampere     |
| 3       | 110,66                     | Ampere     |
| 4       | 116,33                     | Ampere     |
| 5       | 93,33                      | Ampere     |
| 6       | 103,67                     | Ampere     |
| 7       | 102,34                     | Ampere     |

Kapasitas daya beban (KVA) pada masing-masing transformator menggunakan persamaan persamaan 2 berikut, sehingga diperoleh daya beban (KVA) Transformator merk Sintra seperti pada tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil perhitungan daya pada transformator Merk Startlite.

| Hari ke | Total Daya | Keterangan |
|---------|------------|------------|
| 1       | 71.358     | KVA        |
| 2       | 74.601     | KVA        |
| 3       | 76.665     | KVA        |
| 4       | 80.593     | KVA        |
| 5       | 68.816     | KVA        |
| 6       | 71.823     | KVA        |
| 7       | 70.901     | KVA        |

Hasil perhitungan arus beban dan daya beban pada transformator merk Sintra dapat dilihat pada table 8 berikut:

Tabel 8 Hasil perhitungan arus beban transformator Merk Starlite:

| Hari | I No min al (A mpe re) | I Beban (Amper e) | Tega ngan Kirim (KV) | Tega ngan Terim a (KV) | Daya Beban (kVA) |
|------|------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------|
| 1    | 230                    | 103.00            | 20                   | 0.40                   | 71.358           |

|     |       |        |     |      |            |
|-----|-------|--------|-----|------|------------|
| 2   | 230   | 107.68 | 20  | 0.40 | 74.601     |
| 3   | 230   | 110.66 | 20  | 0.40 | 76.665     |
| 4   | 230   | 116.33 | 20  | 0.40 | 80.593     |
| 5   | 230   | 99.33  | 20  | 0.40 | 68.816     |
| 6   | 230   | 103.67 | 20  | 0.40 | 71.823     |
| 7   | 230   | 102.34 | 20  | 0.40 | 70.901     |
| Jml | 161 0 | 743,01 | 140 | 2,80 | 887.71 235 |

1. Analisis Perhitungan Transformator Merk Starlite 20 KV

Perhitungan waktu pemakaian transformator (*Life Time*) ada beberapa parameter yang harus diketahui, antara lain menghitung nilai rata-rata Arus, nilai rata-rata tegangan dan nilai rata-rata daya dengan menggunakan persamaan sebelumnya sebagai berikut:

- a. Menghitung Arus nominal rata-rata adalah menggunakan persamaan 6 maka diperoleh:

$$I_{\text{Nominal}} = 230 \text{ Ampere}$$

- b. Menghitung Arus beban rata-rata menggunakan persamaan 7 maka diperoleh:

$$I_{\text{Beban rata-rata}} = 56,28 \text{ Ampere}$$

- c. Menghitung Tegangan kirim rata-rata menggunakan persamaan 9 maka diperoleh:

$$V_{\text{Input}} = 20 \text{ KV}$$

- d. Menghitung Tegangan Terima rata-rata menggunakan persamaan 10 maka diperoleh:

$$V_{\text{Output Rata-rata}} = 0,4 \text{ KV}$$

- e. Menghitung Daya rata-rata menggunakan persamaan 11 maka diperoleh:

$$P_{\text{rata-rata}} = 38,992 \text{ kVA}$$

Menghitung nilai presentase arus dan tegangan adalah berikut ini :

- f. Menghitung presentase arus rata-rata menggunakan 12 maka diperoleh t:

$$I \% = 24,46 \%$$

- g. Menghitung presentase tegangan rata-rata menggunakan 13 maka diperoleh:

$$V \% = 2 \%$$

1. Menghitung presentase daya rata-rata menggunakan 13 berikut

$$P_{\text{Beban}} = 18 \text{ KVA}$$

Sehingga presentase daya rata-rata dapat dihitung sebagai berikut:

$$P \% = 11,25 \%$$

2. Menghitung nilai Erro menggunakan persamaan 17 sebagai berikut:

$$E = \frac{P - P^*}{P} \times 100 \%$$

Dengan:

$P^*$  = Nilai jumlah presentase

$P$  = Nilai ketetapan batasan pemakaian transformator = 80 %

Sehingga jumlah presentasi pemakaian transformator dapat dihitung menggunakan persamaan 15 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P^* &= I\% + V\% + P\% \\ &= 37,71\% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai jumlah presentasi daya, maka nilai Erro dapat dihitung menggunakan persamaan 17 sebagai berikut:

$$E = 52,86 \%$$

Hasil perhitungan Prediksi waktu pakai transformator merk sintran adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Sisa waktu pakai} &= 100 \% - 52,86 \% \\ &= 47,14 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dalam hari} &= \frac{47,14}{100} \times 1800 \text{ hari} \\ &= 848,52 \text{ hari} \\ &= 849 \text{ (Pembulatan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dalam hari} &= \frac{849 \text{ hari}}{360 \text{ hari}} \times 1800 \text{ hari} \\ &= 4,24 \text{ Tahun} \\ &= 4 \text{ Tahun } 24 \text{ Hari} \end{aligned}$$

