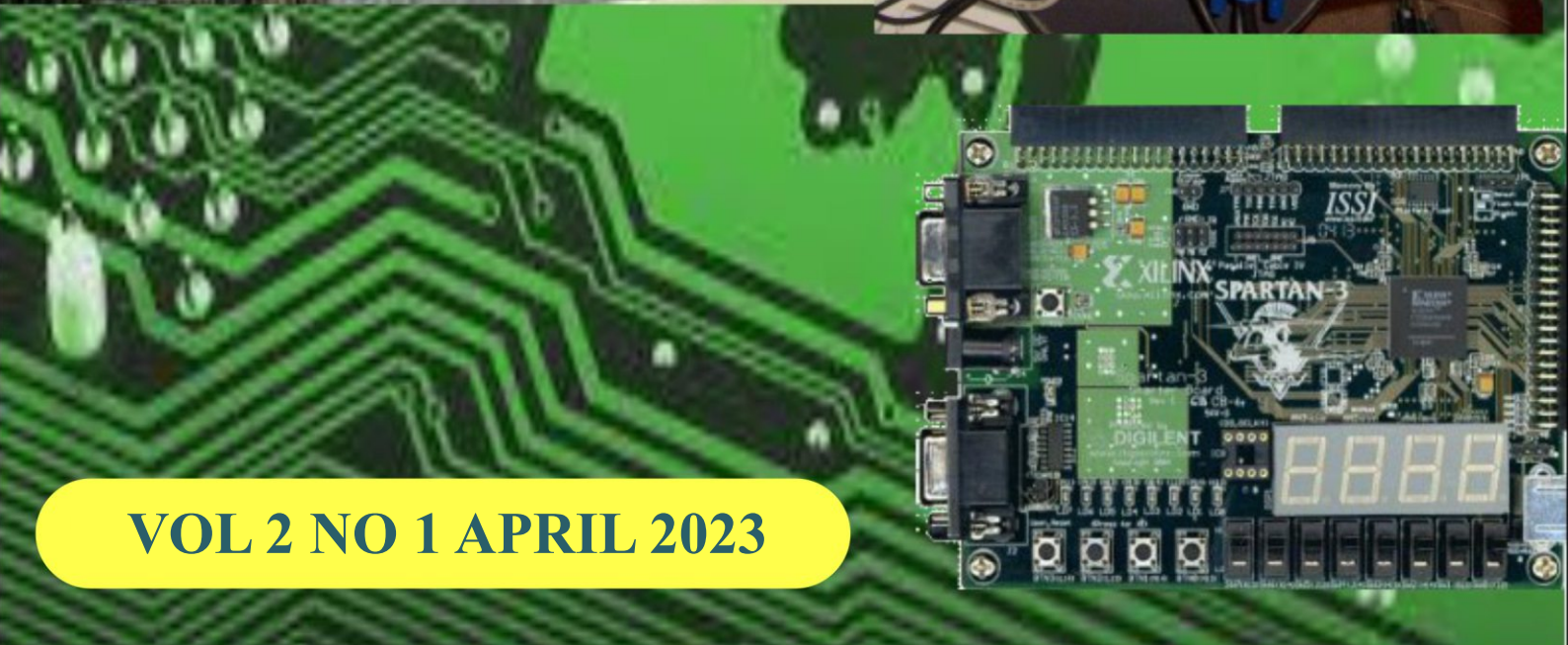
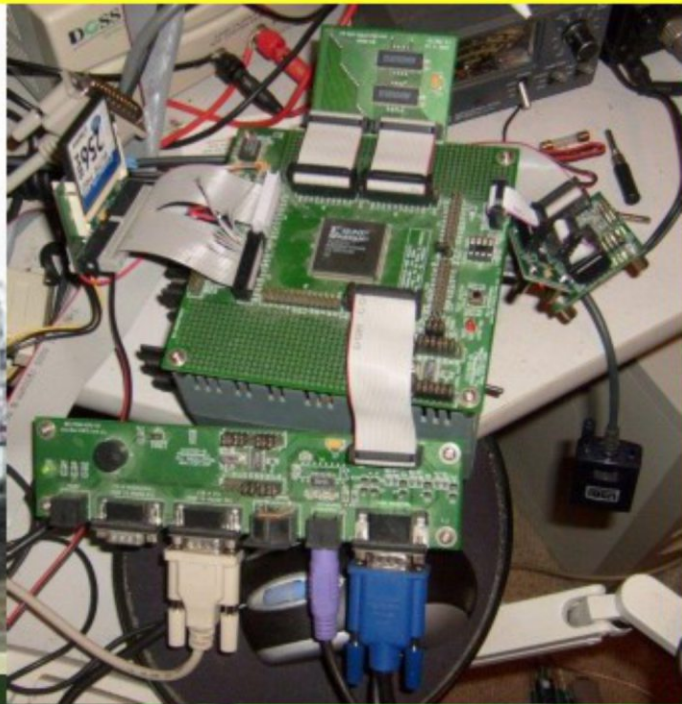




# Jurnal Elektro dan Teknologi Informasi



**VOL 2 NO 1 APRIL 2023**





## **Editorial Boards**

### **Editor-in-Chief**

[Dr.Adhi Kusmantoro, ST, MT](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

### **Associate Editor-in-Chief**

[Margono, ST, M.Eng](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

### **Reviewer**

[Dr.Roy Rudolf Huizen, ST, MT](#) STIKOM, **Bali**

[Dr.Ari Endang Jayati, ST, MT](#) Universitas Semarang, **Semarang**

[Dr.Adri Gabriel Sooi, ST, MT](#) Universitas Katolik Widya Mandira, **Kupang**

[Dr.Eng.Imam Wahyudi Farid, ST, MT](#) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, **Surabaya**

[Dr.Dandy Pramana Hostiadi, S.Kom, MT](#) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, **Surabaya**

[Dr.Sigit Ristanto, ST, M.Sc](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

### **Layout Editor**

[Nugroho Dwi Saputro, M.Kom.](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

### **Administrator/ IT Support**

[Rahmat Robi Waliyansyah, M.Kom.](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

## DAFTAR ISI

<b>Analisis Pengaruh Purifikasi (Filtering) Terhadap Kualitas Tegangan Tembus Minyak Transformator</b> Hoppe Khoiru Mubarak	1-6
<b>Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Ups di Rumah Sakit Charlie Semarang</b> Bayu Yulianto	7-11
<b>Simulasi Desain Sistem Kendali Pada Turbin Angin Berskala Mikro The Sky Dancer 500 W</b> Harun Abdul Rosid	12-16
<b>Analisa Peralatan Lightning Arrester Pada Gardu Induk 150 Kv PLTU Rembang</b> Sandy Ryan Handoko	17-21
<b>Desain Inverter 12Vdc To 220Vac Dengan Frekuensi 50Hz</b> Muhammad Endra Eko Yulianto	22-XX

# Analisis Pengaruh Purifikasi (*Filtering*) Terhadap Kualitas Tegangan Tembus Minyak Transformator

Hoppe Khoiru Mubarak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang  
Jl. Sidodadi Timur No. 24- Dr Cipto, Semarang  
Email: hopekhoiru@gmail.com

## ABSTRAK

Dalam penyaluran sistem tenaga listrik, salah satu hal penting dalam peralatan adalah sistem isolasi. Sistem isolasi merupakan gabungan dari beberapa bahan isolasi pada suatu peralatan listrik. Ketika sistem isolasi pada suatu peralatan berada pada kondisi yang sudah tidak layak, maka akan berdampak buruk pada operasi peralatan tersebut. Masalah yang sering dihadapi dalam penyaluran sistem tenaga listrik adalah kegagalan isolasi. Berdasarkan hasil penelitian tegangan tembus minyak transformator mengalami kenaikan kualitas tegangan tembus setelah dilakukan purifikasi (*filtering*) dan memenuhi syarat minimum standar IEC 60269, dan minyak transformator tahan terhadap panas untuk minyak transformator sudah pakai nilai tegangan tembusnya cenderung konstan atau tidak mengalami peningkatan terlalu besar di suhu 60-70 derajat.

**Kata Kunci:** Minyak Transformator; Kegagalan Isolasi; Purifikasi (*Filtering*); Tegangan Tembus

## PENDAHULUAN

Untuk menjaga kontinuitas operasi transformator, maka pada transformator dilengkapi minyak. Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebagai bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, sehingga dengan kedua kemampuan ini maka minyak diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan. Oleh karena itu agar sistem tenaga listrik dapat berjalan dengan baik dan handal maka keberadaan transformator harus dijaga dari gangguan khususnya yang diakibatkan oleh minyak isolasi. Karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai media pemisah panas (disirkulasi) dan juga berfungsi sebagai isolasi (memiliki daya tegangan tembus tinggi) sehingga sebagai media pendingin dan isolasi. Salah satu faktor yang menyebabkan menurunnya mutu dan ketersediaan pelayanan daya listrik adalah gangguan terhadap minyak transformator, yaitu penyebabnya bisa dari beban transformator yang tinggi, lama pemakaian dari transformator dan adanya kadar air yang tinggi pada transformator. Semakin kecilnya tegangan tembus pada minyak transformator membuktikan bahwa minyak transformator mengalami gangguan dan harus di treatment atau diganti dengan minyak transformator baru.

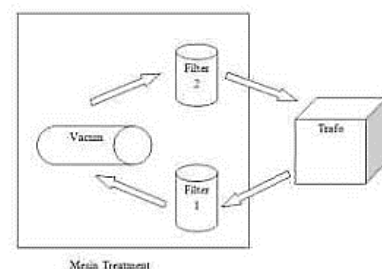
## STUDI PUSTAKA

Prinsip Kerja Minyak Transformator

Minyak Transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang digunakan sebagai isolasi dan pendingin pada

transformator. Sebagai bagian dari bahan isolasi, minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus dan sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus dapat menahan panas dengan kedua kemampuan maka minyak transformator mampu melindungi transformator dari gangguan ataupun kerusakan.

## Proses Tahapan Purifikasi (*Filtering*)



## Adapun Tahapan proses purifikasi:

- Minyak yang ada di dalam trafo dialirkan keluar menuju filter pertama dengan bantuan daya hisap motor 3 fasa yang dipasang setelah filter pertama, sehingga minyak masuk ke dalam filter pertama. Di dalam filter ini butiran-butiran pengotor seperti sisa korosi peralatan maupun arang yang besarnya lebih dari 10 mikron akan tersaring.
- Setelah itu minyak dialirkan menuju ke ruang boiler vacum. Ruang ini terdapat dua heater yang disusun secara vertikal. Heater ini berfungsi memanasi minyak. Selain itu juga dipasang indikator ketinggian permukaan minyak dalam tabung vacum. Indikator ini berupa sensor infra merah. Ketika sinar infra merah

terhalang oleh minyak maka motor yang berfungsi menghisap minyak dari filter akan berhenti. Di dalam ruang ini minyak dipanaskan hingga  $\pm 70^{\circ}\text{C}$ . Dalam ruang vacum, air akan menguap dibawah titik didih air (titik didih air =  $100^{\circ}\text{C}$ ). Uap air yang berasal dari pemanasan disedot keluar melalui mesin vacum. Dengan metode vacum, minyak tidak tercampur oleh udara luar.

- C. Setelah minyak terpisah dari kandungan air, selanjutnya dialirkan menuju filter kedua. Pori-pori filter ini berukuran 5 mikron. Butiran pengotor yang tidak tersaring pada filter pertama akan tersaring pada filter ini. Tahap proses di atas tersebut akan diulang – ulang atau minyak disirkulasikan secara berulang – ulang. Menurut standar PLN (Manual Book Produk Trafo) untuk minyak lama dibutuhkan 4-6 sirkulasi sedangkan minyak baru membutuhkan 2-3 sirkulasi. Akan tetapi pada dasarnya yang menjadi patokan untuk menentukan jumlah sirkulasi adalah kualitas dari minyak trafo ketika sebelum dipurifikasi.. Mesin yang digunakan mampu mensirkulasikan 1000 liter minyak dalam waktu 1 jam dengan kecepatan putar motor untuk mensirkulasikan adalah  $\pm 19$  rpm. Berarti dapat diambil kesimpulan bahwa 1 liter minyak mampu disirkulasikan dalam waktu  $\pm 7$  detik. Dengan lama waktu tersebut diharapkan proses penyaringan dan pemanasan minyak dapat optimal.

## METODE/DESAIN

### A. Tempat Penelitian

Penelitian penulis dilakukan di PT. IPSI KARYA ABADI, yang bergerak dibidang kelistrikan khususnya pada perawatan transformator seperti purifikasi oli, ganti oli transformator, rewinding, service berkala. PT. IPSI KARYA ABADI terletak di Kawasan Industri Candi Jl. Gatoto Subroto blok 11B no. 8, Semarang, Jawa Tengah.

### B. Langkah Penelitian

Pada tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kualitas tegangan tembus minyak transformator sebelum difilter dan sesudah difilter. Pendekatan pada tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif, melakukan pengumpulan data berdasarkan pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini dan diolah dengan penjelasan deskriptif untuk mengambil suatu kesimpulan yang sesuai dengan data dan hasil analisis. Adapun prosedur langkah-langkah dalam melakukan pendekatan, yaitu sebagai berikut :

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan penulis untuk mencari referensi atau tinjauan pustaka terutama mengenai tegangan tembus minyak transformator.

#### 2. Perizinan Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan guna mendukung penyusunan tugas akhir ini, dimana data-data yang diambil akan diolah untuk mengetahui kualitas tegangan tembus minyak transformator.

