

**ANALISA PENGARUH TAHANAN KONTAK PEMUTUS TENAGA PADA  
KOPEL BUSBAR TEGANGAN TINGGI TERHADAP RUGI DAYA  
PENGHANTAR DI GARDU INDUK PALUR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**ALDHI SETYAWAN**

**D 400 140 089**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISA PENGARUH TAHANAN KONTAK PEMUTUS TENAGA PADA  
KOPEL BUSBAR TEGANGAN TINGGI TERHADAP RUGI DAYA  
PENGHANTAR DI GARDU INDUK PALUR**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:

**ALDHI SETYAWAN**

**D 400 140 089**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



**Agus Supardi S.T.M.T**

**NIK.883**

*Agus pendadaran  
20-07-2018*

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**ANALISA PENGARUH TAHANAN KONTAK PEMUTUS TENAGA PADA**  
**KOPEL BUSBAR TEGANGAN TINGGI TERHADAP RUGI DAYA**  
**PENGHANTAR DI GARDU INDUK PALUR**

OLEH  
**ALDHI SETYAWAN**  
D 400 140 089

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari ~~Senin~~, 25 Juli 2018  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi S.T,M.T  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Umar S.T,M.T  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman S.T,M.T  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)  
(.....)  
(.....)

Dekan,

  
**Ir. Sri Sunariono, MT., PhD**  
NIK. 682

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 25 Juli 2018

Penulis



ALDHI SETYAWAN

D 400 140 089

# **ANALISA PENGARUH TAHANAN KONTAK PEMUTUS TENAGA PADA KOPEL BUSBAR TEGANGAN TINGGI TERHADAP RUGI DAYA PENGHANTAR DI GARDU INDUK PALUR**

## **Abstrak**

Listrik merupakan sumber energi yang dibutuhkan oleh manusia. Konsumen listrik meliputi beberapa aspek seperti industri, perkantoran, hingga perumahan. Penyaluran listrik sampai konsumen melalui tahapan yang spesifik. Gardu induk merupakan salah satu tempat untuk menyalurkan energi listrik dari pembangkit menuju konsumen. Dalam gardu induk terdapat peralatan yang menunjang kinerjanya, salah satunya pemutus tenaga (PMT). Piranti tersebut berfungsi sebagai pemutus dan penghubung kembali arus beban dalam periode waktu tertentu. Pemutus tenaga terdapat tahanan kontak yang diukur secara bertahap untuk mengetahui nilai resistansi pada kontak tersebut. Nilai tersebut berpengaruh terhadap rugi daya yang terdapat pada penghantar PMT. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai tahanan kontak pada pemutus tenaga terhadap rugi daya penghantar, dan dapat mengetahui besarnya energi listrik yang terbuang pada pemutus tenaga di PT. PLN (Persero) Rayon Palur Karanganyar. Metode yang digunakan yaitu mengumpulkan referensi dari beberapa jurnal yang sesuai dengan judul. Pengambilan data dilakukan dengan mengikuti aturan dari pihak instansi. Tahapan berikutnya adalah menghitung dan menganalisa rugi daya, susut energi listrik dan biaya yang dikeluarkan dengan asumsi waktu 1 bulan. Setelah dilakukan perhitungan dan analisa maka dapat disimpulkan bahwa rugi daya dan susut energi listrik tertinggi sebesar 0.4968 kW 357.684 kWh pada lokasi pemutus tenaga bay Gondangrejo 1, sedangkan terendah sebesar 0.0306 kW 22.052 kWh pada lokasi pemutus tenaga bay trafo 2. Ketika arus dan tahanan kontak nilainya besar maka semakin rugi daya dan susut energi listriknya.

**Kata Kunci:** Pemutus tenaga, tahanan kontak, rugi daya

## **Abstract**

Electricity is a source of energy needed by humans. Electric consumers cover several aspects such as industry, offices, to housing. Channeling power to the consumer through a specific stage. Substation is one of the places to distribute electrical energy from power plants to consumers. In the substation there are equipment that support its performance, one of the Circuit breaker (CB). The device functions as a breaker and reconnect the load current within a specified time period. The breaker has a measured contact resistance to know the resistance value of the contact. The value affects the power loss contained in the conductor of CB. This research was conducted to determine the effect of contact resistance value on power breaker to loss conductor power, and can know the amount of electrical energy wasted on power breaker at PT. PLN (Persero) Rayon Karanganyar line. The method used is collecting references from several journals that match the title. Data collection is done by following the rules of the agency at PT. PLN (Persero). The next step is to calculate and analyze the loss of power, the loss of electrical energy and costs incurred with the assumption of 1 month. After calculation and analysis it can be concluded that the loss of power and the shrinking of the highest electrical energy is 0.4968 kW 357.684 kWh at the circuit breaker location of bay power Gondangrejo 1, while the lowest is 0.0306 kW 22.052 kWh at the circuit breaker of bay power transformer 2. When the current and the contact resistance are large, the loss of power and the loss of electrical energy.