## 2. Analisis Perhitungan Transformator Merk Sintra 20 KV.

Perhitungan waktu pemakaian transformator (*Life Time*) ada beberapa parameter yang harus diketahui, antara lain menghitung nilai rata-rata Arus, nilai rata-rata tegangan dan nilai rata-rata daya dengan menggunakan persamaan pada bab 2 sebelumnya sebagai berikut:

1. Menghitung Arus nominal rata-rata adalah menggunakan persamaan 6 sebagai berikut:

$$I_{\text{nominal}} = 230 \text{ Ampere}$$

2. Menghitung Arus beban rata-rata menggunakan persamaan 7 berikut:

$$I_{\text{beban rata-rata}} = 106,14 \text{ Ampere}$$

3. Menghitung Tegangan Input rata-rata menggunakan persamaan 8 berikut:

$$V_{\text{Input rata-rata}} = 20 \text{ KV}$$

4. Menghitung tegangan terima rata-rata menggunakan persamaan 2.9 berikut:

$$V_{\text{Output Rata-rata}} = 0,40 \text{ KV}$$

5. Menghitung Daya rata-rata menggunakan persamaan 8 berikut:

$$P_{\text{rata-rata}} = 73,536 \text{ KVA}$$

Menghitung nilai presentase arus, tegangan menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Menghitung presentase Arus rata-rata menggunakan persamaan 11 berikut:

$$I\% = 46,14 \%$$

3. Menghitung presentase tegangan rata-rata menggunakan persamaan 12 berikut :

$$V\% = 2 \%$$

4. Menghitung presentase daya rata-rata menggunakan persamaan 13 berikut:

Untuk mencari presentase daya rata-rata terlebih dahulu mencari Daya nominal sebagai berikut:

$$P_{\text{beban}} = 33,96 \text{ kVA}$$

Sehingga presentase daya rata-rata dapat dihitung sebagai berikut:

$$P\% = 21,22 \%$$

5. Menghitung nilai Erro menggunakan persamaan 17 sebagai berikut:

$$E = \frac{P - P^*}{P} \times 100 \%$$

dengan:

$P^*$  = Nilai jumlah presentase

$P$  = Nilai ketetapan batasan pemakaian transformator = 80 %

Sehingga jumlah presentasi pemakaian transformator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.15 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P^* &= I\% + V\% + P\% \\ &= 69,36 \% \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai jumlah presentasi daya, maka nilai Erro dapat dihitung menggunakan persamaan 17 sebagai berikut:

$$E = 13, 30\%$$

Prediksi waktu pakai transformator merk starlite 20 KV adalah sebagai berikut:

Sisa waktu pakai adalah = 100 % - 13,30 %  
= 86,70 %

Dalam hari

$$\begin{aligned} &= 1560,6 \text{ hari} \\ &= 1560 \text{ (Pembulatan)} \end{aligned}$$

Dalam hari

$$\begin{aligned} &= 4,33 \text{ Tahun} \\ &= 4 \text{ Tahun } 33 \text{ hari} \end{aligned}$$

## KESIMPULAN

Pelaksanaan penelitian pada PT. PLN (Peersero) Wilayah P2B Area Kota Merauke, dari hasil analisis perhitungan diambil beberapa kesimpulan masing – masing transformator adalah sebagai berikut :

1. Transformator merk starlite 20 KV/160 KVA, waktu pakai adalah 4 Tahun 24 Hari, dan untuk transformator merk sintra 20 KV/160 KVA waktu pakai adalah 4 Tahun 33 hari.
2. Pembebanan transformator merk starlite selama 7 hari adalah hari pertama sebesar 36,95 KVA, hari kedua sebesar 39.25 KVA, hari ketiga sebesar 41.10 KVA, hari keempat sebesar 39.49 KVA, hari kelima sebesar 37.64 KVA, hari keenam sebesar 39.95 KVA, hari ketujuh sebesar 38.55 KVA dan pengukuran beban yang paling tinggi adalah 41,10 KVA (25,68%)
3. Pembebanan transformator merk sintra selama 7 hari adalah hari pertama sebesar 71.358 KVA, hari kedua sebesar 74.601KVA, hari ketiga sebesar 76.665 KVA, hari keempat sebesar 80.593 KVA, hari kelima sebesar 68.816 KVA, hari keenam sebesar 71.823KVA, hari ketujuh sebesar 70.901 KVA serta pengukuran yang paling tinggi adalah 80,59 KVA (50,36%).

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syafriyudin, “Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20 kV Di APJ Yogyakarta,” *Tek. Elektro*, vol. 4, no. Nomor 1, pp. 88–95, 2011.
- [2] H. Lumbanraja, “Efisiensi Transformator Tiga Fasa Hubungan Open-Delta Efisiensi Transformator Tiga Fasa Hubungan Open-Delta,” 2009.
- [3] U. Wiharja, “Ujang Wiharja, MT,” 2009.
- [4] S. F. Siregar, “Digitized by USU digital library 1.1. 1,” pp. 1–16, 2004.
- [5] T. Gonen, *Electric Power Distribution Engineering*. 1986.
- [6] Sujito, “Perhitungan Life Time Transformator Jaringan Distribusi 20 kV di APJ Malang,” *PERHITUNGAN Life Time Transform.*, pp. 63–75, 2009.