#### 3. Analisa Data

Dalam analisa data penulis menentukan parameter yang akan dibutuhkan untuk menentukan tegangan tembus minyak transformator. Teknik analisa data yang

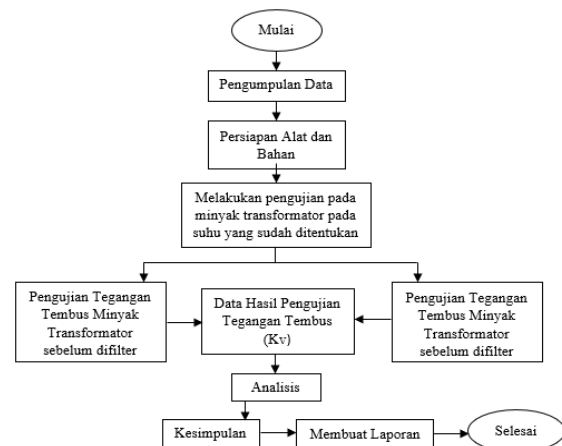
digunakan penulis adalah statistik deskriptif, statistik deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisa data dengan cara mendeskripsikan data yang telah terkumpul. Penulis akan menarik kesimpulan secara deskriptif mengenai apakah adanya pengaruh purifikasi (filtering) terhadap tegangan tembus minyak transformator kemudian dibandingkan dengan standar IEC 60296 untuk mengetahui apakah tegangan minyak transformator sesuai standarisasi atau tidak.

### C. Fokus Penelitian

Fokus pada tugas akhir ini adalah mengetahui kualitas tegangan tembus minyak transformator sebelum dan sesudah di filter, dan mengetahui karakteristik minyak transformator terhadap perubahan suhu.

### D. Tahap Pelaksanaan

Pada desain penelitian ini menggunakan desain penelitian survey dan eksperimen, yaitu dengan cara mengambil data, dan menganalisis hasil eksperimen. Desain penelitian ini dilakukan berdasarkan analisa untuk mengetahui pengaruh purifikasi (filterisasi) terhadap kualitas minyak isolasi transformator sebelum dan sesudah difilter adalah sebagai berikut :



### E. Instrumen Pengujian

#### Alat dan Bahan Penelitian

##### 1. Breakdown Voltage Test merk Megger

Oil test set merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur tegangan tembus bahan dielektrik cair. Bejana uji presisi ini menetapkan standar akurasi untuk pengujian bahan dielektrik cair.



Gambar 3.1 Oil Test

2. Laboratory Bottle  
Laboratory Bottle merupakan alat yang digunakan untuk menyimpan sampel minyak yang diambil dari trafo
3. Thermometer  
Thermometer digunakan untuk mengukur apakah suhu pada minyak yang dipanaskan sudah sesuai dengan suhu yang diinginkan.
4. Minyak Transformator.  
Minyak transformator yang diuji dan dianalisis merupakan minyak transformator jenis mineral oils dalam keadaan baru diambil dari drum penyimpanan dan minyak bekas pakai dari transformator.



Gambar 3.2 Minyak Transformator.

#### Prosedur Pengujian

Urutan pengujian isolasi cair berdasarkan IEC 156 adalah sebagai berikut:

1. Sampel minyak trafo bekas diuji terlebih dahulu untuk mengetahui tegangan tembusnya.
2. Kemudian minyak trafo bekas di filter dengan menggunakan mesin filter minyak.
3. Sebelum minyak dituang, kotak uji harus dalam keadaan bersih dan kering.
4. Pada saat menuang minyak ke dalam kotak uji harus hati-hati agar tidak menimbulkan gelembung gas dalam minyak.
5. Banyaknya minyak harus sedemikian rupa sehingga tingginya di atas puncak elektroda lebih dari 20 mm.
6. Kemudian minyak dibiarkan sesaat untuk menghilangkan gelembung gas yang masih mungkin terjadi saat pengisian minyak ke dalam kotak uji.
7. Selanjutnya tegangan naik otomatis secara bertahap 2 kV/detik sampai terjadi tembus listrik
8. Setelah terjadi tembus listrik minyak diaduk dengan suatu tangkai tipis dan bersih untuk menghilangkan gelembung gas yang timbul saat terjadi tembus listrik.
9. Setelah terjadi tembus listrik elektroda juga harus di periksa untuk meyakinkan bahwa elektroda tidak mengalami kerusakan pada permukaannya yang diakibatkan saat terjadi tembus listrik.
10. Selang dua menit pengujian di ulang kembali sampai dengan enam kali pengujian.
11. Tegangan tembus dari keenam pengujian dijumlahkan untuk mendapatkan tegangan rata-rata.

#### Persamaan Tegangan Tembus

Persamaan tegangan tembus minyak adalah sebagai berikut :

$$V_b = A \cdot d^n \quad (1)$$

Dimana :

- $V_b$  = Tegangan tembus/breakdown (kV)
- A = Konstanta
- d = Panjang ruang celah (mm)
- n = Konstanta yang nilainya kurang dari 1

Kekuatan dielektrik minyak transformator dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$E(\text{rata-rata}) = \frac{V_b(\text{rata-rata})}{d} \quad (2)$$

Dimana :

- E = Kekuatan Dielektrik (Kv/mm)
- $V_b$  = Tegangan Tembus (Kv)
- D = Jarak Sela Setengah Bola (mm)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Hasil Pengujian Tegangan Tembus Sebelum di Purifikasi

Hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum dipurifikasi transformator merk Trafindo serial 8930469 (800 kVa) dan Trafindo serial 173304309 (630 kVa) PT BOGOWONTO PRIMALARAS.

Tabel 1.1 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Trafindo serial 8930469 (800 kva) Sebelum Dilakukan Purifikasi.

Tes Tegangan Tembus	Hasil
Pengujian 1	26,2
Pengujian 2	28,5
Pengujian 3	30,1
Pengujian 4	22,7
Pengujian 5	29,1
Pengujian 6	25,8
Jumlah (KV)	162,4
Tegangan Tembus Rata <sup>2</sup> /2,5mm	27

Berdasarkan tabel diatas terlihat tegangan tembus minyak trafo mengalami penurunan pada 6 kali percobaan, cara menghitung rata-rata tegangan tembus minyak trafo dari 6 kali pengujian sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & V_b(\text{rata-rata}) \\ &= \frac{26,2+28,5+30,1+22,7+29,1+25,8}{6} = 162,4 \text{ kV}/2,5\text{mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil rata-rata pada perhitungan diatas dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak trafo sebelum dilakukan purifikasi, perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo sebelum dipurifikasi memakai rumus sebagai berikut :

$$E(\text{rata-rata}) = \frac{V_b(\text{rata-rata})}{d}$$

Keterangan :

- E : kekuatan dielektrik (kV/mm)
- $V_b$  : tegangan tembus (kV)
- d : jarak sela bola (mm)

$$E(\text{rata-rata}) = \frac{27}{2,5} = 10,8 \text{ kV}/\text{mm}$$

Tabel 1.2 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Trafindo serial 173304309 (630 kva) Sebelum Dilakukan Purifikasi.

Tes Tegangan Tembus	Hasil
Pengujian 1	32,5
Pengujian 2	29,3
Pengujian 3	35,6
Pengujian 4	30,9
Pengujian 5	25,8
Pengujian 6	40,5
Jumlah (KV)	203,6
Tegangan Tembus Rata <sup>2</sup> /2,5mm	33,9

Berdasarkan tabel diatas terlihat tegangan tembus minyak trafo mengalami penurunan pada 6 kali percobaan, cara menghitung rata-rata tegangan tembus minyak trafo dari 6 kali pengujian sebagai berikut :

$$E(rata-rata) = \frac{Vb(rata-rata)}{d} = \frac{32,5+29,3+35,6+30,9+25,8+40,5}{6} = 33,9 \text{ kV}/2,5\text{mm}$$

Berdasarkan hasil rata-rata pada perhitungan diatas dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak trafo sebelum dilakukan purifikasi, perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo sebelum dipurifikasi memakai rumus sebagai berikut :

$$E(rata-rata) = \frac{Vb(rata-rata)}{d} = \frac{33,9}{2,5} = 13,5 \text{ kV}/\text{mm}$$

Hasil Pengujian tegangan tembus minyak trafo sebelum purifikasi, transformator Trafindo serial 193312747 (800 kVa) sebelum dipurifikasi transformator PT HANICA PUSPA MEGAPACK.

Tabel 1.3 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Trafindo serial 193312747 Sebelum Dilakukan Purifikasi.

Tes Tegangan Tembus	Hasil
Pengujian 1	35,1
Pengujian 2	29,8
Pengujian 3	30,4
Pengujian 4	28,6
Pengujian 5	30,1
Pengujian 6	32,4
Jumlah (KV)	186,4
Tegangan Tembus Rata <sup>2</sup> /2,5mm	31

Berdasarkan tabel diatas terlihat tegangan tembus minyak trafo mengalami penurunan pada 6 kali percobaan, cara menghitung rata-rata tegangan tembus minyak trafo dari 6 kali pengujian sebagai berikut :

$$E(rata-rata) = \frac{Vb(ratarata)}{d} = \frac{35,1+29,8+30,4+28,6+30,1+32,4}{6} = 31 \text{ kV}/2,5\text{mm}$$

Berdasarkan hasil rata-rata pada perhitungan diatas dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak trafo sebelum dilakukan purifikasi, perhitungan kekuatan dielektrik

minyak trafo sebelum dipurifikasi memakai rumus sebagai berikut :

$$E(rata-rata) = \frac{Vb(rata-rata)}{d} = \frac{31}{2,5} = 12,4 \text{ kV}/\text{mm}$$

2. Hasil Pengujian Tegangan Tembus Sesudah di Purifikasi

A. Hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo sesudah dipurifikasi transformator merk Trafindo serial 8930469 (800 kVa) dan Trafindo serial 173304309 (630 kVa) PT BOGOWONTO PRIMALARAS.

Tabel 2.1 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Trafindo serial 8930469 (800 kva) Sesudah Dilakukan Purifikasi.

Tes Tegangan Tembus	Hasil
Pengujian 1	69,5
Pengujian 2	63,8
Pengujian 3	69,1
Pengujian 4	81,2
Pengujian 5	81,7
Pengujian 6	83
Jumlah (KV)	448,3
Tegangan Tembus Rata <sup>2</sup> /2,5mm	74,71

Berdasarkan tabel diatas terlihat tegangan tembus minyak trafo mengalami kenaikan setelah dilakukan purifikasi pada 6 kali pengujian, cara menghitung rata-rata tegangan tembus minyak trafo dari 6 kali pengujian sebagai berikut :

$$E(rata-rata) = \frac{Vb(rata-rata)}{d} = \frac{69,5+63,8+69,1+81,2+81,7+83}{6} = 74,71 \text{ kV}/2,5\text{mm}$$

Berdasarkan hasil rata-rata pada perhitungan diatas dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak trafo sebelum dilakukan purifikasi, perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo sebelum dipurifikasi memakai rumus sebagai berikut :

$$E(rata-rata) = \frac{Vb(rata-rata)}{d} = \frac{74,71}{2,5} = 29,88 \text{ kV}/\text{mm}$$

Tabel 2.2 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Trafindo serial 173304309 (630 kva) Sesudah Dilakukan Purifikasi.

Tes Tegangan Tembus	Hasil
Pengujian 1	81,5
Pengujian 2	83,5
Pengujian 3	81,4
Pengujian 4	71
Pengujian 5	73,8
Pengujian 6	69,1
Jumlah (KV)	460,3
Tegangan Tembus Rata <sup>2</sup> /2,5mm	76,71

Berdasarkan tabel diatas terlihat tegangan tembus minyak trafo mengalami kenaikan setelah dilakukan purifikasi pada 6 kali pengujian, cara menghitung rata-rata tegangan tembus minyak trafo dari 6 kali pengujian sebagai berikut :



$$Vb(\text{rata-rata}) = \frac{81,5+83,5+81,4+71+73,8+69,1}{6} = 76,71 \text{ kV}/2,5\text{mm}$$

Berdasarkan hasil rata-rata pada perhitungan diatas dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak trafo sebelum dilakukan purifikasi, perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo sebelum dipurifikasi memakai rumus sebagai berikut :

$$E(\text{rata-rata}) = \frac{Vb(\text{rata-rata})}{d}$$

$$E(\text{rata-rata}) = \frac{76,71}{2,5} = 30,68 \text{ kV}/\text{mm}$$

B. Hasil Pengujian tegangan tembus minyak trafo sesudah purifikasi, transformator Trafindo serial 193312747 (800 kVa) transformator PT HANICA PUSPA MEGAPACK.

Tabel 2.3 Hasil Pengujian Tegangan Tembus Minyak Trafo Trafindo serial 193312747 Sesudah Dilakukan Purifikasi.