**Key Words:** Circuit breaker, contact resistance, power loss

## 1. PENDAHULUAN

Manusia memiliki beberapa kebutuhan untuk menunjang kehidupan. Kebutuhan manusia terdiri atas kebutuhan primer dan kebutuhan sekunder. Kebutuhan primer merupakan kebutuhan yang harus terpenuhi, seperti kebutuhan akan rumah. Rumah merupakan tempat tinggal sekaligus tempat berlindung bagi manusia dan memiliki sumber energi yaitu energi listrik. Energi listrik diperlukan untuk dialihkan menjadi sumber energi lain seperti energi gerak sehingga dapat memudahkan kehidupan manusia.

Energi listrik di Indonesia merupakan energi yang paling banyak digunakan. PLN merupakan salah satu perusahaan yang menyalurkan energi listrik. Energi listrik disalurkan dari pembangkit listrik menuju konsumen. Penyaluran energi listrik dilakukan melalui beberapa rangkaian sehingga sampai ke konsumen. Rangkaian tersebut meliputi pembangkit listrik, transmisi, gardu induk, hingga sampai ke konsumen. Dalam gardu induk selain menerima energi listrik juga menyalurkan energi listrik ke sistem distribusi.

Gardu induk memiliki beberapa peralatan untuk menunjang penyaluran energi listrik. Peralatan gardu induk terdiri atas berbagai jenis dan memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Peralatan tersebut memerlukan pemeriksaan dan pemeliharaan yang rutin karena terdapat beberapa peralatan gardu induk yang mudah mengalami kerusakan. Pemeliharaan rutin meliputi pemeliharaan harian, mingguan, bulanan, dan tahunan.

Pemutus tenaga (PMT) atau *circuit breaker* (CB) merupakan salah satu peralatan yang terdapat dalam gardu induk. Peralatan ini digunakan untuk memutus dan menghubungkan kembali arus beban dalam periode waktu tertentu. Piranti ini prinsip kerjanya sama seperti saklar/*switching*. *Circuit breaker* dirancang sebagai saklar mekanis untuk mengetahui kondisi dan letak kerusakan pada suatu sirkuit dalam gardu induk (Lal, 2013). *Circuit breaker* akan membuka (*open*) apabila terdapat arus gangguan (arus hubung singkat) pada jaringan (Kandhikar, 2013). Pemutus tenaga mengontrol masuk dan keluarnya arus dari sumber energi menuju beban (Mohamed, 2015). Pemutus tenaga juga memerlukan adanya pemeriksaan dan pemeliharaan. Pengukuran tahanan kontak merupakan salah satu kegiatan dari pemeriksaan dan pemeliharaan Pemutus tenaga. Pemutus tenaga yang terdapat di gardu induk Palur berjumlah 8, masing-masing PMT menyalurkan arus beban yang berbeda. Penelitian ini mengambil data nilai tahanan kontak dan arus beban yang mengalir untuk mengukur rugi daya penghantarnya.

Pemutus tenaga memiliki beberapa komponen yang menunjang kinerjanya. Kontak pemutus dan penghubung merupakan salah satu komponen pada PMT. Pada kontak ini arus beban dapat diputus untuk keperluan perbaikan jaringan beban dan disambung kembali apabila sudah selesai. Pada kontak pemutus memiliki nilai resistansi yang berbeda sehingga dilakukan pemeriksaan

nilai tahanan kontak. Nilai tahanan kontak seharusnya bernilai sekecil mungkin dan diharapkan mendekati nol. Tahanan kontak pada setiap PMT menentukan besarnya rugi daya penghantarnya. Besarnya nilai tahanan berpengaruh terhadap rugi daya penghantar, karena rugi daya adalah hasil kali dari arus yang mengalir dengan tahanan pada kontak.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar nilai tahanan kontak pada setiap PMT. Nilai tahanan tersebut digunakan untuk menghitung besarnya rugi daya penghantar PMT. Pemeriksaan ini juga digunakan untuk menindaklanjuti keadaan yang timbul pada tahanan kontak sehingga dapat segera untuk dilakukan pemeliharaan. Hasil dari pemeriksaan dan pemeliharaan dapat ditinjau dari tidak adanya masalah dan piranti berjalan dengan baik.

## **2. METODE**

### **2.1 Rancangan penelitian**

Agar setiap langkah dan tujuan dapat dilakukan dengan baik, penulis membuat rancangan penelitian dengan 3 tahapan sebagai berikut:

#### **1) Studi literatur**

Studi literatur adalah pengumpulan referensi dari buku-buku, penelitian sebelumnya, tinjauan pustaka, dan jurnal-jurnal yang berhubungan atau dapat mendukung teori untuk penyelesaian penelitian “Analisa pengaruh tahanan kontak pemutus tenaga pada kopel busbar tegangan tinggi terhadap rugi daya penghantar di gardu induk palur”.

