

PERANCANGAN MINIATUR SISTEM TRANSMISI DAYA ARUS SEARAH MENGUNAKAN INVERTER 3 PHASA 1000 WATT

Riyan Ramadani¹⁾, Didik Notosdjono²⁾, Agustini Rodiah Machdi³⁾

ABSTRAK

Transmisi Daya Arus Searah (TDAS) atau *High Voltage Direct Current Transmission* (HVDC) adalah teknologi pengiriman (transmisi) daya listrik tegangan tinggi (puluhan sampai ratusan kV) dalam bentuk arus searah. Penggunaan arus searah dapat mengurangi rugi-rugi yang disebabkan adanya reaktansi pada saluran. Drop tegangan yang dihasilkan lebih kecil sehingga kapasitas daya kirim dapat maksimal. Prinsip dasar teknologi ini adalah pengubahan sumber arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC), proses pengubahan sumber AC menjadi DC menggunakan konverter 3 fasa setengah gelombang terkendali yaitu menggunakan 3 buah *Silicon Control Rectifier* (SCR) atau *Thyristor* dan disalurkan melalui saluran transmisi. Kemudian pada ujung saluran transmisi sumber DC dirubah kembali menjadi sumber AC, proses pengubahan sumber DC menjadi AC menggunakan *inverter* 3 fasa 1000 watt yang dibuat sendiri. Sitem transmisi daya arus searah (TDAS) pada keadaan tanpa beban dengan tegangan kirim (V_k) 21,04 volt DC dan tegangan terima (V_t) 21,03 volt DC memiliki drop tegangan sebesar 0,01 volt dalam persentase sebesar 0,00047%, ini sangat efisien dalam penyaluran tegangan, dikarenakan sistem ini tidak memiliki rugi-rugi reaktansi pada salurannya.

Kata Kunci : *High Voltage Direct Current (HVDC)*, *Transmisi Daya Arus Searah (TDAS)*, *Konverter*, *Inverter*, *Silicon Control Rectifier (SCR)*, *Thyristor*.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transmisi Daya Arus Searah (TDAS) adalah teknologi pengiriman (transmisi) daya listrik dalam bentuk arus searah tegangan tinggi (puluhan sampai ratusan kV) yang dapat mengurangi rugi-rugi yang disebabkan karena adanya reaktansi pada saluran. Prinsip dasar dari teknologi ini adalah pengubahan sumber arus bolak-balik (AC), sumber arus dari pembangkit, menjadi arus searah (DC) yang kemudian akan ditransmisikan oleh *transmitter* menuju ke daerah lain yang letaknya berjauhan dan selanjutnya akan dilakukan proses pengubahan kembali sumber DC ke AC. Proses pengubahan sumber AC menjadi DC membutuhkan konverter dan proses pengubahan sumber DC menjadi AC membutuhkan inverter. [1]

Tugas akhir ini untuk mengetahui sistem TDAS dan mencoba membuat rangkaian *konverter* setengah gelombang menggunakan *Thyristor* selain itu pengambilan judul ini dimaksudkan untuk menjadi referensi agar di Indonesia bisa memakai transmisi dengan sistem TDAS ini. [1]

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Mendesain suatu alat miniatur saluran transmisi daya arus searah menggunakan perbandingan skala 1 : 100 dalam centi meter (cm) untuk mengetahui sistem transmisi daya arus searah berkerja.
2. Menganalisa rugi-rugi transmisi arus searah menggunakan sistem penyearah setengah gelombang tiga fasa dengan *Silicon Control Rectifier* (SCR) sebagai media penyearah atau konverter dan pada ujung saluran disambungkan ke *inverter* 3 fasa 1000 watt yang dirancang sendiri.

II. TEORI DASAR

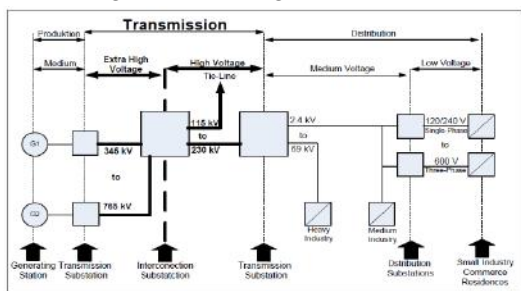
2.1 Umum

Secara umum sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem penyediaan tenaga listrik yang terdiri dari beberapa pembangkit atau pusat listrik terhubung satu dengan lainnya oleh jaringan transmisi dengan pusat beban atau jaringan distribusi. Sistem tenaga listrik antar pusat-pusat pembangkit dan pusat-pusat beban pada umumnya terpisah dalam ratusan bahkan ribuan kilometer. Hal ini terjadi karena beban