Tes Tegangan Tembus	Hasil
Pengujian 1	73,9
Pengujian 2	82,2
Pengujian 3	75,3
Pengujian 4	73,3
Pengujian 5	73,9
Pengujian 6	68,7
Jumlah (KV)	446,3
Tegangan Tembus Rata <sup>2</sup> /2,5mm	74,3

Berdasarkan tabel diatas terlihat tegangan tembus minyak trafo mengalami kenaikan setelah dilakukan purifikasi pada 6 kali pengujian, cara menghitung rata-rata tegangan tembus minyak trafo dari 6 kali pengujian sebagai berikut :

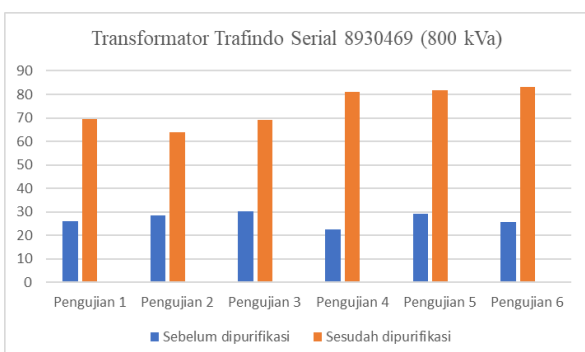
$$Vb(\text{rata-rata}) = \frac{73,9+82,2+75,3+73,3+73,9+68,7}{6} = 74,3 \text{ kV}/2,5\text{mm}$$

Berdasarkan hasil rata-rata pada perhitungan diatas dapat diketahui ketahanan dielektrik minyak trafo sebelum dilakukan purifikasi, perhitungan kekuatan dielektrik minyak trafo sebelum dipurifikasi memakai rumus sebagai berikut :

$$E(\text{rata-rata}) = \frac{Vb(\text{rata-rata})}{d}$$

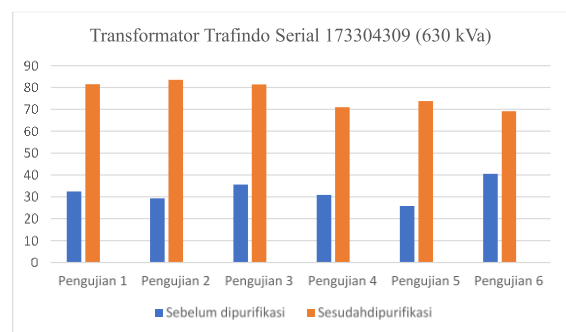
$$E(\text{rata-rata}) = \frac{74,3}{2,5} = 29,72 \text{ kV}/\text{mm}$$

1. Perbandingan Kualitas Tegangan Tembus Minyak Trafo Trafimdo Serial 8930469 (800 kVa)



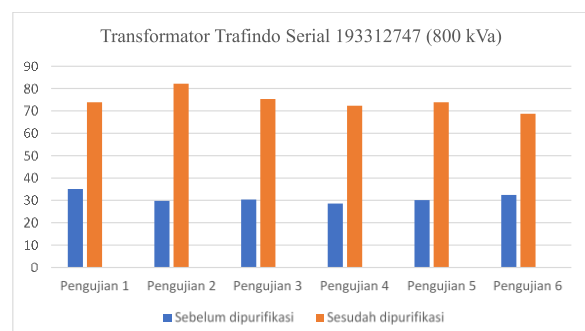
Berdasarkan grafik diatas nilai rata-rata tegangan tembus dari minyak trafo yang diuji sebelum dilakukan proses purifikasi didapat hasil rata-rata 27 kVa/2,5 mm dengan menggunakan elektroda setengah bola. Kemudian setelah dilakukan proses purifikasi didapat tegangan tembus rata-rata menjadi 74,71 kVa/2,5 mm. Dan ketahanan dielektrik mengalami kenaikan sebesar 29,88 kV/mm dari yang sebelumnya 10,8 kV/mm. Maka terlihat bahwa adanya perubahan kualitas tegangan tembus minyak transformator pada tarfo trafindo serial 8930469 (800 kVa) setelah dilakukan proses purifikasi, pada 6 kali pengujian nilai tegangan tembus mengalami peningkatan. Dari 6 kali pengujian, nilai tegangan tembusnya sudah memenuhi standar tegangan tembus minyak trafo sesuai standar IEC 60296 (60 kV/2,5 mm).

2. Perbandingan Kualitas Tegangan Tembus Minyak Trafo Trafimdo Serial 173304309 (630 kVa)



Berdasarkan grafik diatas nilai kekuatan dielektrik dari minyak trafo yang diuji sebelum dilakukan proses purifikasi didapat hasil rata-rata 33,9 kVa/2,5 mm dengan menggunakan elektroda setengah bola. Kemudian setelah dilakukan proses purifikasi didapat tegangan tembus rata-rata menjadi 76,71 kVa/2,5 mm. Dan ketahanan dielektrik mengalami kenaikan sebesar 30,68 kV/mm dari yang sebelumnya 13,56 kV/mm. Maka terlihat bahwa adanya perubahan kualitas tegangan tembus minyak transformator pada tarfo trafindo serial 173304309 (630 kVa) setelah dilakukan proses purifikasi, pada 6 kali pengujian nilai tegangan tembus mengalami peningkatan. Dari 6 kali pengujian, nilai tegangan tembusnya sudah memenuhi standar tegangan tembus minyak trafo sesuai standar IEC 60296 (60 kV/2,5 mm).

3. Perbandingan Kualitas Tegangan Tembus Minyak Trafo Trafimdo Serial 193312747 (800 kVa)





Berdasarkan grafik diatas nilai kekuatan dielektrik dari minyak trafo yang diuji sebelum dilakukan proses purifikasi didapat hasil rata-rata 31 kVa/2,5 mm dengan menggunakan elektroda setengah bola. Kemudian setelah dilakukan proses purifikasi didapat tegangan tembus rata-rata menjadi 74,4 kVa/2,5 mm. Dan ketahanan dielektrik mengalami kenaikan sebesar 29,72 kV/mm dari yang sebelumnya 12,4 kV/mm. Maka terlihat bahwa adanya perubahan kualitas tegangan tembus minyak transformator pada trafo trafindo serial 193312747 (800 kVa) setelah dilakukan proses purifikasi, pada 6 kali pengujian nilai tegangan tembus mengalami peningkatan. Dari 6 kali pengujian, nilai tegangan tembusnya sudah memenuhi standar tegangan tembus minyak trafo sesuai standar IEC 60296 (60 kV/2,5 mm).

### KESIMPULAN

1. Hasil pengujian tegangan tembus minyak trafo pada trafo PT Bogowonto Primalaras serial 8930469 (800 kVa) dan serial 173303309 (630 kVa) setelah dilakukan 6 kali pengujian sebelum dilakukan proses purifikasi nilai rata-rata tegangan tembusnya 27 kV/2,5 mm dan 33,9 kV/2,5 mm yang mana masih dibawah minimum standar IEC 60296. Sedangkan pengujian tegangan tembus minyak trafo setelah dilakukan proses purifikasi nilai rata-rata tegangan tembusnya 74,71 kV/2,5 mm dan 76,71 kV/2,5 mm. kemudian pada PT Hanica Puspa Megapack dengan merk trafo trafindo serial 193312747 (800 kVa) setelah dilakukan 6 kali pengujian sebelum dilakukan proses purifikasi nilai rata-rata tegangan tembusnya 31 kV/2,5 mm. Dari hasil rata-rata tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan tembus pada minyak trafo sebelum dilakukan proses purifikasi adalah dibawah minimum standar IEC 60296. Sedangkan pengujian tegangan tembus minyak trafo setelah dilakukan proses purifikasi nilai rata-rata tegangan tembusnya 74,3 kV/2,5 mm.
2. Berdasarkan hasil pengujian pada ketiga minyak transformator, minyak transformator dari ketiga trafo tahan terhadap perubahan suhu akan tetapi untuk minyak sudah pakai nilai tegangan tembusnya lebih cenderung konstan di suhu 50°C-60°C atau tidak mengalami peningkatan yang terlalu besar dengan semakin tinggi suhu minyak saat proses purifikasi.
3. Terjadinya peningkatan nilai tegangan tembus minyak transformator juga karena adanya penurunan jumlah

kadar air dan partikel-partikel lain yang ada didalam minyak transformator seiring dengan meningkatnya suhu saat proses purifikasi. Ketika minyak transformator mengalami kenaikan suhu, maka jumlah kadar air dalam minyak transformator mengalami penurunan, dikarenakan titik didih air lebih kecil dibandingkan titik didih minyak transformator.

### REFERENSI

- [1] Alinda Aisteti Yani, Analisa Tahanan Isolasi Transformator 3 PT.PLN (PERSERO) Gardu Induk 150 kV Pati, 2020.
- [2] IEC 156. (1995). Insulating Liquids - Determination of The Breakdown Voltage at Power Frequency - Test Methods. Switzerland : IEC, 1995.
- [3] Ir. Soewardiyono, TRANSFORMATOR, Universitas Semarang, Semarang.
- [4] Kadir, Abdul.(2010). Transformator. Penerbit Universitas Indonesia : Jakarta.(2010).
- [5] Muhammad Fachry Akbar. Analisa Karakteristik Minyak Isolasi Transformator Daya 11kVA Menggunakan Metode DGA DAN Breakdown Voltage Pada Gardu Kilang Pertamina RU-II Dumai, 2018.
- [6] Nizar Rosyid, & Dika P. Pengujian Tegangan Tembus Pada Minyak Trafo. *Sinusoida Vol. XXIII No. 2*, 2021.
- [7] PT. PLN (Persero) P3B, Panduan Pemeliharaan Transformator Tenaga, Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta, (2003).
- [8] Saiful Karim. Pengaruh Kondisi Minyak Terhadap Keandalan Sistem Kerja Transformator (Studi Kasus Di PT. Indocement Tunggul Prakarsa, Tbk. Plant 12 Tarjun – Kalimantan Selatan). *Jurnal EEICT*. (2017).
- [9] SPLN'50-1982 dan IEC No.56.Thn.1991, Pengujian Transformator, Standar Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta.
- [10] Tajudin. Analisis Kegagalan Minyak Transformator, Elektro Indonesia, Edisi 12 Maret (1998).
- [11] Tobing, Bonggas L. Dasar-Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta.(2003).
- [12] Urip Mudjiono, & Edy Prasetyo Hidayat. Pengujian Tegangan Tembus Isolasi Minyak Transformator Fasilitas Gedung Rektorat
- [13] Universitas Airlangga Surabaya. *Jurnal Teknik Mesin, Tahun 20, NO. 2, Oktober 2012*.(2012).
- [14] [PLN] Perusahaan Listrik Negara. SPLN 8-2 : Transformator Tenaga – Kenaikan Suhu. Jakarta: PT PLN (Persero).(1991).
- [15] [PLN] Perusahaan Listrik Negara. Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. Jakarta: PT.PLN [PERSERO]. 2015.

# Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Ups di Rumah Sakit Charlie Semarang

Bayu Yulianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang  
Jl. Sidodadi Timur No. 24- Dr Cipto, Semarang  
Email: bayuyulianto552@gmail.com

## ABSTRAK

Listrik merupakan catu daya utama untuk melakukan berbagai macam kegiatan yang ada diseluruh bidang pekerjaan atau aktifitas, Semakin bertambahnya penggunaan listrik diseluruh bidang mengakibatkan sering terjadinya gangguan yang disebabkan oleh cuaca ataupun gangguan kerusakan pada komponen transmisi listrik di catudaya PLN, Uninterruptible Power Supply (UPS) diterapkan pada bidang-bidang kegiatan yang selalu membutuhkan catu daya listrik untuk membackup jika sewaktu-waktu catu daya utama mengalami gangguan sehingga peran UPS sebagai catu daya sementara ini diperlukan, Namun kapasitas daya UPS ini sendiri disesuaikan dengan kebutuhan daya yang diperlukan agar dapat mencapai tingkat efisiensi yang baik, Oleh karena itu dipenelitian ini ditekankan pada kinerja UPS terhadap pembebanan agar siapapun yang akan menggunakan UPS dapat disesuaikan dengan kebutuhannya. Keuntungan dari penelitian ini adalah dapat menentukan seberapa besar daya UPS yang akan dipakai dengan menghitung beban output yang akan digunakan terlebih dahulu sehingga dapat memaksimalkan waktu backup UPS dengan itu dapat diketahui juga seberapa efisien pemasangan UPS ini sebagai catu daya sementara.

**Kata Kunci:** *Uninterruptible Power Supply; UPS; Catu Daya Sementara; Backup Daya; Daya Tak Terputus*

## PENDAHULUAN

Listrik merupakan catu daya utama yang sangat diperlukan untuk menunjang kegiatan sehari-hari diberbagai macam aspek bidang dan dari beberapa aspek tersebut ada beberapa yang mengharuskan adanya supply daya terus menerus jika supply daya yang dibutuhkan tersebut mengalami gangguan maka kegiatan yang dilakukan pun mengalami hambatan.

Ketersediaan sumber energi listrik merupakan aspek yang sangat penting untuk keberlangsungan suatu kegiatan yang sangat membutuhkan catu daya PLN, Bahkan salah satu parameter untuk mendukung keberhasilan produksi di dalam suatu industri ataupun bidang lainnya yang selalu membutuhkan catu daya. Oleh karena itu perlu adanya catu daya alternatif untuk mengatasi permasalahan tidak adanya catu daya ketika catu daya dari PLN tiba-tiba mengalami gangguan.

UPS singkatan dari (Uninterruptible Power Supply). UPS ini memiliki peran yang cukup penting sebagai sumber listrik cadangan sementara dengan fungsinya sebagai stabilizer terhadap terjadinya gangguan dan menjadi catu daya sementara (backup) apabila terjadi gangguan terhadap catu daya utama (PLN), Namun kinerja dari UPS terhadap berbagai jenis beban dan terhadap berbagai tingkat pembebanan belum tentu sama, Hal tersebut dapat dilihat dari dua sudut pandang yaitu ketika UPS sebagai stabilizer terhadap gangguan yaitu drop tegangan dan ketika UPS sebagai penyedia sumber daya cadangan pada saat sumber daya utama mengalami gangguan atau hilangnya tegangan dari sumber daya utama dimana UPS ini sebagai sumber daya cadangan.

Tujuan penelitian ini adalah menghitung dan menganalisa kinerja dari UPS pada saat terjadi pembebanan ketika sumber daya utama mengalami gangguan atau hilangnya tegangan dari sumber daya utama.

## STUDI PUSTAKA

### Uninterruptible Power Supply (UPS)

Uninterruptible Power Supply (UPS) atau dalam bahasa Indonesia daya tak terputus atau sumber daya tak terputus, adalah peralatan listrik yang menyediakan daya darurat ke beban ketika sumber daya utama mengalami gangguan atau hilangnya tegangan selain itu UPS juga berguna sebagai stabilizer tegangan untuk menghindari gangguan berupa drop tegangan, Tentunya hal ini sangat berguna untuk melindungi komponen-komponen elektronika dari kerusakan karena kerap kali mengalami ketidak setabilan input yang diperlukan bagi sebuah komponen elektronika, UPS berbeda dari system tenaga tambahan atau darurat atau generator siaga karena akan memberikan perlindungan yang hampir seketika dari gangguan daya input dengan memasok energi yang disimpan dalam baterai, super kapasitor, atau fly wheels, Waktu operasional dari UPS membackup sumber daya utama tergantung dari kapasitas daya UPS dan beban yang akan di backup UPS.