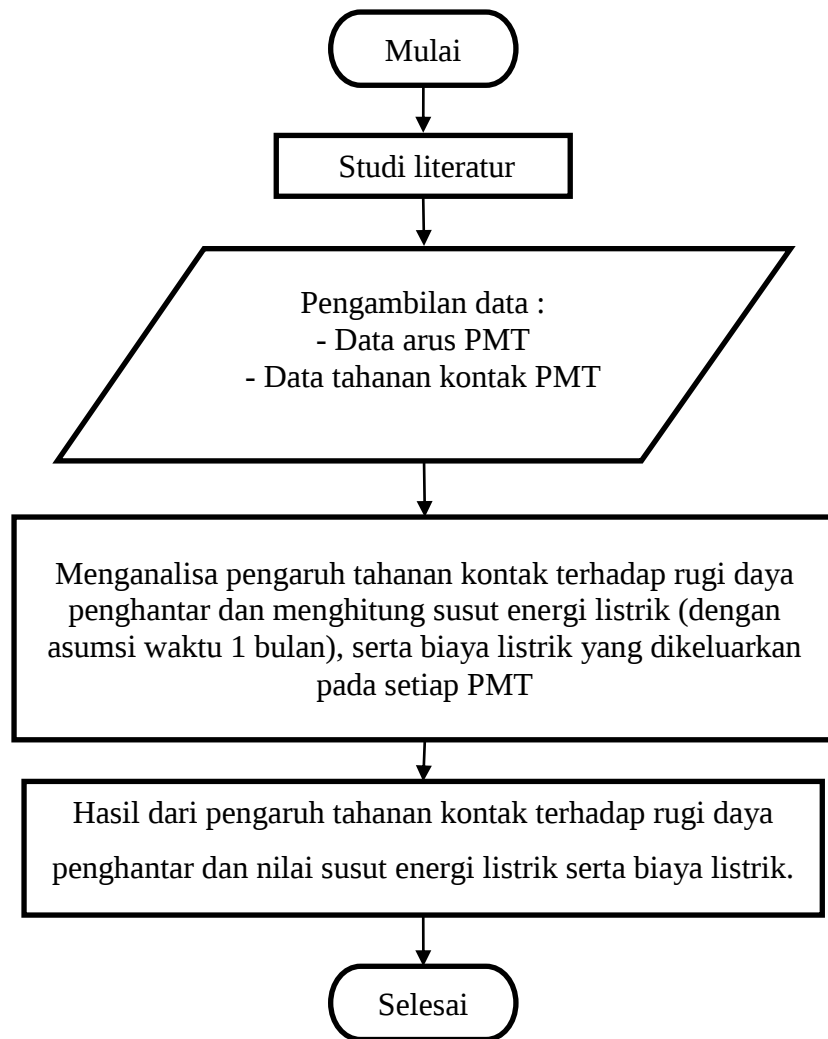
#### **2) Pengumpulan data**

Penulis mengumpulkan data penelitian yang ada di PT. PLN (Persero) APJ Surakarta untuk data yang ada di PT. PLN (Persero) Rayon Palur Karanganyar. Data diperoleh dengan cara mengikuti prosedur yang ada di instansi, yaitu dengan mengirimkan surat izin untuk pengambilan data dari pihak Universitas. Lalu menunggu balasan dari pihak instansi, setelah mendapat surat balasan baru dilakukan pengambilan data sesuai kebutuhan penelitian. Data yang dibutuhkan yaitu berupa data pemutus tenaga (PMT) yang terpasang, data tahanan kontak dan arus pada setiap PMT.

#### **3) Analisa Data**

Analisa data dilakukan setelah proses pengambilan data di PT. PLN (Persero) APJ Surakarta untuk data yang ada di PT. PLN (Persero) Rayon Palur Karanganyar. Data-data yang didapatkan diubah kebentuk matematis dan dianalisa menggunakan persamaan yang telah ada. Dalam menganalisis data yang didapatkan itu tidak menggunakan metode apapun, karena perhitungan yang digunakan atau dipakai adalah perhitungan biasa.

## 2.2 Flowchart Penelitian



Gambar 1 .Flowchart Penelitian

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahanan kontak merupakan suatu nilai resistansi yang dimiliki oleh suatu pemutus tenaga. Setiap pemutus tenaga memiliki nilai tahanan kontak yang berbeda-beda, berikut ini merupakan tabel data tahanan kontak dari 8 Pemutus tenaga yang terdapat pada Gardu Induk Palur.

Tabel 1 Data tahanan kontak

| No | Lokasi      | Tahanan Kontak ( $\mu\Omega$ ) pada Tahun |    |      |      |      |      |
|----|-------------|-------------------------------------------|----|------|------|------|------|
|    |             | 2016                                      |    |      | 2017 |      |      |
|    |             | R                                         | S  | T    | R    | S    | T    |
| 1  | Bay Trafo 3 | 34.6                                      | 34 | 35.6 | 34.2 | 34.1 | 35.5 |

|   |                   |       |      |      |      |      |      |
|---|-------------------|-------|------|------|------|------|------|
| 2 | Bay Trafo 2       | 14    | 40.7 | 13.9 | 38.9 | 38.8 | 38.9 |
| 3 | Bay Gondangrejo 2 | 37    | 34   | 37   | 39.3 | 39.4 | 38.1 |
| 4 | Bay Gondangrejo 1 | 41.6  | 49.2 | 37.8 | 39.7 | 40.9 | 40.5 |
| 5 | Bay Solo Baru 2   | 38.9  | 40   | 39.8 | 41   | 41.8 | 41.4 |
| 6 | Bay Solo Baru 1   | 39.5  | 38.2 | 38.5 | 37.8 | 39.3 | 37.7 |
| 7 | Bay Sragen        | 107.2 | 39.6 | 74.8 | 64.1 | 39.5 | 40.1 |
| 8 | Bay Masaran       | 39.3  | 39.9 | 40.2 | 41.2 | 40.5 | 41.6 |