(konsumen) terdistribusi di setiap tempat, sementara lokasi pembangkitan umumnya terletak di pusat-pusat sumber energi misalnya PLTA, PLTU, PLTPB dan sebagainya. Oleh karena itu tenaga listrik yang dibangkitkan harus disalurkan melalui kawat-kawat saluran transmisi. [2]

1.3 Sistem Tenaga Listrik

Tenaga listrik dibangkitkan oleh pusat-pusat pembangkit listrik (*Power Plant*) seperti PLTA, PLTU, PLTG dan PLTD lalu disalurkan melalui saluran transmisi. Menurut jenis arusnya sistem tenaga listrik dibedakan menjadi sistem arus bolak-balik atau *Alternating Current (AC)* dan sistem arus searah atau *Direct Current (DC)*. Berikut gambar 1 menunjukkan diagram blok umum sistem tenaga listrik sebagai berikut : [3]



Gambar 1 Diagram Blok Umum Sistem Tenaga Listrik

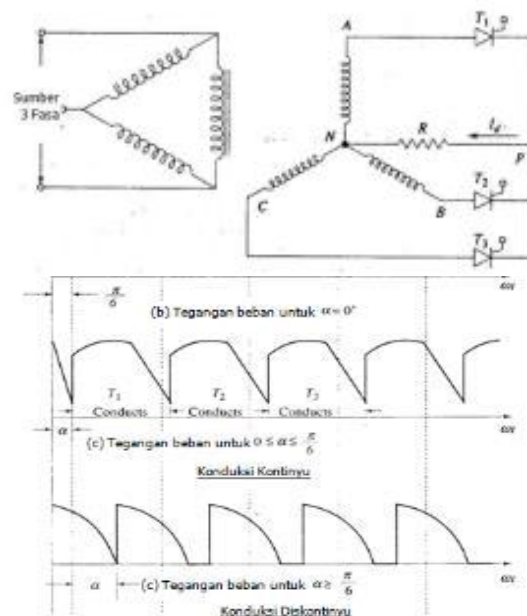
2.3 Transmisi Daya Arus Searah (TDAS)

High Voltage Direct Current (HVDC) adalah teknologi pengiriman (transmisi) daya listrik dalam bentuk arus searah tegangan tinggi (puluhan sampai ratusan kV) yang dapat mengurangi rugi-rugi yang disebabkan karena adanya reaktansi pada saluran. Drop tegangan yang dihasilkan lebih kecil sehingga kapasitas daya kirim dapat maksimal.

Prinsip dasar teknologi ini adalah pengubahan sumber arus bolak-balik (AC), sumber arus dari pembangkit, menjadi arus searah (DC) yang kemudian akan disalurkan menuju ke daerah lain yang letaknya berjauhan dan selanjutnya akan dilakukan proses pengubahan kembali sumber DC ke AC. Proses pengubahan sumber DC menjadi AC dan sebaliknya membutuhkan konverter dan inverter. [1]

2.4 Penyearah 3 Fasa Terkendali

Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah bagian dari *power supply*/catu daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Penyearah terkendali (*controlled rectifier*) atau sering juga disebut dengan konverter merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan sumber masukan arus bolak-balik dalam bentuk sinusoidal menjadi tegangan luaran dalam bentuk tegangan arus searah yang dapat diatur/dikendalikan. Untuk dapat menghasilkan tegangan keluaran yang terkontrol salah satunya adalah dengan menggunakan thyristor. Tegangan keluaran penyearah dengan menggunakan thyristor dapat dikendalikan tergantung pada sudut penyalan thyristor. Jenis penyearah yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah konverter setengah gelombang 3 fasa terkendali seperti pada gambar 2 di bawah ini : [4]



Gambar 2 Penyearah Setengah Gelombang 3 Fasa Terkendali

Tegangan keluaran rata-rata yang terjadi ditunjukkan oleh persamaan 1 sebagai berikut : [5]

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3} V_m}{2\pi} \cos \alpha \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

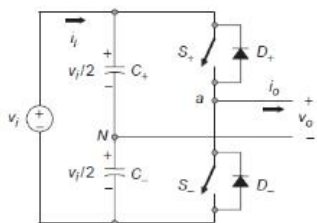
V_{dc} : Tegangan Keluaran (Volt)