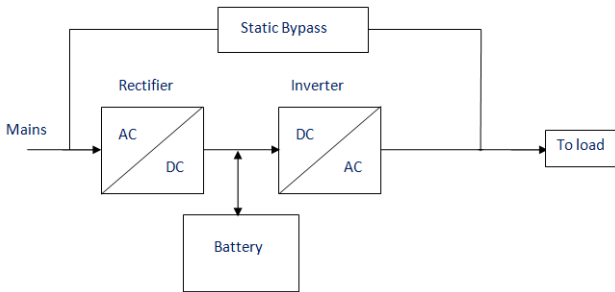
### Fungsi Uninterruptible Power Supply (UPS)

- Membantu menyuplai sumber listrik ketika sumber listrik utama mengalami gangguan.
- Memberikan kesempatan waktu untuk mematikan perangkat komputer dengan baik agar menjaga dari

kehilangan data atau kerusakan pada perangkat jika hal ini terjadi berulang-ulang.

- c. Memberikan kesempatan waktu untuk menghidupkan genset sebagai sumber listrik selanjutnya.
- d. Membantu menstabilkan tegangan yang akan menuju beban agar input beban selalu stabil.

**Cara Kerja Uninterruptible Power Supply (UPS)**



Sebagai sebuah sistem, UPS memiliki cara kerja tersendiri. Cara kerja UPS ini berdasarkan kepekaan tegangan. UPS mulai bekerja dengan cara akan mencari dan menemukan penyimpanan yang ada pada jalur voltase misalnya kenaikan tajam, gelombang, kerendahan, serta penyimpanan yang disebabkan oleh pemakaian pembangkit listrik yang kurang baik.

Karena listrik yang tidak stabil atau bahkan gagal, maka UPS akan berpindah ke operasi on-battery. Hal ini sebagai reaksi UPS pada penyimpanan demi melindungi bebannya. Kemudian UPS juga bekerja pa-da kegagalan listrik yang terjadi akibat terputusnya aliran listrik, UPS akan meningkatkan arus satu daya dan mematikan supply arus listrik direct current yang menuju motherboard komputer. Kegagalan ini nantinya juga mempengaruhi kinerja perangkat komputer baik software ataupun hardware nya saat pengolahan data. Gangguan hardware yang bisa diderita akibat tidak stabilnya listrik misalnya motherboard cepat rusak, turunya performa hardware, atau berkurangnya performa system. Sedangkan contoh gangguan software misalnya data lost, operating sistem corupt, dan lain-lain.

**METODE/DESAIN**

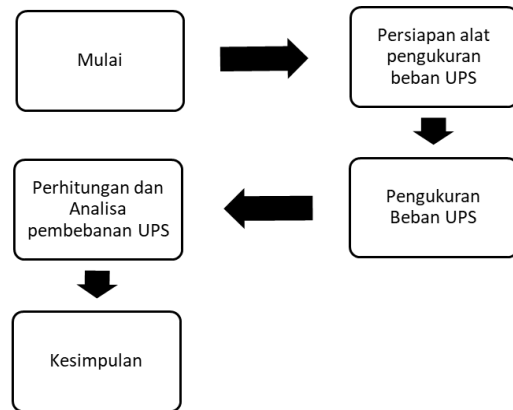
**A. Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Rumah Sakit Charlie yang terletak di Jl. Ngabean 51381 Ngabean Jawa Tengah, 18 km



**B. Desain Penelitian**

Pada desain penelitian ini menggunakan desain penelitian survey, yaitu dengan cara mengatur, mengukur dan menganalisis beberapa pengukuran antara lain pengukuran beban output UPS dan pengukuran daya UPS untuk mengetahui efisiensi UPS di Rumah Sakit Charlie. Desain penelitian ini dilakukan berdasarkan pengukuran untuk mengetahui kinerja UPS terhadap pembebanan sebagai berikut:



**C. Fokus Penelitian**

Fokus penelitian ini adalah menganalisa kapasitas, beban, dan kinerja UPS (Unininterruptible Power Supply) di Rumah Sakit Charlie untuk mengetahui tingkat efisiensi dari UPS.

**D. Tahapan Pelaksanaan**

Tahapan pelaksanaan adalah tahapan yang dilakukan dalam penguku-ran parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan kinerja UPS yang didapatkan hasil dan analisa data.

1. Pengambilan data awal, mencari data yang diperlukan untuk menghitung beban UPS
2. Pengambilan data kedua, mencari data yang diperlukan untuk menghitung daya UPS
3. Tahapan ketiga melakukan analisis data, dilakukan dengan menge-tahui data atau parameter yang ada seperti beban dan daya UPS un-tuk menghitung kinerja dari sistem UPS

**E. Macam-macam Daya Listrik**

1. Rating Pemutus Tegangan
  - a. untuk sistem 1 fasa

$$I_n = \frac{P}{VL - N \cdot \cos \phi} \tag{1}$$

- b. Untuk sistem 3 fasa

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot VL - N \cdot \cos \phi} \tag{2}$$

2. Daya Aktif

Daya aktif merupakan daya yang sebenarnya yang terpakai untuk melakukan energi, Secara ilmu kelistrikan daya aktif (P) adalah daya (energi listrik) yang terpakai pada saluran atau beban, satuan dari daya aktif adalah Watt

$$P = V.I.Cos\phi \tag{3}$$

3. Daya Semu

Daya semu atau daya aktual didapat dengan mengalikan semua nilai arus dengan tegangan dalam satuan Volt Ampere (VA).

$$S = V.I \tag{4}$$

4. Daya Reaktif

Daya reaktif (Q) adalah daya yang tersimpan atau daya yang tidak terpakai, dengan satuan (VAR).

$$Q = V.I \sin \phi \tag{5}$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. DATA UPS**



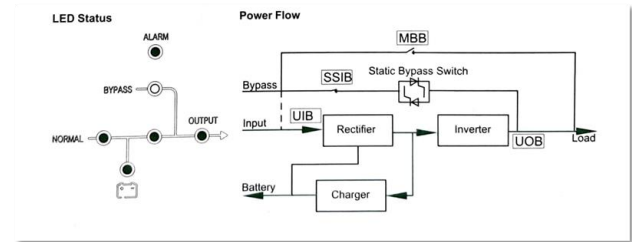
Sistem ups yang digunakan di rumah sakit charlie semarang adalah ups merk schneider yang berkapasitas 20 KVA dengan jenis ups double conversion online, kelebihan ups dengan jenis ini adalah dapat mengubah daya dua kali. Pertama, input AC dengan semua lonjakan tegangan, distorsi, noise, dan gangguan listrik lainnya yang mempengaruhi hasil output kurang bagus untuk peralatan yang rentan dengan masalah tersebut. Diubah menjadi DC, ups double conversion online menggunakan kapasitor untuk menstabilkan tegangan DC ini dan menyimpan energi yang diambil dari input AC. Kedua, DC diubah kembali menjadi AC yang diatur oleh ups. Output AC ini bahkan dapat memiliki frekuensi yang berbeda dari input AC karena setelah menerima input AC ups jenis ini dapat mengurangi gangguan pada tegangan listrik yang dapat mempengaruhi kinerja peralatan yang terhubung ke ups oleh karena itu output ups ini dapat lebih baik dari input yang diterima ups ini.

**2. Baterai Sistem**

Terdapat 4 buah baterai yang digunakan sebagai penyimpan daya di ups ini yang terhubung secara seri untuk mensuplai daya listrik di dua ruang operasi yang ada di rumah sakit charlie.

Untuk mengakomodasi daya listrik pada kedua ruang operasi tersebut terdapat transformator yang dihubungkan ke panel MDP terlebih dahulu ke SDP dan kemudian ke UPS. Spesifikasi transformator yang digunakan adalah 630 A / 600 KVA.

**3. Analisa Kinerja UPS 20 KVA di Rumah Sakit Charlie Semarang**



Berdasarkan gambar wiring diagram kinerja diatas dijelaskan bahwa UPS yang digunakan di rumah sakit charlie semarang yaitu jenis online double conversion UPS, yang mana UPS ini digunakan selalu stanby tanpa pemadaman, jika dari catu daya utama PLN tidak mengalami pemadaman atau tidak adanya gangguan maka UPS ini melakukan pengecasan pada baterainya. Sistem kerja berdasarkan wiring diagram diatas jika dalam kondisi normal UPS menggunakan suplai utama dari PLN, suplai tersebut berupa arus AC yang akan disearahkan oleh rectifier, dengan adanya rectifier maka tegangan AC akan di ubah menjadi tegangan DC dan disimpan (charge) pada baterai.

**4. Perhitungan**

Data dan besaran yang akan dianalisa untuk mengetahui kinerja UPS terhadap beban adalah sebagai berikut:

**Beban (load) UPS**

Beban load ups disini adalah seluruh peralatan listrik diruang operasi rumah sakit charlie semarang yang konsumsi dayanya disupply oleh ups, Perlu diketahui tegangan dan arus yang mengalir masuk/input ke beban, Sehingga dapat dihitung total daya beban dalam VA (daya semu) dan watt (daya aktif). Dalam mendistribusikan daya dari UPS di rumah sakit Charlie Semarang, Tegangan output ups sebesar 20kVA dibagi ke beberapa peralatan, Antara lain:

**Ruang Operasi Utara:**

Nama Alat	Konsumsi daya
Ronsen Viewer	0,2 A
Indikator Ruangan	1 A
Bed Operasi	2 A
Anastesi	10 A



20 lampu ruangan	1,4 A
Lampu Tindakan	1 A
Patern Monitor	1,4 A
Pintu	0,2 A

#### Ruang Operasi Selatan

Nama Alat	Konsumsi daya
Mesin Couter	2,9 A
Bed Operasi	3,9 A
Anastesi	10 A
Lampu Tindakan Portabel	0,5 A
Suction	1 A
20 lampu ruangan	1,4 A
Indikator Ruangan	1 A
Lampu Tindakan	1 A
Pintu	0,2 A

#### Arus Beban

Total arus beban (Load)

$$I_{load} = 0,2 + 1 + 2 + 10 + 1,4 + 1 + 0,2 + 1,4 + 2,9 + 3,9 + 10 + 0,5 + 1 + 1,4 + 1 + 1 + 0,2 = 39,1A$$

Total peralatan listrik yang terhubung pada ups (status ON)

= Total peralatan = 17 unit

*rata – rata arus per alat:*

$$\begin{aligned} \text{rata – rata arus per alat} &= \frac{I_{load}}{\text{Total alat}} \\ &= \frac{39,1}{17} = 2,3 A \end{aligned}$$

Beban yang ditampung UPS saat ini:

Diketahui: I = 39,1 A

V = 380 V

$S = V \times I$

$S = 380 \times 39,1 = 14858 VA$

#### UPS Rating Ideal

UPS rating ideal harus lebih besar dari load VA sekitar 20% -25%, sehingga untuk mendapatkan ups dengan rating ideal tambahkan 25% ke load VA lalu gunakan ups yang mempunyai rating yang sama atau lebih besar, Hal ini bertujuan untuk mendapatkan efisiensi kinerja UPS, runtime UPS agar lebih lama selain itu berguna untuk menghindari kinerja ups yang berlebihan agar tidak mengalami overload beban, Untuk kedepannya juga lebih baik jika rating idealnya diperhatikan guna penambahan

beban UPS sehingga tidak perlu menambahkan unit UPS lagi Ketika penambahan beban atau peralatan listrik yang sumber listriknya dari UPS ini. Perhitungan UPS rating ideal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{UPS Rating Ideal} &= \text{Total load} + 25\% \cdot \text{Total load} \\ &= 2964 VA + 25\% \cdot 2964 = 3705 VA \end{aligned}$$

#### UPS Runtime

UPS runtime merupakan parameter yang perlu diperhatikan mengingat pentingnya waktu operasi UPS karena runtime UPS ini digunakan untuk menghidupkan genset atau starting genset Ketika catu daya utama (PLN) mengalami gangguan.

$$\begin{aligned} \text{Runtime} &= \frac{\text{Battery Cappacity(VAH)}}{\text{Total load (VA)}} \times 60 \text{ minute} \\ &= \frac{2040 \text{ VAH}}{2964 \text{ VA}} \times 60 \text{ minute} = 41,29 \text{ minute} \end{aligned}$$

Kapasitas Daya UPS sebelum Berbeban

a. Daya atau UPS rating

Kapasitas Daya (UPS rating) = 20kVA

b. Arus maksimal

Untuk mendapatkan kapasitas arus ( $I_{load} = In$ ) yang bisa ditampung UPS:

$$I_{max} = In = \frac{S}{3 \cdot V_{i-n}}$$

Diketahui:

