

# STUDI PEMAKAIAN SUPERKONDUKTOR PADA GENERATOR ARUS BOLAK- BALIK

Tantri Wahyuni

*Fakultas Teknik Universitas Majalengka*

[Tantri\\_wahyuni80@yahoo.co.id](mailto:Tantri_wahyuni80@yahoo.co.id)

## Abstrak

Pada suhu kritis tertentu, nilai resistansi dari merkuri jatuh pada nilai yang sangat kecil. Bahkan pada beberapa bahan khususnya logam, pada keadaan suhu yang sangat rendah, hambatan jenisnya akan menurun secara tajam bahkan bisa hilang. Dan juga semua logam hampir memiliki sifat yang sama pada suhu  $0,5^{\circ}\text{K}$ -  $18^{\circ}\text{K}$ . Gejala ini disebut dengan superkonduktivitas. Melihat dari sifat yang istimewa ini, aplikasi superkonduktor akan membawa kemajuan pada bidang teknologi khususnya industri peralatan listrik seperti generator, transformator dan motor listrik. Berdasarkan sifat istimewa yang ditawarkan superkonduktor, yaitu dapat menghantarkan arus tanpa kehilangan daya sedikitpun dan tidak adanya energi yang terbuang menjadi panas, diharapkan dengan pemakaian superkonduktor akan mereduksi rugi-rugi yang hilang seperti yang biasa terjadi pada konduktor biasa. Dibawah operasi steady state, hubungan antara arus dan tegangan dalam generator tiga fasa dapat mengabaikan drop resistansi jangkar. Walaupun isolasinya unggul, disipasi energi dalam daerah kriogenik dari rotor akan sangat mempengaruhi, selama adanya gangguan khusus adanya ayunan rotor yang menyertai kembalinya pada kondisi steady-state yang baru. Untuk itu perlu dilihat parameter kedua dari kinerja generator superkonduktor yaitu: stabilitas transient dengan pengukuran CFCT. Perbaikan CFCT untuk Generator Superkonduktor berada diatas yang ditawarkan generator konvensional dari rating yang sama. Penggunaan teknologi superkonduktor pada belitan medan generator bolak balik akan mampu mereduksi sebagian besar rugi-rugi yang dialami oleh generator konvensional.

Kata kunci: *superkonduktor, generator ac, rugi-rugi arus eddy*

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pada suhu kritis tertentu, nilai resistansi dari merkuri jatuh pada nilai yang sangat kecil. Bahkan pada beberapa bahan khususnya logam, pada keadaan suhu yang sangat rendah, hambatan jenisnya akan menurun secara tajam bahkan bisa hilang. Dan juga semua logam hampir memiliki sifat yang sama pada suhu 0,5°K- 18°K. Gejala ini disebut dengan superkonduktivitas. Melihat dari sifat yang istimewa ini, aplikasi superkonduktor akan membawa kemajuan pada bidang teknologi khususnya industri peralatan listrik seperti generator, transformator dan motor listrik. Berdasarkan sifat istimewa yang ditawarkan superkonduktor, yaitu dapat menghantarkan arus tanpa kehilangan daya sedikitpun dan tidak adanya energi yang terbuang menjadi panas, diharapkan dengan pemakaian superkonduktor akan mereduksi rugi-rugi yang hilang seperti yang biasa terjadi pada konduktor biasa.

### **1.2. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini menawarkan alternatif sebuah

generator yang dapat memberikan efisiensi yang tinggi dengan kinerja yang baik sebagai jawaban terhadap permasalahan besarnya rugi-rugi yang biasa terjadi pada pemakaian generator konvensional