Pada pemutus tenaga terdapat arus yang mengalir. Setiap pemutus tenaga memiliki nilai perbedaan sesuai dengan besarnya beban yang terhubung pada saluran pemutus tenaga. Berikut data arus yang terdapat pada setiap pemutus tenaga di Gardu Induk Palur :

Tabel 2 Data Arus

| No | Lokasi            | Nilai Arus<br>(A) |
|----|-------------------|-------------------|
| 1  | Bay Trafo 3       | 1581.4            |
| 2  | Bay Trafo 2       | 1484.4            |
| 3  | Bay Gondangrejo 2 | 3431.3            |
| 4  | Bay Gondangrejo 1 | 3177.6            |
| 5  | Bay Solo Baru 2   | 1566.4            |
| 6  | Bay Solo Baru 1   | 1417.3            |
| 7  | Bay Sragen        | 1879.7            |
| 8  | Bay Masaran       | 3058.3            |

Data arus tersebut digunakan untuk menghitung nilai rugi daya penghantar pada masing-masing pemutus tenaga.

### 3.1 Perhitungan rugi daya penghantar

Penghantar memiliki rugi daya dikarenakan terdapat aliran arus yang melalui penghantar tersebut, juga penghantar memiliki nilai resistansi sehingga mempengaruhi nilai dari rugi daya penghantar. Perhitungan rugi daya penghantar dapat dirumuskan dengan mengalikan arus yang melalui penghantar dengan tegangan, dalam rumus tegangan dapat dikonversikan menjadi arus dikali dengan resistansi.

$$P_{loss} = I^2 \times R \dots\dots\dots(1)$$

Dengan,

$$P_{loss} = \text{Rugi daya ( watt)}$$

I = Arus (Ampere)

R = Resistansi (Ohm)

1) Bay Trafo 3 (2016)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (1581.4 \text{ A})^2 \times (34.6 \times 10^{-6} \Omega) = 86.9 \text{ W} = 0.0869 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (1581.4 \text{ A})^2 \times (34 \times 10^{-6} \Omega) = 85.4 \text{ W} = 0.0854 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (1581.4 \text{ A})^2 \times (35.6 \times 10^{-6} \Omega) = 89.4 \text{ W} = 0.0894 \text{ kW}$$

2) Bay Trafo 3 (2017)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (1581.4 \text{ A})^2 \times (34.2 \times 10^{-6} \Omega) = 85.9 \text{ W} = 0.0859 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (1581.4 \text{ A})^2 \times (34.1 \times 10^{-6} \Omega) = 85.6 \text{ W} = 0.0856 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (1581.4 \text{ A})^2 \times (35.5 \times 10^{-6} \Omega) = 89.1 \text{ W} = 0.0891 \text{ kW}$$

3) Bay Trafo 2 (2016)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (1484.4 \text{ A})^2 \times (14 \times 10^{-6} \Omega) = 30.8 \text{ W} = 0.0308 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (1484.4 \text{ A})^2 \times (40.7 \times 10^{-6} \Omega) = 89.7 \text{ W} = 0.0897 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (1484.4 \text{ A})^2 \times (13.9 \times 10^{-6} \Omega) = 30.6 \text{ W} = 0.0306 \text{ kW}$$

4) Bay Trafo 2 (2017)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (1484.4 \text{ A})^2 \times (38.9 \times 10^{-6} \Omega) = 85.7 \text{ W} = 0.0857 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (1484.4 \text{ A})^2 \times (38.8 \times 10^{-6} \Omega) = 85.5 \text{ W} = 0.0855 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (1484.4 \text{ A})^2 \times (35.6 \times 10^{-6} \Omega) = 85.7 \text{ W} = 0.0857 \text{ kW}$$

5) Bay Gondangrejo 2 (2016)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (3431.3 \text{ A})^2 \times (37 \times 10^{-6} \Omega) = 435.6 \text{ W} = 0.4356 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (3431.3 \text{ A})^2 \times (34 \times 10^{-6} \Omega) = 400.3 \text{ W} = 0.4003 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (3431.3 \text{ A})^2 \times (37 \times 10^{-6} \Omega) = 435.6 \text{ W} = 0.4356 \text{ kW}$$