UPS rating = 20000 VA=120V

Sehingga didapatkan total arus maksimal ( $I_{max} = In$ ) yang bisa ditampung UPS:

$$I_{max} = In = \frac{20000}{3 \times 120} = 55,5 \text{ Ampere}$$

Kapasitas Daya UPS yang bisa dipakai

$$\text{UPS Rating} \times \frac{100}{100 + 25}$$

$$20.000 \times \frac{100}{100 + 25} = 16.000 VA$$

Arus maksimal UPS ideal

$$I_{max} \text{ UPS ideal} = \frac{\text{Kapasitas daya yang dipakai}}{3 \cdot V_{i-n}}$$

$$I_{max} \text{ UPS ideal} = \frac{16000}{3 \cdot 120} = 44,4 \text{ Ampere}$$

Arus maksimal yang masih bisa ditampung

$$I_{max} = \text{UPS ideal} - I_{load} = 44,4 - 39,1 = 5,3 \text{ Ampere}$$

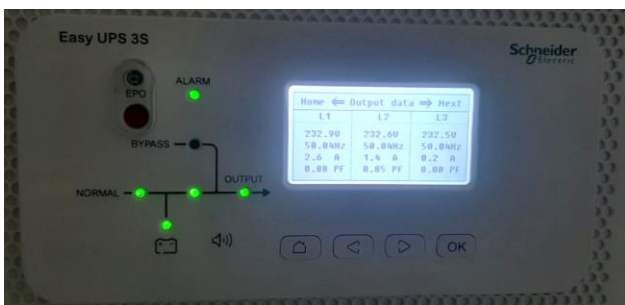
Jumlah peralatan yang masih bisa ditampung UPS:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah server yang masih bisa ditampung} &= \frac{\text{Arus yang masih bisa ditampung}}{\text{Rata-rata arus per server}} \\ &= \frac{5,3}{2,3} = 2,3 \text{ Unit} \end{aligned}$$

Rekapitulasi Perhitungan

No.	Kategori	Hasil
1.	Beban load	3,1 Ampere
2.	Total server yang terhubung	17 Unit
3.	Beban UPS saat ini	14858 VA
4.	UPS rating ideal	3705 VA
5.	UPS runtime	41,29 menit
6.	Total arus yang dapat ditampung UPS	55,5 Ampere
7.	Kapasitas daya yang bisa ditampung UPS	16.000 VA
8.	Arus maksimal UPS	44,4 Ampere
9.	Arus yang masih bisa ditampung	5,3 Ampere
10.	Jumlah server yang masih bisa ditampung	2,3 Unit

Ketidakseimbangan Arus



Ketidakseimbangan arus terjadi dikarenakan pembagian beban di tiap fasa yang tidak merata hal ini dapat menyebabkan adanya arus mengalir pada titik netral. Arus netral mengakibatkan terjadinya beda tegangan antara titik netral dengan ground, Selain itu dengan mengalirnya arus pada titik netral maka refrence tegangan pada titik netral tidak terpenuhi sehingga menyebabkan tegangan fasa ke netral turun. Untuk mengatasi hal tersebut bisa dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui:

$$I_R = 2,6 A$$

$$I_S = 1,4 A$$

$$I_T = 0,2 A$$

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

$$I_{rata-rata} = \frac{2.6 + 1,4 + 0,2}{3} = 1,4 \text{ Ampere}$$

### KESIMPULAN

1. Unit UPS yang terpasang sudah sesuai dengan beban yang ada tidak overload ataupun oversize UPS, dari analisa dan perhitungan UPS 20 KVA di rumah sakit charlie semarang didapatkan UPS runtime sebesar 41,29 menit, arus maksimal UPS 55,5 Ampere, kapasitas daya UPS 16.000 VA.
2. Terdapat ketidakseimbangan arus pada output UPS yang diakibatkan oleh perbedaan tegangan per fasa yang mengakibatkan adanya aliran listrik yang mengalir pada kawat netral.

### REFERENSI

- [1] Ahmad Deni Mulyadi, "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban pada Rugi Daya Saluran Netral Jaringan Distribusi Tegangan Rendah," Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, 2011.
- [2] Mahardika, K. E. "Rancang Bangun Sistem Pengaturan Pasokan Listrik pada Pembangkit Hibrida," Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia, 2011
- [3] N. Muranto, Atmam, and Z, "Studi Peralihan Daya Listrik dari PLN ke Generator Set (Genset) Ketika Terjadi Pemadaman dari PLN dengan Uninterruptible Power Supply (UPS) Pada Hotel Grand Elite Pekanbaru," Sain ETIn, vol. 3, no. 1, pp. 9-16, Dec. 2018.
- [4] Pambudi, Prasetyo Eko, Duniawan, Agus, dan Fahmi, Samsuhadi, "Penentuan Waktu Operasional UPS pada Sistem Catu Daya Otomatis Transisi PLN-Genset." Jurnal Teknologi Technoscintia, 2019.
- [5] Subiono., "Analisa Penggunaan UPS terhadap pembebanan Daya Sta-siun Relay Rajawali Televisi Palembang", Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang, 2021.
- [6] Shiha, M. N., "Rancang Bangun Sistem Automatic Transfer Switch (ATS) dan Automatic Main Failure (AMF) PLN-Genset Berbasis Plc Dilangka-pi dengan Monitoring," Jurusan Teknik Elektro Industri PENS-ITS, 2011.
- [7] Toni Kusuma Wijaya, Steven Sitohang, "Perancang Panel Automatic Transfer Switch dan Automatic dengan Kontrol Berbasis Arduino Main Failure", Vol.2, No.2, 2019

# SIMULASI DESAIN SISTEM KENDALI PADA TURBIN ANGIN BERSKALA MIKRO *THE SKY DANCER 500 W*

Harun Abdul Rosid

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang*

*JL. Sidodadi Timur No. 24 – Dr Cipto, Semarang*

Email. [Harunalrosyid1812@gmail.com](mailto:Harunalrosyid1812@gmail.com)

## ABSTRACT

Dalam simulasi menggunakan software PSIM dengan permodelan perbagian diantaranya permodelan bagian bilah, permodelan bagian PMSG (permanent magnet synchronous Generator), permodelan controller (rectifier, buck converter, baterai, dan PWM Inverter). Dan pula dari persamaan menggunakan rumus dihasilkan luas penampang 2,00 m<sup>2</sup>, dengan maksimal kecepatan yang di gunakan dalam simulasi kita menggunakan dari 6 m/s, dengan yang di hasilkan melalui permodelan bilah ialah 4360.81 watt, sedangkan hasil dari permodelan pada bagian output tegangan PMSG ( permanent magnet synchronous Generator ) 157,92 v dengan arus 1,31A dan masuk ke rectifier yang berfungsi mengubah tegangan dari AC menjadi DC dengan keluaran output 130,51V dengan arus 1,18A, dan dikendalikan oleh buck converter yang sebagai penurun tegangan agar sesuai dengan konfigurasi baterai yaitu dengan keluaran tegangan 130,51V dengan arus 1,05A, dan tegangan tersebut masuk ke baterai dan hasil tegangan output melalui inverter yaitu 234,79v dengan arus 2,34A. maka hasil tersebut yang masih dalam perhitungan dan secara simulasi menggunakan software aplikasi PSIM

**Kata kunci:** Software PSIM; Permodelan bagian PMSG; Permodelan controller.

## PENDAHULUAN

Mengacu pada “Statistik Penyediaan Tenaga Listrik PLN tahun 2018” yang di keluarkan oleh kementerian ESDM, dimana pemanfaatan energi sebagai sumber energi listrik yaitu 143.51 MW. Menurut lampiran peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017, yaitu potensi energi angin yang dapat di manfaatkan di Indonesia adalah 60.647 MW. Dalam perkembangan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah. Dari penyebab adalah dikarenakan dengan kecepatan angin rata-rata di berkisar antara 3 m/s hingga 6 m/s. Meski demikian, potensi angin di Indonesia dapat di mungkinkan untuk di kembangkan system pembangkit listrik. Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) yang kita kenal adalah dua turbin angin pada umumnya yaitu turbin angin poros horizontal dan turbin angin poros vertikal merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang memanfaatkan angin sebagai energi pembangkitnya. Karena angin terdapat dimana-mana sehingga mudah untuk didapatkan serta tidak membutuhkan biaya yang banyak. Karena listrik tidak dihasilkan langsung oleh alam maka untuk memanfaatkan energi angin ini di perlukan sebuah alat yang bekerja dan menghasilkan energi listrik. Di antaranya alat yang digunakan adalah kincir angin. Kincir angin ini akan menangkap angin dan akan menggerakkan generator yang nantinya akan menghasilkan energi listrik.

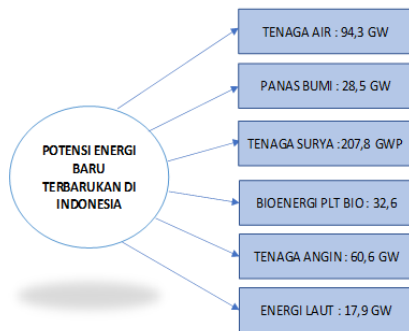
Dengan Penyediaan angin oleh alam, cenderung berpindah-pindah sehingga hal ini diperlukan teknologi yang mampu untuk mengatasi masalah dalam mensuplai aliran listrik terhadap masyarakat sekitar. Maka sebagai solusi tersebut kini untuk studi perencanaan dalam memanfaatkan energi baru terbarukan yaitu melalui dari turbin angin horizontal 3 blade dengan tipe TSD-500.

Energi angin yang sebagai sumber energi yang dari jumlahnya sangat begitu melimpah dan termasuknya tidak menimbulkan polusi udara di karenakan tidak menghasilkan gas buang yang dapat menyebabkan efek rumah kaca. Energi angin merupakan sumber daya alam yang dapat di peroleh dengan secara Cuma-Cuma dan ketersediannya yang terus-menerus di sepanjang tahun. Di Indonesia termasuknya merupakan negara kepulauan dimana yang dimiliki kurang lebih sekitar 17.500 pulau dengan panjang garis pantai lebih dari 81.290 km dan berada di daerah tropis yang bahkan di lewati oleh angin muson pada setiap musim. Indonesia pula berpotensi dapat memiliki energi angin yaitu 9.3 GW dan total kapasitas yang baru terpasang saat ini sekitar 0.5 MW (Daryanto,2007).

## STUDI PUSTAKA

Energi Baru Terbarukan

Dampak perubahan iklim terjadi disebabkan oleh pemanasan global yang mengakibatkan suhu bumi yang terus meningkat. dan penggunaan energi menjadi salah satu penyumbang terbesar pemanasan global akibat emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>e) yang dilepaskan di udara. Emisi gas rumah kaca atau GRK dari sektor pembangkit listrik menyumbang 199 Mt (CO<sub>2</sub>e) pada tahun 2017 dan diperkirakan hingga 2030 akan tumbuh sebesar 10,1% pertahun, dengan demikian jika tidak ada upaya dalam pengurangan maka pada tahun 2030, emisi GRK di proyeksikan mencapai 699 Mt (CO<sub>2</sub>e), KESDM dan UNDP (2018).

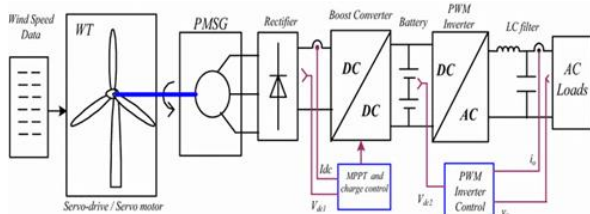


Gambar 2.2 Potensi Energi Baru Terbarukan di Indonesia, KESDM dan UNDP (2018).

**METODE/DESAIN**

**Sistem Turbin Angin**

Putaran blade membuat generator berputar dan menghasilkan tegangan AC 3 fasa yang mewakili vektor arah angin, yaitu u, v, dan w. Kemudian dialirkan menuju controller (teknologi pengamanan dan konversi energi) dan hasil keluaran dari controller ini berupa tegangan DC (telah dikonversi dari AC menjadi DC karena media penyimpanan energi dalam bentuk DC). Setelah itu, dialirkan kembali menuju data logger untuk dilakukan perekaman data dan selanjutnya disimpan ke dalam baterai/aki. Sebelum digunakan ke beban (peralatan listrik AC), energi yang telah disimpan ini harus dikonversi terlebih dahulu melalui inverter (tegangan DC menjadi AC).



Gambar 2.12 Diagram blok Skema Sistem Turbin Angin

**Turbin Angin Sky Dancers 500**

Bagian utama dari turbin angin berupa generator, blade, cone, fin, dan ekor. Turbin angin sky dancers ini merupakan turbin angin horizontal dengan menggunakan 3 blade propeller yang memiliki tingkat efisiensi 40%. Turbin ini mulai berputar pada kecepatan angin 2.5 m/s dan mulai memproduksi listrik pada kecepatan angin 3 m/s. Daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh turbin adalah 500 Wattpeak (Wp) pada kecepatan angin 12 m/s dan di atasnya. Turbin ini dapat bertahan sampai pada kecepatan angin 33 m/s.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini menggunakan metode penelitian terapan dan eksploratif, yaitu menganalisis rangkaian pada permodelan sistem kendali pada controller turbin angin The Sky Dancer 500 W, dan rangkaian ini di simulasikan menggunakan software aplikasi PSIM.

Tabel 4.21 Spesifikasi turbin angin

Spesifikasi Turbin Angin TSD-500	
Nama Sistem	TSD - 500
Tipe Turbin	HAWT
Daya Keluaran Maksimum	500 Wp di 12 m/s
Tipe Turbin mulai berputar	2,5 m/s
Mulai pengisian Baterai	3 m/s
Daya tahan turbin terhadap angin	33 m/s
Tipe Generator	3 phasa PMSG
Rpm Maksimal	1000 Rpm
Sistem Penyimpanan	24 V
Berat Sistem Turbin	25 KG
Tinggi Tiang Kincir Angin	11 - 20 M
Diamater bilah	1.6 M

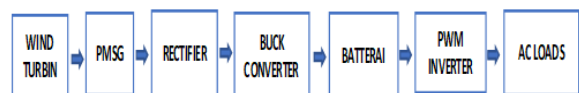
The Sky Dancer merupakan turbin angin tipe HAWT dengan 3 baling-baling menggunakan generator permanen magnet 18 slot 16 pole dan sistem transmisi 3 fasa. Memiliki nilai Cp 40%, berarti mampu mengambil 40% dari total energi angin yang diterimanya menjadi energi mekanik. Turbin ini mulai berputar pada kecepatan angin 2.5 m/s dan mulai memproduksi listrik pada kecepatan angin 3 m/s. Daya maksimal yang mampu dihasilkan oleh turbin adalah 500 Watt peak (Wp) dengan panjang baling-baling 0,8 meter pada kecepatan angin 12 m/s dan di atasnya. Turbin ini dapat bertahan sampai pada kecepatan angin 33 m/s.