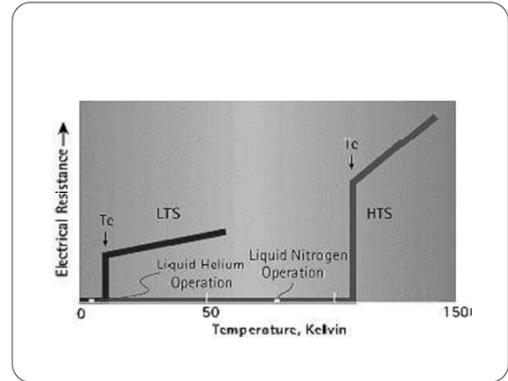
### **1.3. Kajian Pustaka**

Superkonduktor adalah suatu bahan yang dapat dialiri arus listrik tanpa kehilangan bentuk energi, dengan kata lain bahwa apabila dialirkan arus listrik pada bahan yang mempunyai sifat superkonduktor, maka nilai resistansinya sama dengan nol. Kegunaan superkonduktor sebagai lilitan dapat meningkatkan efisiensi mesin hingga 90% dan mengurangi rugi-rugi hingga 50% dibandingkan dengan generator konvensional dan dapat mengurangi polusi tiap unit dari energi yang dihasilkan. Superkonduktor juga dapat menaikkan stabilitas jaringan dibandingkan dengan generator konvensional. Dalam rating yang sama generator superkonduktor

dapat mengurangi berat lebih dari separuhnya. Suatu bahan superkonduktor yang didinginkan dibawah temperatur kritis dalam medan magnet akan menolak fluks magnet keluar dari bahan. Hal ini hanya dapat terjadi apabila kekuatan medan magnet yang diberikan pada bahan berada dibawah medan magnet kritis. Spesifikasi kinerjanya menggunakan sistem kriogenik, diantaranya: setiap magnet harus dijaga kondisi temperatur operasinya agar selalu berada pada suhu  $-285^{\circ}\text{C}$  pada saat generator sedang beroperasi kerja, tiap- tiap kutub harus diisolasi agar panasnya tidak terbuang dan perlunya dilakukan pendinginan saat perbaikan bila dibutuhkan serta desain operasi saat off harus diperhitungkan sebab panas beban yang terjadi akan menjadi dua kali lipat apabila suhu tidak dijaga pada kondisi  $-4,6^{\circ}\text{K}$

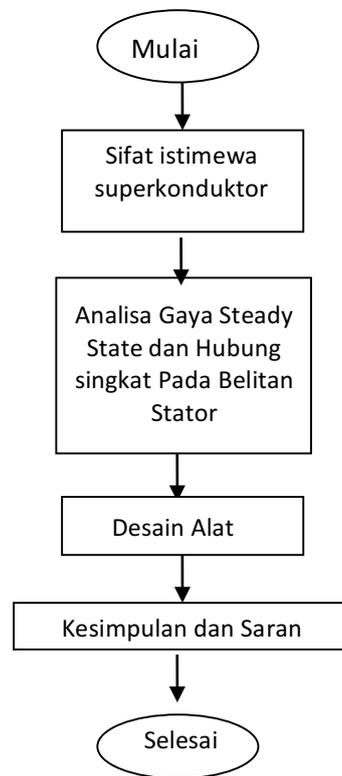


**Gambar.1 Superkonduktor Suhu Tinggi**



**Gambar.2 Kriogenik Superkonduktor**  
**II. METODOLOGI PENELITIAN**

Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan



**Gambar.3 Tahapan Penelitian**

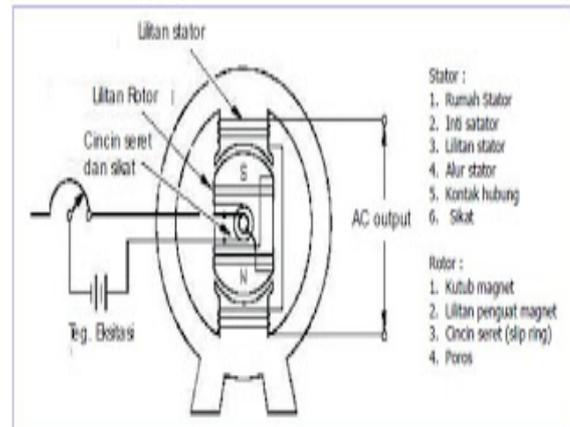
Prinsip kerja generator superkonduktor pada dasarnya mengikuti prinsip kerja alternator. Rotor diputar dengan