6) Bay Gondangrejo 2 (2017)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (3431.3 \text{ A})^2 \times (39.7 \times 10^{-6} \Omega) = 462.7 \text{ W} = 0.4627 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (3431.3 \text{ A})^2 \times (39.4 \times 10^{-6} \Omega) = 463.9 \text{ W} = 0.4639 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (3431.3 \text{ A})^2 \times (38.1 \times 10^{-6} \Omega) = 448.6 \text{ W} = 0.4486 \text{ kW}$$

7) Bay Gondangrejo 1 (2016)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (3177.6 \text{ A})^2 \times (41.6 \times 10^{-6} \Omega) = 419.9 \text{ W} = 0.4199 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (3177.6 \text{ A})^2 \times (49.2 \times 10^{-6} \Omega) = 496.8 \text{ W} = 0.4968 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (3177.6 \text{ A})^2 \times (37.8 \times 10^{-6} \Omega) = 381.7 \text{ W} = 0.3817 \text{ kW}$$

8) Bay Gondangrejo 1 (2017)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (3177.6 \text{ A})^2 \times (39.7 \times 10^{-6} \Omega) = 400.9 \text{ W} = 0.4009 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (3177.6 \text{ A})^2 \times (40.9 \times 10^{-6} \Omega) = 413 \text{ W} = 0.4130 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (3177.6 \text{ A})^2 \times (40.5 \times 10^{-6} \Omega) = 408.9 \text{ W} = 0.4089 \text{ kW}$$

9) Bay Solo Baru 2 (2016)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (1566.4 \text{ A})^2 \times (38.9 \times 10^{-6} \Omega) = 95.4 \text{ W} = 0.0954 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (1566.4 \text{ A})^2 \times (40 \times 10^{-6} \Omega) = 98.1 \text{ W} = 0.0981 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (1566.4 \text{ A})^2 \times (39.8 \times 10^{-6} \Omega) = 97.7 \text{ W} = 0.0977 \text{ kW}$$

10) Bay Solo Baru 2 (2017)

$$P_{\text{loss fasa R}} = (1566.4 \text{ A})^2 \times (41 \times 10^{-6} \Omega) = 100.6 \text{ W} = 0.1006 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa S}} = (1566.4 \text{ A})^2 \times (41.8 \times 10^{-6} \Omega) = 102.6 \text{ W} = 0.1026 \text{ kW}$$

$$P_{\text{loss fasa T}} = (1566.4 \text{ A})^2 \times (41.4 \times 10^{-6} \Omega) = 101.6 \text{ W} = 0.1016 \text{ kW}$$

Tabel 3 Hasil perhitungan rugi daya

| No | Lokasi            | Rugi daya pada tahun (kW) |        |        |        |        |        |
|----|-------------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|    |                   | 2016                      |        |        | 2017   |        |        |
|    |                   | R                         | S      | T      | R      | S      | T      |
| 1  | Bay Trafo 3       | 0.0869                    | 0.0854 | 0.0894 | 0.0859 | 0.0856 | 0.0891 |
| 2  | Bay Trafo 2       | 0.0308                    | 0.0897 | 0.0306 | 0.0857 | 0.0855 | 0.0857 |
| 3  | Bay Gondangrejo 2 | 0.4356                    | 0.4003 | 0.4356 | 0.4627 | 0.4639 | 0.4486 |
| 4  | Bay Gondangrejo 1 | 0.4199                    | 0.4968 | 0.3817 | 0.4009 | 0.4130 | 0.4089 |
| 5  | Bay Solo Baru 2   | 0.0954                    | 0.0981 | 0.0977 | 0.1006 | 0.1026 | 0.1016 |
| 6  | Bay Solo Baru 1   | 0.0793                    | 0.0767 | 0.0773 | 0.0759 | 0.0789 | 0.0757 |
| 7  | Bay Sragen        | 0.3788                    | 0.1399 | 0.2643 | 0.2265 | 0.1396 | 0.1417 |
| 8  | Bay Masaran       | 0.3676                    | 0.3732 | 0.3760 | 0.3854 | 0.3788 | 0.3891 |

Dari tabel hasil perhitungan rugi daya dapat dianalisa bahwa setiap pemutus tenaga pada bay tertentu memiliki nilai tahanan kontak yang berbeda. Perbedaan tersebut mempengaruhi nilai rugi daya yang dihasilkan, semakin besar nilainya maka akan semakin besar pula nilai rugi dayanya. Arus yang mengalir pada penghantar juga berpengaruh pada nilai rugi daya, semakin besar arus yang mengalir maka semakin besar pula rugi dayanya. Lokasi pemutus tenaga juga mempengaruhi nilai rugi daya karena setiap lokasi menerima pembebanan yang bervariasi sehingga arus yang mengalir berbeda. Pada bay Sragen dan Masaran memiliki perbedaan nilai arus maka rugi daya pada lokasi tersebut juga mengalami perbedaan. Setiap tahun nilai tahanan pada pemutus tenaga berbeda. Nilai tahanan berpengaruh pada rugi daya pada pemutus tenaga setiap tahunnya. Setiap tahun pada setiap pemutus tenaga bisa mengalami penurunan nilai tahanan atau mengalami kenaikan nilai tahanan.