Sedangkan untuk Generator AC menggunakan Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG), yang merupakan efisiensi tertinggi saat ini untuk menghasilkan medan magnet sendiri. Tegangan listrik kemudian dialirkan melalui slip ring sehingga menghasilkan tegangan induksi bolak-balik (AC).

Tabel 4.22 Spesifikasi PMSG

Parameter	Nilai
Tegangan	160 V
Daya Output	500 W
RPM	1000 rpm

dengan desain sistem kendali wind turbin.



Gambar 4.23 Desain Sistem Kendali Wind Turbin

Dari design sistem Kendali wind turbin, yang di gunakan dari beberapa permodelan bagian yang di simulasikan ke dalam software PSIM versi 9.03.



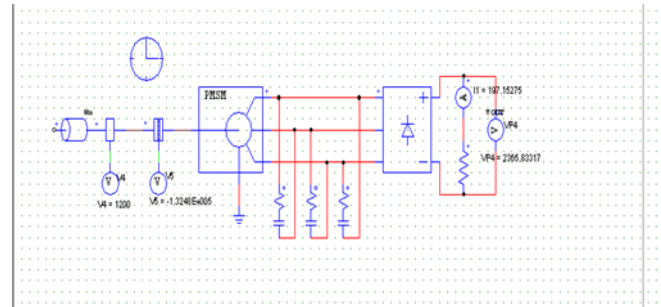
**Simulasi Bilah/Blade**

Pada simulasi permodelan bagian Bilah terdapat beberapa komponen yang di perlukan untuk dapat menghasilkan output energi mekanis.

Beberapa dari komponen yang di gunakan untuk simulasi yaitu,

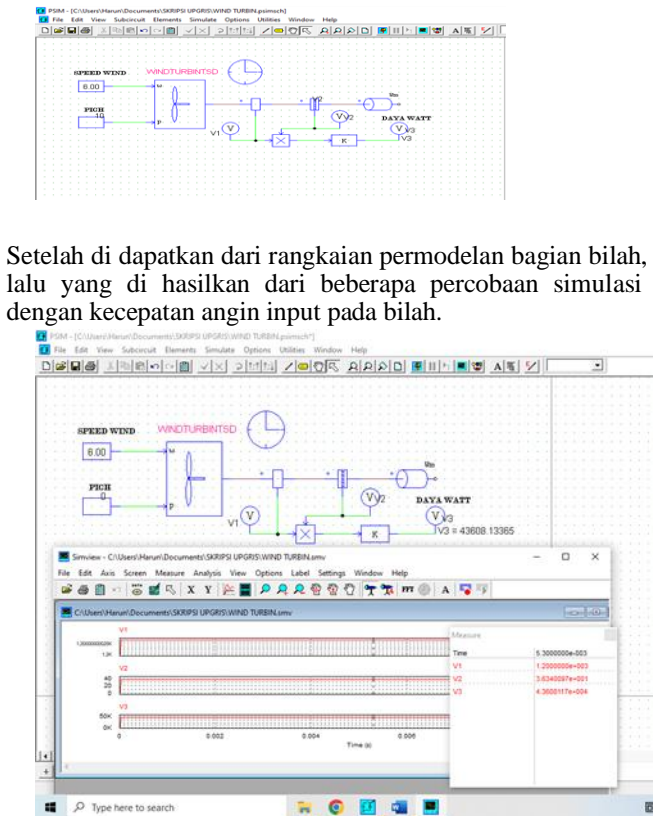
1. Constant
2. Constant mechanical load ( constant speed )
3. Speed sensor
4. Torque sensor
5. Voltage probe
6. Multiplier
7. Propotional blok
8. Windturbine

5. There phase diode bridge
6. Current probe
7. Voltage probe
8. Resistor



Gambar 4.26 Rangkaian pada PMSG

Setelah di tersusun pada rangkaian PMSG dimana attributes pada komponen generator dengan parameter spesifikasi PMSG dan output dari bilah, berikut dari hasil simulasi pada software PSIM.



Gambar 4.25 Hasil Run Simulasi atau Simview output

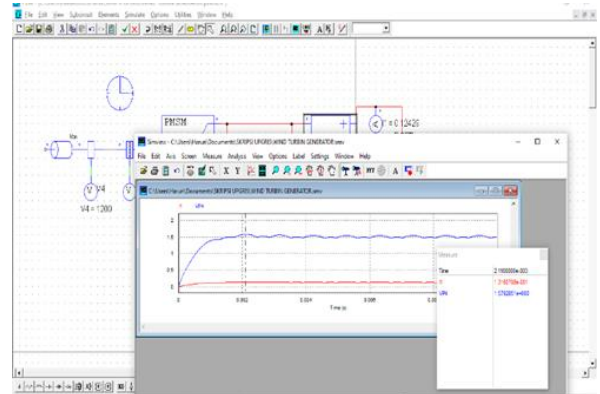
Dari hasil simulasi dengan kecepatan 6 m/s yang di input pada permodelan bagian rangkaian bilah, dimana pada gelombang yang di dihasilkan dengan max value 4360.81 watt.

**Simulasi Generator PMSG**

Untuk rangkaian PMSG atau permanent magnet synchronous Generator disini penulis menggunakan spesifikasi PMSG yaitu 3 phasa, dengan tegangan 160v dan daya output dari generator tersebut 480w, berikut hasil dari yang di simulasikan. Terdapat pada gambar 4.36 Simulasi pada rangkaian generator PMSG.

Beberapa dari komponen yang di gunakan untuk simulasi yaitu,

1. Constant speed mechanical load
2. Speed sensor
3. Torque sensor
4. Permanent magnet synchronous generator 3 phasa



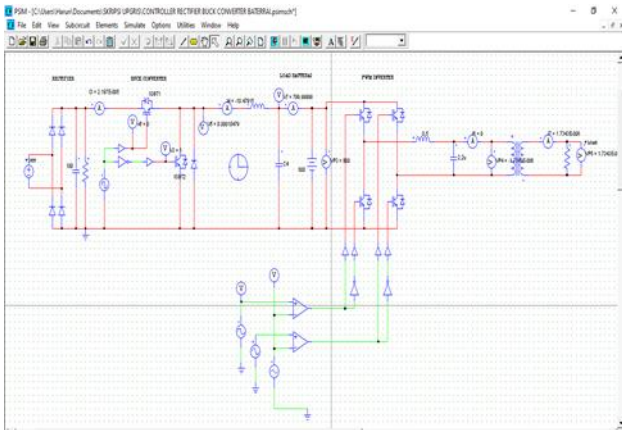
Hasil Simulasi PMSG

Hasil dari simulasi software PSIM dari rangkaian bagian PMSG, Dimana terdapat keluaran dari hasil simulasi PMSG yaitu dengan aliran arus 1,31A sedangkan output tegangan 157,92 V.

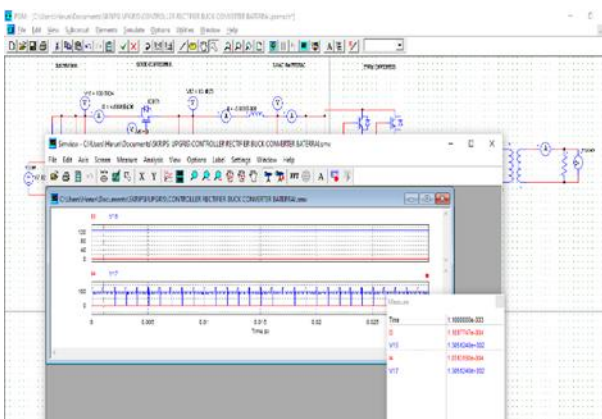
Simulasi Rectifier, Buck Converter, penyimpanan Baterai dan Inverter Pada rangkain untuk rectifier, buck converter, penyimpanan baterai dan inverter dengan parameter input dari keluaran energi listrik generator yaitu 157,92 V. dengan konfigurasi penyimpanan baterai 24v x 5 sehingga kapasitas attributes penyimpanan baterai 120v.

Berikut beberapa komponen yang di gunakan untuk rangkaian simulasi pada psim :

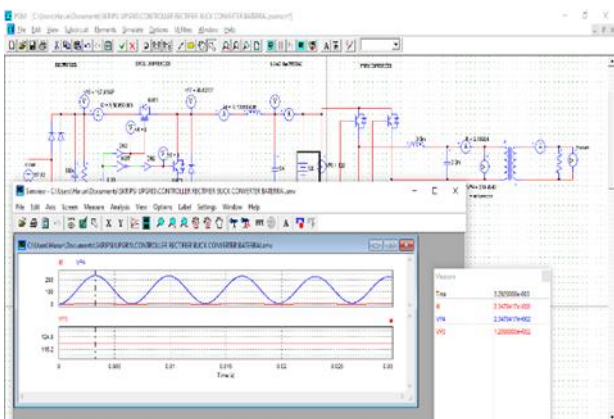
1. Dc voltage source
2. Diode
3. Capasitor
4. Resistor
5. Square wave voltage source
6. Not gate
7. On off switch controller
8. IGBT switch
9. Current probe
10. Voltage probe
11. Inductor
12. Dc voltage source batterai
13. Comparator
14. Sinusoidal voltage source
15. Ground



Gambar 4.28 rangkaian design rectifier, buck converter, Penyimpanan baterai dan inverter



Gambar 4.29 Hasil simulasi rectifier dan buck converter



Gambar 4.30 Hasil simulasi rangkaian baterai dan Inverter.

Maka dari hasil run simulasi, untuk permodelan bagian rectifier dan buck converter dimana dari hasil output generator sebagai inputnya dengan tegangan 157,92 V dengan output dari rectifier 130,51 V pada aliran arus keluaran 1,18A, lalu di kirim ke buck converter dengan keluaran output tegangan 130,51v dengan keluaran aliran arus 1,05A.

Dan untuk hasil dari penyimpanan baterai dimana disini dalam simulasi PSIM, menggunakan 24 x 5 sehingga 120 DC, dan hasil dari keluaran tegangan tetap sama yaitu 120v sedangkan untuk output dari inverter yang sebagai pengubah tegangan dari DC menjadi AC dan dalam simulasi di hasilkan dengan gelombang sinus yaitu 234,79 V dengan arus 2,34 A. berikut hasil dari simulasi software

PSIM pada gambar 4.42 hasil simulasi design rangkaian bagian baterai dan inverter.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dibuat oleh penulis dalam analisis simulasi PLTB yaitu dengan menggunakan software aplikasi PSIM, maka dapat di simpulkan dari hasil penelitian ini,

1. Hasil dari simulasi menggunakan software PSIM dengan beberapa permodelan atau bagian.

- Bilah
- PMSG ( permanent magnet synchronous Generator )
- Rectifier, buck converter, PWM inverter.

2. Yang di hasilkan dari setiap permodelan atau tiap bagian rangkaian

• Bilah, dimana dari yang di input yaitu kecepatan angin 6 m/s maka yang di hasilkan dari permodelan bagian bilah 4360.81 watt.

• PMSG, dimana keluaran dari generator yang di hasilkan dengan tegangan 157,92V, dengan arus 1,31A.

• Rectifier, yang berfungsi sebagai penyearah dan mengubah dari tegangan AC menjadi DC, yang di input dari rangkaian rectifier sesuai dengan output dari tegangan PMSG yaitu 157,92 V. yang hasilkan outputnya 130,52V, dengan arus 1,18A.

• Buck converter, yang mengatur tegangan DC menjadi DC agar saat terjadi pengereman tegangan sesuai kerja dari tegangan baterai. Yaitu yang di hasilkan 130,51v dengan arus 1,05A.

• Baterai yang di gunakan 24v x 5 yaitu 120V.

• Dan keluaran dari PWM inverter yaitu vload nya 234,79 V dengan arus 2,34 A. dan hasil run simulasi dengan gelombang sinus.