kecepatan tetap oleh sebuah sumber daya mekanis yang dihubungkan pada sumbunya . akibatnya, kumparan medan yang terdapat pada rotor ikut berputar , sehingga menghasilkan fluks magnetik yang berputar sesuai dengan putaran rotor. Oleh karena kumparan jangkar pada stator tetap diam, maka fluks magnetik yang dicakup pada kumparan jangkar akan berubah sesuai dengan fungsi waktu. Adapun konfigurasi optimum dari Mesin AC superkonduktor memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Pusat rotor mengandung belitan medan superkonduktor dan memiliki:
  - Hubungan luar terhadap supply arus penguat
  - Sistem perlindungan yang menggunakan sistem pelindung arus eddy pada konduksi normal
  - Pendingin cairan helium lengkap dengan perlengkapan sirkulasinya
  - Isolasi kriogenik pada ruang hampa yang tinggi
2. Keadaan keliling stator yang mengandung:
  - Belitan jangkar konduktivitas normal dan tipe celah udara

yang beroperasi dengan pendingin pada suhu ruang

- Laminansi pendukung fluksi disekeliling belitan jangkar.



**Gambar. 4 Konstruksi Generator AC**

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Analisa Gaya Steady State

Dibawah operasi steady state, hubungan antara arus dan tegangan dalam generator tiga fasa dapat mengabaikan drop resistansi jangkar. Dengan hanya memperhatikan komponen-komponen harmonisa dasar dari medan magnetik, terdapat suatu hubungan sudut yang tetap antara komponen radial dan tangensial dari kontribusi medan oleh belitan medan rotor dan jangkar. Komponen-komponen medan ini berputar pada

kecepatan sinkron , sehingga diam terhadap rotor

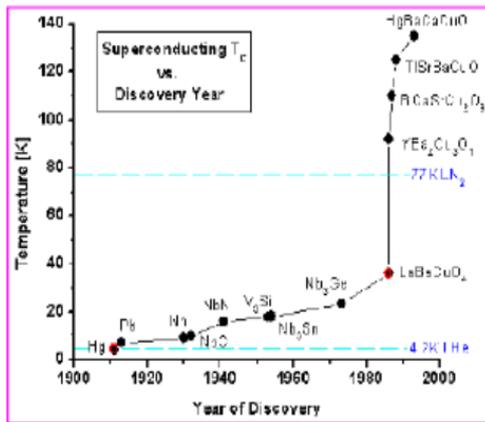
### **3.2. Karakteristik Stabilitas Transient**

Walaupun isolasinya unggul, disipasi energi dalam daerah kriogenik dari rotor akan sangat mempengaruhi, selama adanya gangguan khusus adanya ayunan rotor yang menyertai kembalinya pada kondisi steady-state yang baru. Untuk itu perlu dilihat parameter kedua dari kinerja generator superkonduktor yaitu: stabilitas transient dengan pengukuran CFCT. Perbaikan CFCT untuk Generator Superkonduktor berada diatas yang ditawarkan generator konvensional dari rating yang sama. Stabilitas transient sistem daya digunakan untuk menentukan CFCT, yaitu dengan mencoba urutan gangguan tiga fasa yang lebih lama pada mesin. Dalam hal ini dipergunakan konstanta momen turbin serta konstanta stabilitas dari generator superkonduktor untuk berbagai desain. Perbaikan yang lebih besar diperoleh dalam batas- batas penambahan kemampuan penguatan berkurang, sehingga dapat digunakan dengan baik

pada kondisi operasi transient maupun kondisi operasi steady – state.

### **3.3. Analisis Kinerja Generator Superkonduktor**

Ada dua parameter yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik dari generator superkonduktor dalam hal kemampuannya untuk tetap dalam keadaan sinkron selama dan sesudah gangguan . Pertama, untuk variasi – variasi pembebanan, parameter yang digunakan adalah stabilitas steady-state, dimana daya maksimum dari mesin dapat keluar dari keadaan sinkron ataupun tetap dalam keadaan sinkron. Kedua, untuk gangguan tiga fasa, parameter yang biasa digunakan adalah Critical Fault Clearing Time (CFCT), yaitu waktu maksimum dimana mesin dapat dipertahankan pada suatu gangguan dan kembali pada keadaan sinkron setelah gangguan diatasi. Parameter ini disebut juga dengan batas- batas stabilitas transient.