### 3.2 Perhitungan susut energi listrik

Perhitungan susut energi listrik yang hilang pada setiap kontak dilakukan dengan mengasumsikan waktunya selama 1 bulan atau 720 jam ( 30 hari x 24 jam = 720 jam). Energi listrik yang hilang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$W_{loss} = P_{loss} \times t \dots\dots\dots(2)$$

Dengan,

$W_{loss}$  = Energi listrik yang hilang (kWh)

$P_{loss}$  = Rugi daya (kW)

$t$  = Waktu (jam)

#### 1) Bay Trafo 3 (2016)

$$W_{loss \text{ fasa R}} = 0.0869 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 62.537 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa S}} = 0.0854 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 61.453 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa T}} = 0.0894 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 64.345 \text{ kWh}$$

#### 2) Bay Trafo 3 (2017)

$$W_{loss \text{ fasa R}} = 0.0859 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 61.814 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa S}} = 0.0856 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 61.633 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa T}} = 0.0891 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 64.164 \text{ kWh}$$

#### 3) Bay Trafo 2 (2016)

$$W_{loss \text{ fasa R}} = 0.0308 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 22.211 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa S}} = 0.0897 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 64.570 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa T}} = 0.0306 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 22.052 \text{ kWh}$$

#### 4) Bay Trafo 2 (2017)

$$W_{loss \text{ fasa R}} = 0.0857 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 61.714 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa S}} = 0.0855 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 61.555 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa T}} = 0.0857 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 61.714 \text{ kWh}$$

#### 5) Bay Gondangrejo 2 (2016)

$$W_{loss \text{ fasa R}} = 0.4356 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 313.655 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa S}} = 0.4003 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 288.223 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa T}} = 0.4356 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 313.655 \text{ kWh}$$

#### 6) Bay Gondangrejo 2 (2017)

$$W_{loss \text{ fasa R}} = 0.4627 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 333.152 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa S}} = 0.4639 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 333.997 \text{ kWh}$$

$$W_{loss \text{ fasa T}} = 0.4486 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 322.979 \text{ kWh}$$

#### 7) Bay Gondangrejo 1 (2016)

$$W_{\text{loss fasa R}} = 0.4199 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 302.430 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa S}} = 0.4968 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 357.681 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa T}} = 0.3817 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 274.804 \text{ kWh}$$

8) Bay Gondangrejo 1 (2017)

$$W_{\text{loss fasa R}} = 0.4009 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 288.617 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa S}} = 0.4130 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 297.341 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa T}} = 0.4089 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 294.433 \text{ kWh}$$

9) Bay Solo Baru 2 (2016)

$$W_{\text{loss fasa R}} = 0.0954 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 68.721 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa S}} = 0.0981 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 70.664 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa T}} = 0.0977 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 70.311 \text{ kWh}$$

10) Bay Solo Baru 2 (2017)

$$W_{\text{loss fasa R}} = 0.1006 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 72.431 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa S}} = 0.1026 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 73.844 \text{ kWh}$$

$$W_{\text{loss fasa T}} = 0.1016 \text{ kW} \times 720 \text{ jam} = 73.137 \text{ kWh}$$

Tabel 4 Hasil perhitungan energi listrik yang hilang

| No | Lokasi            | Energi listrik yang hilang pada tahun (kWh) |         |         |         |         |         |
|----|-------------------|---------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|    |                   | 2016                                        |         |         | 2017    |         |         |
|    |                   | R                                           | S       | T       | R       | S       | T       |
| 1  | Bay Trafo 3       | 62.537                                      | 61.453  | 64.345  | 61.814  | 61.633  | 64.164  |
| 2  | Bay Trafo 2       | 22.211                                      | 64.570  | 22.052  | 61.714  | 61.555  | 61.714  |
| 3  | Bay Gondangrejo 2 | 313.655                                     | 288.223 | 313.655 | 333.152 | 333.997 | 322.979 |
| 4  | Bay Gondangrejo 1 | 302.430                                     | 357.681 | 274.804 | 288.617 | 297.341 | 294.433 |
| 5  | Bay Solo Baru 2   | 68.721                                      | 70.664  | 70.311  | 72.431  | 73.844  | 73.137  |
| 6  | Bay Solo Baru 1   | 57.129                                      | 55.248  | 55.682  | 54.670  | 56.839  | 54.525  |
| 7  | Bay Sragen        | 272.712                                     | 100.741 | 190.288 | 163.068 | 100.486 | 102.013 |
| 8  | Bay Masaran       | 264.658                                     | 268.699 | 270.719 | 277.453 | 272.739 | 280.147 |

Dari tabel hasil perhitungan energi listrik yang hilang dapat dianalisa bahwa besarnya energi listrik yang hilang dipengaruhi oleh besarnya rugi daya yang dihasilkan pada setiap pemutus tenaga. Semakin besar rugi dayanya maka akan semakin besar pula energi listrik yang hilang. Penentuan waktu yang diasumsikan dapat memudahkan dalam perhitungan energi listrik, karena waktu pada setiap pemutus tenaga dianggap sama. Setiap lokasi pada pemutus tenaga

mempengaruhi nilai susut energi listrik, karena setiap lokasi memiliki nilai arus yang berbeda. Semakin besar arusnya maka semakin besar nilai susut energi listrik. Setiap tahun susut energi listrik mengalami perbedaan, karena setiap tahun nilai tahanan pada setiap pemutus tenaga berbeda.