3. Hasil perhitungan yang di dapat dengan melalui persamaan rumus.

• Luas penampang : 2,00 m<sup>2</sup>

• Speed rpm rotor :

Jika kecepatan angin 6 m/s maka yang di hasilkan 1194.26 Rpm

Jika kecepatan angin 7 m/s maka yang di hasilkan 1393,31 Rpm

Jika kecepatan angin 8 m/s maka yang di hasilkan 1592,35 Rpm

Jika kecepatan angin 9 m/s maka yang di hasilkan 1791,40 Rpm

Jika kecepatan angin 10 m/s maka yang di hasilkan 1990,44 Rpm

• TIP speed Ratio : 16,16 Rpm

• Spesifikasi generator output tegangan 160v dengan daya 480w

• Perhitungan daya output yang di hasilkan TSD 500w

Jika kecepatan angin 6 m/s maka yang di hasilkan 105,92watt

Jika kecepatan angin 7 m/s maka yang di hasilkan 168,20watt

Jika kecepatan angin 8 m/s maka yang di hasilkan 251,08 Watt

Jika kecepatan angin 9 m/s maka yang di hasilkan 357,50 Watt

Jika kecepatan angin 10 m/s maka yang di hasilkan 490.40 Watt

**REFERENSI**

- [1] G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions." *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529–551, April 1955.
- [2] Ajao, K.R., dan Adeniyi, J.S.O., 2009. Comparison of Theoretical and Experimental Power output of Small 3-bladed Horizontal-axis Wind Turbine. *Journal of American Science* Volume 5, No 4
- [3] Daryanto, Y., 2007. Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Balai PPTAGG - UPT-LAGG
- [4] Haryono, 2015. "Perancangan Turbin Angin Sumbu Horizontal Kapasitas 1800 Watt untuk Pembangkit Listrik di Pulau Ketapang Kabupaten Probolinggo" Skripsi: Universita Muhammadiyah Malang
- [5] Meriska, Lustia Dewi. 2010. "Analisa Kinerja Turbin Angin Poros Vertikal Dengan Modifikasi Rotor Savonius L untuk Optimasi Kinerja Turbin". Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [6] Syukri, Himran, 2006. "energi angin". CV Bintang Lamumpatue, Makasar
- [7] Delly, Jenny. 2013 "Perancangan Teknologi Pembangkit Listrik Berbasis Kincir Angin Kecepatan Rendah Dengan Diffuser Untuk Perumahan di Daerah Pesisir Pantai Sulawesi Tenggara.
- [8] Afrilianto, Tomy. 2013 "Perancangan dan Pembuatan Turbin Angin Sederhana Untuk Penghasil Listrik"
- [9] Fariedl, Muhammad, faqqihudin., Nizam, Muhammad D., Danardono, Dwi., Prija, Yuni, Tjahjana, 2002. Karakteristik Model Turbin Angin Untwisted Blade Dengan Menggunakan Tipe Nrel S833 Pada Kecepatan Angin Rendah, *Jurnal Universitas Sebelas Maret, Surakarta*.
- [10] Anwar, M.S., 2008. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Stasiun Pengisian Accu Mobil Listrik. Tugas Sarjana. Surabaya: ITS
- [11] Culp, Archie W., 1991. Prinsip-Prinsip Konversi Energi. Jakarta: Erlangga. Terjemahan: Principles of Energy Conversion. 1979. McGraw-Hill, Ltd.
- [12] Aryanto, F., Mara, M., & Nuarsa, M. (2013). Pengaruh kecepatan angin dan variasi jumlah sudu terhadap unjuk kerja turbin angin poros horizontal. *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*.
- [13] Ismail, I., & Arrahman, T. (2017). Perancangan turbin angin sumbu horizontal tiga sudu dengan kapasitas 3 MW. *Presisi*, 18(2). Hal 11-12.
- [14] Sayogo, A. (2016). PERANCANGAN DAN PEMBUATAN KINCIR ANGIN TIPE HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE (HAWT) UNTUK DAERAH PANTAI SELATAN JAWA
- [15] Prastyo Budhi, (2015). TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL TIPE TSD 500 PADA BEBAN KONSTAN, Semarang, *Jurnal Teknik Energi* Vol 11 no. 3.
- [16] Crutcher, H.L., 1956, on the standard vector-deviation windrose, *journal of meteorology*, vol. 14, hal 28-30, United states.
- [17] Dutta, Animesh. 2006. Basics of Wind Technology. Asian Institute of Technology Thailand. 6 Juli 2006.

# Analisa Peralatan *Lightning Arrester* Pada Gardu Induk 150 Kv PLTU Rembang

Sandy Ryan Handoko

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Univeritas PGRI Semarang Jl. Sidodai Timur No.24-Dr.Cipto, 50232, Semarang*  
Email: [sandyryan775@gmail.com](mailto:sandyryan775@gmail.com)

## ABSTRAK

Energi listrik sudah menjadi kebutuhan pokok masyarakat. Namun dalam penyalurannya masih sering mengalami gangguan pada jaringan transmisi dan distribusi yang salah satunya disebabkan oleh petir. Sambaran petir dapat mengakibatkan tegangan lebih yang dapat membahayakan isolator pada saluran serta pada peralatan listrik lainnya apabila dibiarkan mengalir pada sistem dan tersalurkan ke beban. Arrester adalah peralatan pengamanan instalasi dari gangguan tegangan lebih akibat sambaran petir maupun oleh surja hubung. Arrester bekerja pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi untuk membuang muatan listrik dari surja petir dan berhenti beroperasi pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi agar tidak terjadi arus pada jaringan operasi.

**Kata Kunci :** Lightning Arrester, Konduktor, Petir

## PENDAHULUAN

Energi listrik yang sampai ke pelanggan atau pun konsumen diperlukan keandalan agar dalam pendistribusian energi listrik tidak terjadi gangguan. Gangguan yang disebabkan adanya arus lebih di sistem transmisi menimbulkan terputusnya pasokan listrik ke beban dan menyebabkan kerugian pada sistem transmisi maupun kerugian pada konsumen. Dengan adanya sistem proteksi diharapkan dapat meminimalisir area gangguan dan sebagai pengamanan peralatan listrik sehingga memenuhi kriteria feasibilitas dan ekonomis untuk menyediakan tenaga listrik secara handal dan berkualitas. Kesalahan operasi disebabkan oleh sistem proteksi yang bekerja tidak semestinya akibat kekeliruan setting atau kekeliruan operasi sistem.

Salah satu sistem proteksi pada gardu induk adalah Lightning Arrester. Lightning Arrester merupakan peralatan yang paling penting untuk melindungi gardu induk dari tegangan tinggi, arrester memiliki peran penting dalam gardu induk untuk membatasi switching dan lonjakan petir lalu lonjakan petir dialirkan ke tanah. Dalam sistem tenaga listrik arrester merupakan kunci isolasi saat surja tiba di gardu induk kemudian arrester akan melepaskan muatan listrik dan tegangan abnormal yang akan mengenai gardu induk dan peralatannya akan berkurang. Penempatan arrester untuk tegangan tinggi gardu induk dapat ditentukan dengan beberapa evaluasi dan proses merancang gardu induk, oleh karena itu kegagalan arrester selama over voltage dapat menyebabkan gardu induk berada dalam resiko kerusakan. Penentuan posisi optimum arrester sangat mempengaruhi dalam melindungi sistem tenaga listrik dan meminimalisir resiko kegagalan, sehingga memungkinkan pemeliharaan skema perlindungan yang tepat di masing-masing jaringan, sebagai akibatnya biaya perlindungan menjadi berkurang sesuai dengan biaya dari unsur-unsur yang dilindungi. Prinsip kerja arrester yaitu dalam keadaan normal arrester berlaku sebagai isolator, dan saat timbul tegangan surja alat ini berubah menjadi konduktor yang

tahanannya relatif rendah, sehingga dapat menyalurkan kan arus yang tinggi ke tanah. Setelah surja hilang, arrester harus dengan cepat kembali menjadi isolasi. Umumnya arrester dipasang pada setiap ujung saluran udara tegangan tinggi yang memasuki gardu induk.

Mengoptimalkan lokasi arrester di jaringan distribusi dapat meningkatkan kinerja dari jaringan distirbusi tersebut dalam melindungi peralan terhadap induksi petir. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut maka setiap pemasangan gardu induk harus dilengkapi dengan arrester. Agar mendapatkan hasil terbaik dari arrester diperlukan penempatan arrester yang optimum yang sangat mempengaruhi fungsi dan kinerja arrester tersebut dalam melindungi peralatan dari tegangan lebih. Salah satu cara mengatasi masalah yang terjadi akibat gangguan alam seperti petir yang menimbulkan tegangan lebih yang akan merusak peralatan dengan pemakaian arrester.

Arrester ini harus mampu menyalurkan arus gangguan surja petir yang terjadi secepatnya ke tanah. Penempatan arrester sedekat mungkin dengan peralatan dapat melindungi peralatan dari gangguan tegangan lebih transien. Saat terjadi gelombang berjalan yang menimbulkan tegangan lebih terhadap peralatan yang letaknya sedikit jauh dari arrester. Maka dalam penelitian ini penulis akan menyusun dan mengambil sebuah judul « ANALISA PENGGUNAAN LIGHTNING ARRESTER PADA SISTEM TENAGA LISTRIK GARDU INDUK 150 KV PLTU REMBANG ».

## STUDI PUSTAKA

### 1. Arrester

Arrester adalah suatu alat bagi pelindung suatu sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Alat pelindung terhadap surja petir ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah.

### 2 Bagian – bagian Arrester

#### a. Elektroda

Terdapat dua elektroda pada arrester, yaitu elektroda atas



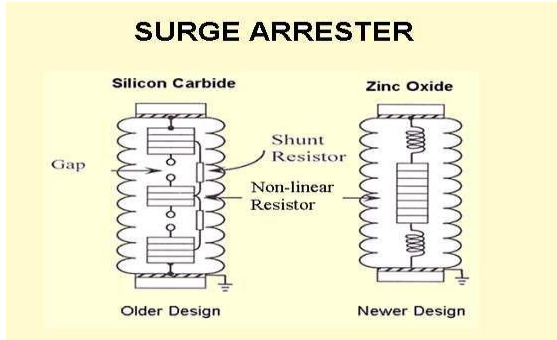
yang dihubungkan dengan bagian yang bertegangan dan elektroda bawah yang dihubungkan ke tanah.

b. Spark gap

Apabila terjadi tegangan lebih oleh surja petir atau surja hubung pada arrester yang terpasang, maka pada spark gap atau sela percik akan terjadi busur api.

c. Tahanan Katup

Tahanan yang digunakan dalam arrester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah bila mendapatkan perubahan tegangan.

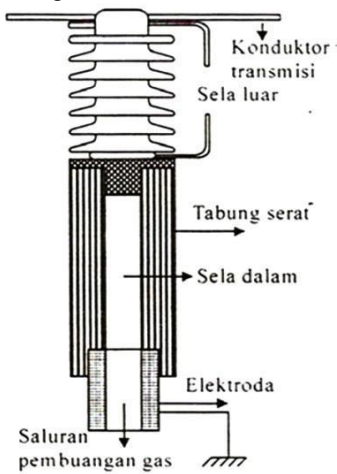


Gambar 1 Bagian – bagian Arrester

3 Jenis – Jenis Arrester

a. Arrester Jenis Ekspulsi

Digunakan pada sistem tenaga listrik bertegangan hingga 33 kV. Konstruksinya diperlihatkan pada gambar 2.5. Arrester ini mempunyai dua sela yang terhubung seri, yaitu sela luar dan sela dalam. Sela dalam ditempatkan di dalam tabung serat (Fiber), elektroda sela dalam yang dibumikan dibuat berbentuk pipa. Keberadaan dua pasang elektroda ini membuat arrester mampu memikul tegangan tinggi frekuensi daya tanpa menimbulkan korona dan arus bocor ke tanah. Tegangan tembus sela luar dibuat lebih rendah daripada tegangan lompatan api isolator pendukung sela luar.



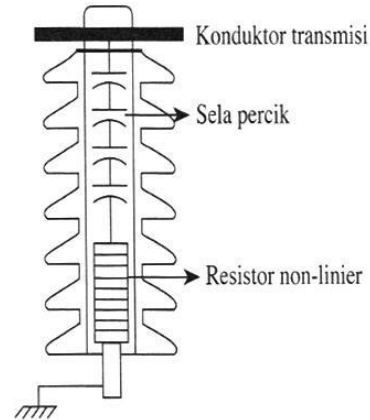
Gambar 2 Arrester Jenis Ekspulsi

b. Arrester Jenis Katup

Berdasarkan sela perciknya, arrester katup terdiri dari:

- Arrester Jenis Katup Sela Pasif

Arrester sela pasif digunakan pada jaringan distribusi hantaran udara.



Gambar 3 Arrester Jenis Katup Sela Pasif

Arrester ini terdiri dari sela percik, resistor nonlinier dan isolator tabung. Sela percik terdiri dari beberapa susunan elektroda plat – plat terhubung seri. Sela percik dan resistor nonlinier keduanya ditempatkan didalam tabung isolasi tertutup, sehingga kerja arrester ini tidak dipengaruhi oleh keadaan udara sekitar.

Resistor non-linier terbuat dari beberapa silikon karbida (silicon carbide) yang terhubung seri. Ukuran diameter piring kurang lebih 90 mm, sedangkan tebalnya kurang lebih 25mm. Nilai resistansi resistor ini sangat besar ketika melewati arus lemah, tetapi nilai resistansinya sangat rendah ketika dilewati arus kuat.

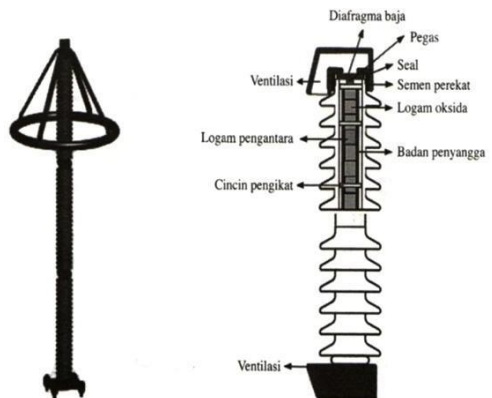
- Arrester Jenis Katup Sela Aktif

Arrester sela aktif digunakan pada jaringan tegangan tinggi dan titik pusat jaringan distribusi.

Konstruksi arrester katup sela aktif hampir sama dengan arrester katup sela pasif, perbedaannya terletak pada metode pemadaman busur api pada sela percik. Pada arrester katup sela aktif, untuk memadamkan busur api, yaitu memperpanjang dan mendinginkan busur api dengan cara membangkitkan medan magnet pada sela percik.

- Arrester Jenis Katup Tanpa Sela Percik

Arrester tanpa sela digunakan untuk semua tingkat tegangan. Konstruksi arrester jenis tanpa katup diperlihatkan pada gambar 4. Arrester ini tidak menggunakan sela percik seperti halnya kedua arrester katup terdahulu, tetapi hanya menggunakan resistor non-linier yang terbuat dari logam oksida (Metal Oxide). Karena bahan utamanya adalah logam oksida, dalam praktik sehari-hari arrester ini dinamai arrester MO.