**Gambar 4. Grafik Perubahan Temperatur Superkonduktor**

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Kesimpulan

Maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan teknologi superkonduktor pada belitan medan generator bolak balik akan mampu mereduksi sebagian besar rugi-rugi yang dialami oleh generator konvensional.
2. Konstruksi generator superkonduktor cukup kompleks sehingga terlihat kurang ekonomis. Hal ini disebabkan banyaknya sistem pendukung dan perlengkapan yang dibutuhkan untuk menghasilkan dan menjaga keadaan

superkonduktor dari belitan medannya.

3. Perencanaan sistem pendukung harus dibuat dengan kekuatan yang cukup untuk menahan reaksi torsi dan menjamin bebas getaran selama steady state berjalan. Hal ini disebabkan generator superkonduktor
4. mengalami komponen gaya tangensial dari medan magnetik.
5. Perbaikan sistem kerja transient, karena pemakaian superkonduktor akan banyak mereduksi reaktansi sinkron.
6. Perbaikan efisiensi yang tinggi sekitar 95 – 99 persen karena konstruksi dan sistem pendukung generator superkonduktor banyak mereduksi rugi-rugi mekanik dan rugi-rugi pada belitan medannya.
7. Untuk menjaga keandalan yang tinggi dari generator superkonduktor, maka:
  - Tekanan mekanik dan besarnya getaran dari rotor harus tetap dijaga

dibawah nilai yang diizinkan

- Konstruksi panas serta tekanan yang dihasilkan tabung torsi serta perbedaan suhunya yang cukup tajam harus dapat diatasi.
- Untuk menahan gaya elektromagnetik yang cukup besar, harus dikembangkan peredam yang memiliki pelindung elektromagnetik yang baik serta memiliki kekuatan yang cukup.
- Sistem aliran helium dengan keandalan yang tinggi harus dikembangkan untuk transfer kopling sehingga permasalahan pemadaman dapat diatasi.

#### 4.2 Saran

Untuk membuat sebuah generator superkonduktor, masih banyak permasalahan yang harus dikaji dan dipelajari lebih lanjut prinsi[ kerja dari generator superkonduktornya itu sendiri.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Fajar Budiyanto, Darminto, Sintesis superkonduktor Nd Ba<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7</sub> Nanao kristal dengan metode kimia basah, Seminar nasional Pasca Sarjan XI-ITS, Surabaya 27 Juli 2011, ISBN.
2. Irnanda Priyadi, Analisis pengaruh eksitasi terhadap efek harmonisa pada hubungan belitan generator sinkron dengan beban LHE, Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro dan Ilmu Komputer, Vol.2 No.1 Mei 2012, ISSN: 2089-2020
3. M. Sumadiyasa, Pengaruh penggantian Ca dan Nd pada pembentukan fase Bi-223 pada superkonduktor, Jurnal Ilmu Dasar Vol.8 No. 1, 2007
4. Mustofa, Didik Notosudjono, Perancangan pembangkit listrik menggunakan generator magnet permanen dengan motor DC sebagai prime over, Program Studi Teknik Elektro Universitas Pakuan Bogor.
5. Pikatan Suganta, Mengenal superkonduktor, Majalah Kristal No. 3, Juli 1989
6. Sembiring Kurnia, Karakteristi dan pengukuran arus kritis superkonduktor T<sub>c</sub> tinggi google.com
7. pada temperatur nitrogen cair, Fmipa USU, 1995
8. Yamasi, Uses for superconductor, [Http:// www. Cis.rit.edu/htbooks/mri/chap-1.htm](http://www.Cis.rit.edu/htbooks/mri/chap-1.htm)
9. Yamaguchi, N. Maki, The result of 50 MVA superconducting generator, IEEE Transaction on magnetics vol mag-23, No.5