### 3.3 Perhitungan biaya listrik

Perhitungan biaya listrik dilakukan untuk menentukan seberapa besar biaya yang harus dikeluarkan yang berdasar pada energi listrik yang hilang. Diasumsikan energi yang hilang selama 1 bulan, jadi besarnya biaya yang dikeluarkan yaitu biaya energi listrik yang hilang selama asumsi 1 bulan. Penentuan biaya listrik diambil dari data tarif listrik PLN yaitu sebagai berikut :

Tabel 5 Tarif dasar listrik

| No | Daya (VA)    | Tarif (Rp/kwh) |
|----|--------------|----------------|
| 1  | 450          | 415            |
| 2  | 900          | 586            |
| 3  | 1300         | 1467.28        |
| 4  | 2200         | 1467.28        |
| 5  | 3500 - 5500  | 1467.28        |
| 6  | 6600 ke atas | 1467.28        |

Berdasarkan tabel tarif dasar listrik di atas maka dapat diasumsikan harga listrik per kWh adalah Rp 1467.28 . Besarnya biaya listrik yang harus dibayar yang diasumsikan selama 1 bulan dapat dihitung dengan mengalikan energi listrik yang hilang selama 1 bulan dengan asumsi tarif yang sudah ditentukan. Perhitungan biaya listrik dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Biaya} = W_{\text{loss}} \times \text{Rp } 1467.28/\text{kWh} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan,

Biaya = Biaya yang harus dibayar (Rp)

$W_{\text{loss}}$  = Energi listrik yang hilang (kWh)

1) Bay Trafo 3 (2016)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 62.537 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 91,759.55$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 61.453 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 90,168.34$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 64.345 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 94,411.56$$

2) Bay Trafo 3 (2017)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 61.814 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 90,698.74$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 61.633 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 90,433.54$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 64.164 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 94,146.36$$

3) Bay Trafo 2 (2016)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 22.211 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 32,589.33$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 64.570 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 94,741.84$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 22.052 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 32,356.55$$

4) Bay Trafo 2 (2017)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 61.714 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 90,551.78$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 61.555 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 90,319.00$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 61.714 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 90,551.78$$

5) Bay Gondangrejo 2 (2016)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 313.655 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 460,219.06$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 288.223 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 422,904.00$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 313.655 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 460,219.06$$

6) Bay Gondangrejo 2 (2017)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 333.152 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 488,827.27$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 333.997 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 490,071.10$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 322.979 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 473,901.25$$

7) Bay Gondangrejo 1 (2016)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 302.430 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 443,748.89$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 357.681 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 524,818.40$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 274.804 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 403,214.13$$

8) Bay Gondangrejo 1 (2017)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 288.617 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 423,481.51$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 297.341 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 436,281.96$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 294.433 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 432,015.14$$

9) Bay Solo Baru 2 (2016)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 68.721 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 100,832.48$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 70.664 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 103,683.78$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 70.311 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 103,165.36$$

10) Bay Solo Baru 2 (2017)

$$\text{Biaya}_{\text{fasa R}} = 72.431 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 106,275.88$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa S}} = 73.844 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 108,349.55$$

$$\text{Biaya}_{\text{fasa T}} = 73.137 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1467.28 = \text{Rp } 107,312.72$$

Tabel 6 Hasil perhitungan biaya listrik selama 1 bulan

| No | Lokasi               | Biaya listrik pada tahun (Rp) |           |           |           |           |           |
|----|----------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|    |                      | 2016                          |           |           | 2017      |           |           |
|    |                      | R                             | S         | T         | R         | S         | T         |
| 1  | Bay Trafo 3          | 91,759.55                     | 90,168.34 | 94,411.56 | 90,698.74 | 90,433.54 | 94,146.36 |
| 2  | Bay Trafo 2          | 32,589.33                     | 94,741.84 | 32,356.55 | 90,551.78 | 90,319.00 | 90,551.78 |
| 3  | Bay<br>Gondangrejo 2 | 460,219                       | 422,904   | 460,219   | 488,827.2 | 490,071.1 | 473,901.2 |
| 4  | Bay<br>Gondangrejo 1 | 443,748.8                     | 524,818.4 | 403,214.1 | 423,481.5 | 436,281.9 | 432,015.1 |
| 5  | Bay Solo Baru<br>2   | 100,832.4                     | 103,683.7 | 103,165.3 | 106,275.8 | 108,349.5 | 107,312.7 |
| 6  | Bay Solo Baru<br>1   | 83,823.57                     | 81,064.82 | 81,701.46 | 80,215.98 | 83,399.15 | 80,003.76 |
| 7  | Bay Sragen           | 400,144.9                     | 147,814.7 | 279,205.6 | 239,265.7 | 147,441.4 | 149,681   |
| 8  | Bay Masaran          | 388,327.5                     | 394,256.2 | 397,220.5 | 407,101.6 | 400,184.8 | 411,054.  |