Gambar 4 Arrester Jenis Katup Tanpa Sela Percik

**METODE/DESAIN**

Rancang komposisi berpunca inverter hadirat pemeriksaan ini dibagi ke bagian dalam dua episode besar, yakni episode pembangkit gerakan sinus dan episode driver. Bagian pembangkit gerakan sinus terjalin berpunca empat episode, yakni pembangkit gerakan persegi, low pass filter, dan non inverting amplifier.

Sedangkan episode driver terjalin berpunca untai penguat pengaruh yang berfungsi menjelang mengeraskan amplitudo dan deraian keluaran. Blok sketsa putus berpunca inverter yang akan dibuat bisa dilihat hadirat citra 1. bersama ini.

**1. Pendekatan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui proteksi *arrester* pada Gardu Induuk 10Kv PLTU Rembang. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. Kuantitatif adalah melakukan pengumpulan data berdasarkan pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini yang hasil dari pengukuran itu diselesaikan dalam bentuk matematis sedangkan jenis penelitian kualitatif adalah melakukan analisis penelitian berdasarkan data pengukuran kuantitatif.

**2. Tempat Pnelitian**

Penelitian ini dilakukan di Gardu Induuk 150kv PLTU Rembang. Tepatnya di Area Pelabuhan , Leran, Sluke, Kabupaten Rembang , Jawa Tengah 59272. Penelitian ini akan dilaksanakan kurang lebih dalam jangka waktu 1-3 minggu setelah proposal di Acc.



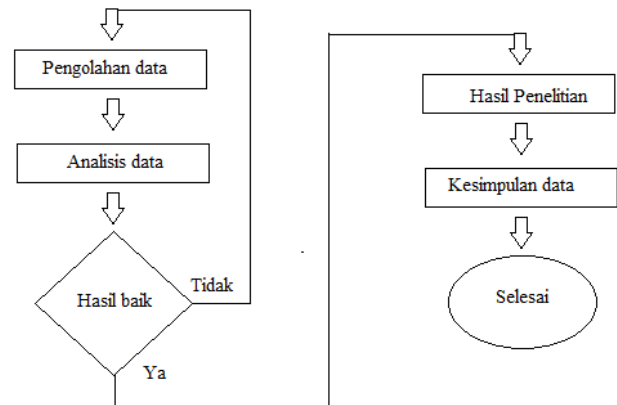
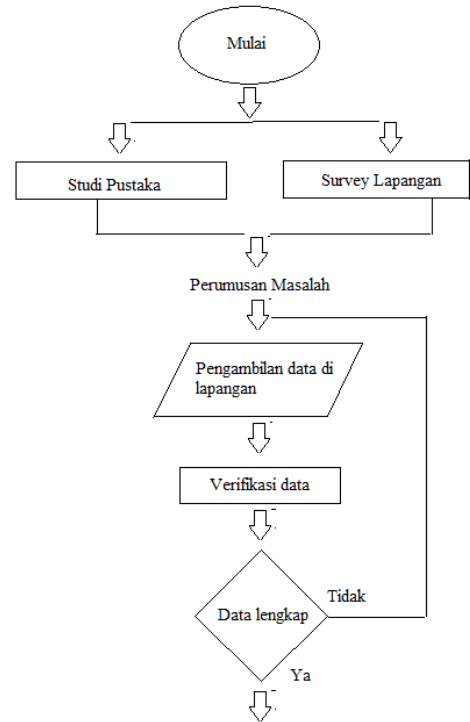
Gambar 5 Gardu Induk 150Kv PLTU Rembang

**3. Fokus Penelitian**

Fokus penelitian ini adalah mengetahui kerja arrester ketika sebagai pengaman peralatan listrik pada Gardu induk dari surja hubung dan juga mengetahui pengaruh penempatan arrester terhadapap efektivitas kinerja peralatan listrik..

**4. Desain Penelitian**

Berikut adalah desain dari penelitian :



Gambar 6 Blok diagram desain penelitian.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Data yang digunakan untuk perhitungan**

Data Teknis Arrester	
Merek	: ABB
Tipe	: PEXLIM Q132-XV170
No. seri	: Pasa : R 75253134
	Pasa : S 75253135
	Pasa : T 75253136
Tegangan pengenalan	: 119kV-Cout
Frekuensi	: 50 Hz
Arus discharge	: 10 kA
Short Circuit	: 50 kA

Gambar 7 Data teknis arrester yang terpasang pada fasa r,s,t

Data Teknis Trafo	
Merek	: CG
Tipe	: ORF 60/275
No. seri	: 3011150013
Rated Power	: 60 MVA
Phase	: 3
Cooling	: ONAN/ONAF-60/100%
Tegangan HV/LV	: 150/20KV
Frekuensi	: 50 Hz
Arus HV/LV	: 230,9/1732 A
BIL	: 650 KV
Connection Symbol	: YNyn0+d
Short Circuit Impedance	: 12.141%

Gambar 7 Data teknis Trafo yang digunakan

Tegangan Nominal (kV)		11	22	33	66	77	110	154	187	220	275	
Tanpa Tanduk Busur Api	Jumlah Isolator	2	(3) 2	3	(5) 4	5	7	(10) 9	(11) 10	(13) 12	(16) 15	
	Tegangan Lompatan Api 50% untuk Gandengan Isolator (kV)	220	(306) 220	306	(455) 380	455	610	(843) 764	(920) 843	(1075) 997	(1312) 1232	
	Jarak Isolasi Standar (m)	0,40	(0,55) 0,40	0,55	(0,80) 0,70	0,80	1,10	(1,50) 1,35	(1,65) 1,50	(1,90) 1,75	(2,30) 2,20	
Dengan Tanduk Busur Api	Z/Z <sub>0</sub> 80%	Jumlah Isolator			(5) 4	(6) 5	(8) 7	10	(11) 10	(13) 12	(17) 16	
		Sela Tanduk Api (m)			(0,59) 0,47	(0,71) 0,59	(0,94) 0,82	1,17	(1,29) 1,17	(1,52) 1,40	(1,98) 1,87	
		Jarak Isolasi Standar (m)			(0,70) 0,55	(0,80) 0,70	(1,10) 0,95	1,35	(1,45) 1,35	(1,75) 1,60	(2,25) 2,10	
	Z/Z <sub>0</sub> 75%	Jumlah Isolator				5	(6) 5	(8) 7	10	11	13	17
		Sela Tanduk Api (m)				0,55	(0,66) 0,55	(0,88) 0,77	1,09	1,21	1,43	1,86
		Jarak Isolasi Standar (m)				0,65	(0,75) 0,65	(1,00) 0,90	1,25	1,40	1,60	2,10
Jarak Isolasi Minimum		0,10	0,15	0,25	0,40	0,45	0,70	1,00	1,05	1,25	1,60	

Catatan: Harga dalam tanda kurung adalah yang lazim digunakan

Gambar 8 jarak isolasi standar dan minimum

**2. Menentukan rating Arrester yang terpasang pada saluran penghantar**

a) Menentukan Tegangan Sistem Maksimum

Tegangan Maksimum sistem dapat diketahui dengan persamaan:

$$V_m = V_{nominal} \times 110\% \text{ (faktor toleransi)}$$

$$= 150 \text{ kV} \times 1,1$$

$$= 165 \text{ kV}$$

b) Menentukan tegangan pengenalan Lightning Arrester

Menentukan tegangan pengenalan LA dapat dilakukan dengan persamaan:

$$E_a = V_{nominal} \times \text{Koefisien Pembumihan} \times 1.1$$

$$= 150 \times 0.8 \times 1.1$$

$$= 132 \text{ kV}$$

c) Menentukan Impedansi Saluran/Penghantar

$$R = D/2$$

$$= 28.80/2$$

$$= 14.40 \text{ mm}$$

$$= 0.0144 \text{ m}$$

maka Impedansi saluran adalah:

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} \quad (\Omega)$$

$$Z = 60 \ln \left( \frac{2 \times 20}{0,0144} \right) \quad (\Omega)$$

$$Z = 60 \ln 2.777,777 \quad (\Omega)$$

$$Z = 475,764 \quad (\Omega)$$

d) Menentukan Tegangan Tembus Isolasi Udara

Persamaan tegangan tembus isolator dapat ditentukan dengan data dan persamaan dibawah ini:

W= Panjang Rentangan Isolator Tegangan 150 Kv Adalah 1.5 Meter ( Gambar 8)

$$K1 = 0,4 \text{ W} = 0,4 \times 1.5 = 0.6$$

$$K2 = 0,7 \text{ W} = 0,7 \times 1.5 = 1.05$$

t = tegangan yang dihitung berdasarkan waktu muka gelombang, 1,2 μdet

Maka:

$$U_{50\%} = (K1 + \frac{K2}{t^{0,75}}) \times 10^3$$

$$U_{50\%} = (0.6 + \frac{1.05}{1,2^{0,75}}) \times 10^3$$

$$U_{50\%} = 1515.8 \text{ kV}$$

e. Menentukan Arus Pelepasan/Arus Kerja Arrester

Diketahui:

$$U_d = \text{(Tegangan Tembus Isolasi Udara)}$$

$$U_A = 500 \text{ kV (Tegangan Kerja/Pelepasan Arrester)}$$

(Gambar 8)

$$Z = (\Omega) \text{ (Merupakan Impedansi Saluran Penghantar)}$$

Maka Arus pelepasan/kerja Arrester dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$I_a = \frac{2U_d - U_A}{Z} \quad \text{kA}$$

$$I_a = \frac{2(1515.8 - 500)}{475,765} \quad \text{kA}$$

$$I_a = 4.27 \quad \text{kA}$$

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut : Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa spesifikasi peralatan lightning arrester yang terpasang pada gardu induk 150 Kv PLTU Rembang telah sesuai dengan kebutuhan system, dengan tegangan system maksimum = 165 kv, tegangan pengenalan = 132 kv, impedansi saluran /

penghantar =  $475,764 \Omega$ , tegangan tembus isolasi udara = 1515,8 kV, arus pelepasan = 4,27 kA.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan jarak optimum antara lightning arrester dan transformator diperoleh  $S = 10,96$  meter, sedangkan jarak (S) antara lightning arrester dan transformator yang terpasang pada gardu induk 150 kV PLTU Rembang adalah  $S = 5$  meter, dengan demikian penempatan lightning arrester terhadap transformator atau peralatan lain yang dilindungi berada di bawah nilai optimum, sebab  $S$  terpasang  $< S$  hitung.

## SARAN

Untuk mengurangi kerusakan dan gangguan peralatan listrik yang diakibatkan oleh tegangan lebih dari sambaran petir sehingga penyaluran tenaga listrik dapat terhambat sebaiknya arrester ditempatkan pada titik-titik sepanjang jaringan yang berpotensi rawan terkena sambaran petir. Dan penempatan arrester terhadap peralatan listrik harus memperhatikan jarak lindung terbaik arrester dalam melindungi peralatan listrik dari gangguan tegangan lebih.

Dari hasil penelitian ini kiranya dapat menjadi referensi untuk menentukan jenis lightning arrester yang akan digunakan.

## REFERENSI

- [1] A.Teguh Andika Pratama.2019.Analisa Pengaruh Surja Petir Terhadap *Lightning Arrester* pada Gardu Trafo Distribusi di PT PLN(Persero) ULP Tandes.
- [2] M.Redo Meidiansyah.2020. Studi Penggunaan *Arrester*Sebagai Pengaman Transformator di Gardu Induk New Jakabaring Palembang.
- [3] Nurul Hidayatulloh. 2009. Kemampuan *Arrester* Untuk Pengamanan Trafo.
- [4] G. Riana Naiborhu .2014. Pengujian Dalam Penggunaan dan Diagnosis *Arrester Metal Oxide*Tanpa Celah.
- [5] Saiful Amri dan Wahyuddin.k .2018. Analisis *Arrester* Pada Jaringan 20 Kv Di PLN (PERSERO) Rayon Soping.
- [6] JETri, Volume 11, Nomor 2, Februari 2014, Halaman 79 - 94, ISSN 1412-0372
- [7] Arismunandar, A. 1993. Teknik Tenaga Listrik Jilid II. PT. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- [8] Hermagasantos. 1994. Teknik Tegangan Tinggi. PT. Rosda Jayaputra. Jakarta. Team O & M. 1981. Operasi dan Memelihara Peralatan. PLN Pembangunan Jawa Barat dan Jakarta
- [9] Tobing, L. Bonggas. 2003. Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- [10] T. S. Hutauruk. 1991. Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja.Erlangga. Jakarta. Badaruddin.2012. Studi Penempatan Arrester Di PT.PLN (Persero) Area Bintaro.Jurnal Teknologi Elektro 3 (1) ISSN 2086-9479.32-36.

- [11] Gultom, Togar Timoteus. 2017. Optimasi Jarak Maksimum Penempatan Lightning Arrester Sebagai Proteksi Transformator Pada Gardu Induk. Jurnal Ilmiah Dunia Ilmu 3 (1).41-49.
- [12] Hidayatulloh, R., Juning tyas tutu dan Kartono. 2016. Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Sutt 150 Kv Jalur Kebasen – Balapulang – Bumiayu Menggunakan Program Etap. Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
- [13] Hutahuruk. 1991. Gelombang Berjalan Dan Proteksi Surja. Jakarta: Erlangga.
- [14] Kurniawan, D. 2018. Analisa Optimal Penentuan Letak Optimum Lightning Arrester
- [15] Pada Gardu Induk Wonogiri 150 Kv (Skripsi). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [16] Wiwin, Dkk. 2018.Evaluasi Penentuan Jarak Arrester Dan Transformator 30 Mva dengan Metode Diagram Tangga (Lattice Diagram).Jurnal Surya Energy 2(1).185-192.
- [17] N,Tirza. 2014. Analisa setting OCR terhadap arus gangguan pada jaringan 150 KV di Gardu Induk Tanggul.