V_m : Tegangan Maksimum (Volt)

$\cos \alpha$: Sudut Penyalan Trigger

2.5 Inverter

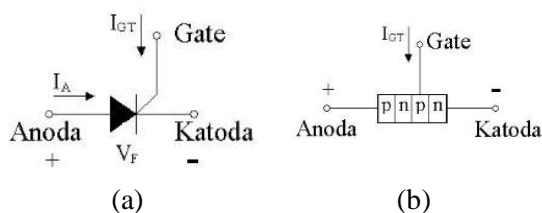
Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor, dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah. Rugi-rugi atau *losses* yang terjadi pada inverter biasanya berupa disipasi daya dalam bentuk panas. Inverter paling efisien ketika memberikan 50% sampai 90% dari rating daya terus-menerus pada beban. Bila beban outputnya semakin mendekati beban kerja inverter yang tertera maka efisiensinya semakin besar. Berikut adalah pola *switching* rangkaian inverter yang terlihat pada gambar 3 sebagai berikut: [6]



Gambar 3 Pola *Switching* pada Rangkaian Inverter

2.6 Silicon Control Rectifier (SCR) atau Thyristor

Thyristor merupakan peralatan elektronik yang terdiri dari empat lapisan semikonduktor PNPN dan memiliki tiga sambungan PN. *Thyristor* disebut juga dengan penyearah terkendali, karena memiliki *gate* yang berfungsi untuk mengendalikan arus. Teknik penyalan *thyristor* yang sering digunakan yaitu menggunakan arus gerbang. Jika *thyristor* dibias maju, pemberian arus pada gerbang dengan memakai tegangan positif antara gerbang dan terminal katoda akan menyalakan *thyristor*. SCR berbeda dengan dioda rectifier karena dibuat dari empat buah lapis dioda, berikut adalah gambar 4 simbol SCR dan konstruksi dasar SCR sebagai berikut : [6]



Gambar 4 (a) Simbol SCR (b) Kontruksi Dasar SCR

2.7 Rugi-Rugi Penghantar

Dropvoltage atau disebut dengan susut tegangan merupakan perbedaan antara tegangan sumber dengan tegangan di beban, karena tegangan di beban tidak sama dengan tegangan sumber yaitu tegangan di beban lebih kecil dari tegangan sumber, dapat disebabkan oleh faktor arus dan impedansi saluran.

Susut Tegangan dapat dicari dengan persamaan 2 perhitungan jatuh tegangan (ΔV) seperti berikut: [7]

$$\Delta V = |V_k| - |V_t| \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- ΔV : Jatuh tegangan (Volt)
- V_k : Nilai mutlak tegangan ujung kirim (Volt)
- V_t : Nilai mutlak tegangan ujung terima (Volt)

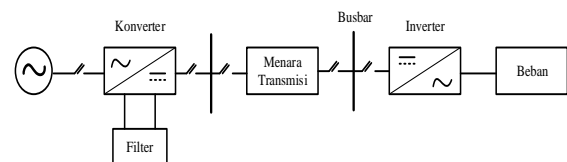
Dalam persentase perhitungan jatuh tegangan menggunakan persamaan 3 seperti berikut :

$$\Delta V(\%) = \frac{V_k - V_t}{V_k} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

III. PERANCANGAN ALAT

3.1 Gambaran Umum

Perancangan alat ini di tunjukkan untuk contoh aplikasi dalam pengiriman tenaga listrik sistem arus searah dalam bentuk miniatur dengan memanfaatkan komponen elektronika daya sebagai salah satu bagian penting dalam sistem transmisi daya arus searah. Pemasangan beban di ujung sisi pengiriman yaitu terdiri dari beban resistif dan beban induktif yang mana kapasitas dari beban tersebut adalah sebesar 45 watt terdiri dari 3 buah lampu pijar, 24 watt terdiri dari 3 buah lampu CFL. Sistem kerja dari saluran transmisi daya arus searah terdapat pada gambar 5 di bawah ini :



Gambar 5 Skema Sistem Saluran Transmisi Daya Arus Searah

3.2 Komponen Pada Alat

Dalam perancangan saluran transmisi daya arus searah sebagai media pengiriman tenaga listrik ini menggunakan beberapa komponen yang saling mendukung. Berikut komponen dari alat ini dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1 Daftar Komponen

No	Komponen
1	Plat alumunium dan alumunium siku
2	Kawat penghantar
3	Volt meter dan Ampere meter
4	Thyristor
5	MCB 4 A
6	Lampu indikator VAC dan VDC
7	Induktor
8	Transformator
9	Relay
10	Dioda
11	Capasitor
12	Resistor
13	PCB

3.3 Perancangan Konstruksi Alat

Pada perancangan konstruksi alat pada tahap ini dibagi tiga bagian penting, yaitu antara lain :

1. Perancangan bidang alas permukaan menara transmisi.
2. Perancangan dan penyusunan menara transmisi keseluruhan.
3. Pemasangan komponen pelengkap saluran transmisi.