Dari tabel hasil perhitungan biaya listrik maka dapat dianalisa bahwa biaya listrik pada masing-masing pemutus tenaga memiliki perbedaan. Besarnya energi listrik yang hilang mempengaruhi besarnya biaya listrik yang harus dikeluarkan. Semakin besar energi yang hilang maka akan semakin tinggi biaya yang harus dikeluarkan. Biaya terbesar terjadi pada lokasi bay Gondangrejo 1 pada tahun 2016 terletak pada fasa S yaitu Rp 524,818.40. Biaya terkecil terjadi pada lokasi bay trafo 2 pada tahun 2016 terletak pada fasa T yaitu Rp 32,356.55. Pada lokasi yang sama terjadi perbedaan biaya yang dikeluarkan dapat lebih besar atau lebih kecil biayanya karena setiap tahunnya pemutus tenaga memiliki perbedaan nilai susut energi listrik sehingga mempengaruhi biaya listrik yang dikeluarkan.

#### 4. PENUTUP

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan tentang analisa pengaruh tahanan kontak pemutus tenaga terhadap rugi daya penghantar yang telah dijabarkan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa :

- 1) Setiap pemutus tenaga pada gardu induk Palur memiliki nilai tahanan kontak dan arus yang berbeda. Nilai tersebut mempengaruhi besarnya rugi daya setiap pemutus tenaga.

- 2) Lokasi pemutus tenaga mempengaruhi besarnya rugi daya karena setiap lokasi memiliki pembebanan yang berbeda sehingga arus yang mengalir sesuai dengan beban yang diterima oleh pemutus tenaga.
- 3) Rugi-rugi daya tertinggi terjadi pada pemutus tenaga bay Gondangrejo 1 pada fasa S yaitu sebesar 0.4968 kW dan rugi daya terkecil terjadi pada pemutus tenaga bay trafo 2 pada fasa T yaitu sebesar 0.0306 kW
- 4) Susut energi listrik tertinggi terjadi pada pada pemutus tenaga bay Gondangrejo 1 pada fasa S yaitu sebesar 357.684 kWh dan rugi daya terkecil terjadi pada pemutus tenaga bay trafo 2 pada fasa T yaitu sebesar 22.052 kWh
- 5) Biaya listrik yang dikeluarkan ditentukan oleh besarnya susut energi listrik yang terjadi pada setiap pemutus tenaga, semakin besar susut energi listrik maka akan semakin besar biaya yang dikeluarkan.

## **PERSANTUNAN**

Dalam pembuatan artikel publikasi ini penulis juga berterimakasih kepada semua pihak yang telah ikut membantu penulis saat proses pembuatan tugas akhir ini.

- 1) Penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan banyak rahmat dan karunia-Nya sehingga dalam proses tugas akhir ini penulis dapat menyelesaikan dengan baik.
- 2) Terima kasih kepada bapak dan ibu yang senantiasa memberikan restu dan banyak dukungan berupa doa, motivasi, dan materi kepada penulis hingga dapat menyelesaikannya dengan lancar.
- 3) Bapak Agus Supardi, S.T,M.T selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan motivasi, ilmu, dan mau membimbing hingga proses tugas akhir ini selesai.
- 4) Dosen jurusan teknik elektro yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dalam bidang elektro sehingga penulis mendapat refesensi yang cukup.
- 5) Terima kasih kepada teman-teman angkatan 2014 Teknik Elektro UMS yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.

## **Daftar Pustaka**

- Sethi Harshita, Shivani Ashra, Sukriti Lal, 2013, *A Case Study Hybrid Circuit Breaker, The International Journal of Engineering and Science Volume 2 Page 37-40*
- D Ingle Amrapali, Warsha Kandtikar, 2017, *Electronic Circuit Breaker, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume 04*
- Saravanan, Amer Nasr A. Elghaffar, yehlasayedm. Ali, Adel A.Elbaset Mohamed, 2015, *The Optimum Test for High Voltage SF6 Circuit Breaker In The New Substation Before*

*Energize With The National Grid, International Journal Of Technology enhancements and emerging Engineering Research, Volume 3, ISSN 2347-4289*

Sharma Snigdha, Hemant Bharadwaj, 2012, *How To Maintain SF6 Circuit Breaker, International Journal of Scientific Research Engineering and Technology (IJSRET) Volume 1, ISSN 2278-0882*

Thakur Hitesh, 2015, *HVDC Circuit Breaker : A Review on Challenges and innovations, International Journal of Engineering and Technology (IJEET) Volume 6, ISSN 0976-6553*

Bobdey D S, A A Bhole, 2014, *Dynamic Contact Resistance Measurement on HV Circuit Breaker, International Journal of Engineering Research and Technology (IJRET) Volume 3*