3.3.1 Perancangan Bidang Alas Permukaan Menara Transmisi

Pada perancangan bidang alas permukaan menara menggunakan papan kayu triplek dengan dimensi : panjang 122 cm, lebar 185 cm, dan tebal 2 cm. Pemilihan bahan pada perancangan bidang alas ini berdasarkan kekuatan tetapi mudah dibentuk.

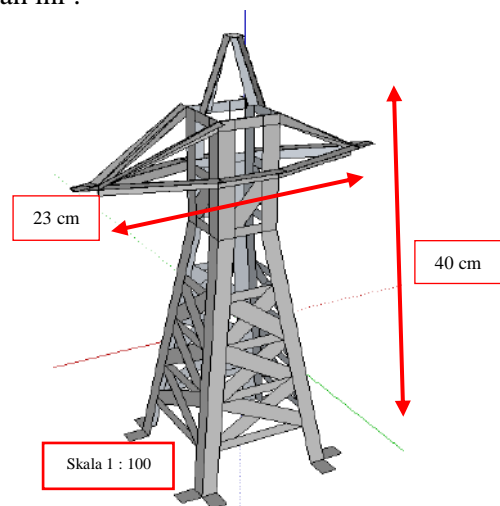
3.3.2 Perancangan dan penyusunan menara transmisi

Pembuatan menara transmisi ini dibangun menggunakan plat alumunium, alumunium siku, pemilihan alumunium dikarenakan mudah dibentuk dan ditemukan. Selanjutnya alumunium tersebut dipotong-potong perbagian dengan ukuran yang telah direncanakan dan bagian-bagian alumunium tersebut disusun dan direkatkan menggunakan mur dan baut yang dipasang secara kokoh. Pada menara transmisi ini mempunyai bentuk seperti huruf “T” dengan tinggi dan lebarnya adalah 40 cm x 23 cm, dan jarak vertikal simpul utama adalah 5,5 cm. Adapun ukuran bagian-bagian menara ditulis pada tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2 Rancang Bagian Menara Transmisi

No.	Pengerjaan	Ukuran (cm)	Jumlah (buah)
1.	Simpul utama menara (horizontal) adalah :		
	- Simpul utama pertama		
	- Simpul utama kedua	5	12
	- Simpul utama ketiga	6,4	12
	- Simpul utama keempat	8	12
	- Simpul utama kelima	9,5	12
		11,2	12
Total			60
2.	Simpul bantu Menara (diagonal) adalah :		
	- Simpul bantu pertama		
	- Simpul bantu kedua	8,5	12
	- Simpul bantu ketiga	9,4	24
	- Simpul bantu keempat	10,8	24
		12	24
Total			84
3.	Simpul untuk Arrester (diagonal) adalah :		
	- Simpul kiri		
	- Simpul kanan	7	3
Total			6

Selanjutnya hasil dari tabel 2 di atas adalah acuan untuk perancangan menara transmisi disusun dan dipasang sedemikian rupa, perancangan tiang ini menggunakan perbandingan 1 : 100 dalam centi meter (cm) sehingga membentuk seperti pada gambar 6 di bawah ini :



Gambar 6 Bentuk Rancang Menara Transmisi

3.3.3 Perancangan Komponen Pelengkap Saluran Transmisi Daya Arus Searah (TDAS)

Dalam sistem transmisi daya arus searah terdapat beberapa komponen yang sangat penting dalam perancangan saluran transmisi daya arus searah yaitu :

1. Perancangan gardu induk (GI) konverter
2. Perancangan gardu induk (GI) inverter.

3.4. Perancangan Sistem Transmisi Daya Arus Searah (TDAS)

Model transmisi daya arus searah yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah tipe saluran jenis bipolar. Pada dasarnya saluran jenis ini memiliki dua polaritas yaitu kutub positif dan negatif, dalam sistem transmisi daya arus searah hanya bagian transmisinya saja yang berarus searah. Diagram pengawatan dan hasil perancangan dari sistem transmisi daya arus searah terdapat pada gambar 7 di bawah ini :



Gambar 7 Hasil Perancangan Sistem TDAS

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

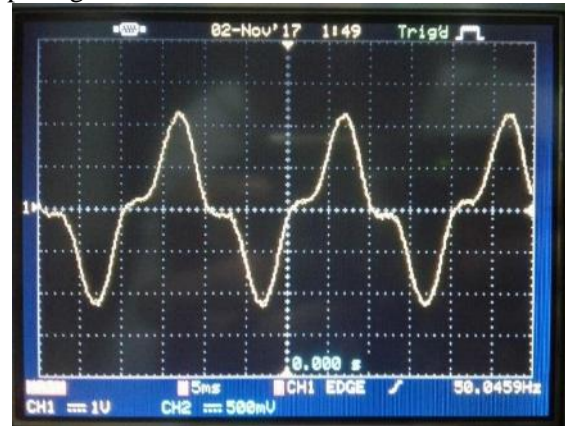
4.1 Pengujian

Setelah perancangan dan pembuatan alat maka langkah selanjutnya adalah menguji dan menganalisa alat. Untuk melakukan pengujian tersebut diperlukan alat uji atau alat ukur, adapun alat-alat tersebut yaitu:

1. AVO Meter atau Multimeter
2. Osiloskop digital
3. Watt Meter
4. Variac 3 fasa (Potensio Transformator)
5. Clamp meter

4.2 Analisa Pada Gardu Induk (GI) Konverter

Dalam pengujian pada peralatan konverter diperlukan alat ukur multimeter untuk mengukur tegangan keluaran pada konverter. Tegangan input untuk pengujian adalah : 20_{L-L} . Adapun bentuk gelombang dari tegangan input untuk pengujian di tunjukkan pada gambar 8 di bawah ini :



Gambar 8 Bentuk Gelombang Dari Tegangan Input

4.2.1 Perhitungan tegangan keluaran pada konverter

dalam perancangan ini jenis konverter yang digunakan adalah konverter 3 fasa setengah gelombang terkendali. Berikut adalah perhitungan tegangan keluaran pada rangkaian konverter menggunakan persamaan 1 sebagai berikut:

- Perhitungan untuk tegangan input $20_{V_{L-L}}$.

$$\cos \alpha = 0$$

Keterangan : $\cos \alpha =$ Sudut Penyalaan Trigger

Jadi,

$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3} V_m}{2\pi} \cos \alpha$$

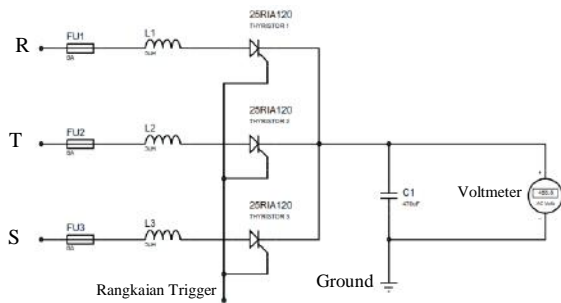
$$V_{dc} = \frac{3\sqrt{3} \times 20 \text{ V} \times \sqrt{2}}{2\pi \times \sqrt{3}} \cos 0$$

$$V_{dc} = 13,50 \text{ Volt}$$

4.2.2 Pengukuran tegangan keluaran pada konverter

Setelah pendekatan teoritis telah dilakukan dengan cara menghitung tegangan keluaran dengan persamaan di atas, maka selanjutnya adalah membuktikan dengan mengukur tegangan keluaran dengan menggunakan avometer, avometer yang digunakan adalah merk SANWA PC 500a. Berikut adalah

gambar skema prosedur pengukuran untuk keluaran konverter pada gambar 9 di bawah ini :



Gambar 9 Skema Prosedur Pengukuran Rangkaian Konverter

Dengan melihat skema dan prosedur pengukuran di atas, maka dapat dilakukan pengukuran untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Berikut adalah hasil pengukuran tegangan keluaran dari konverter terdapat pada tabel 3 di bawah ini :

Tabel 3 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran Konverter

No.	Tegangan Input (Vac)	Pengukuran Tegangan Keluaran (Vdc)
1	20	21,14

Berikut adalah bentuk gelombang dari rangkaian konverter di atas yang diambil menggunakan osiloskop, terdapat pada gambar 10 di bawah ini :

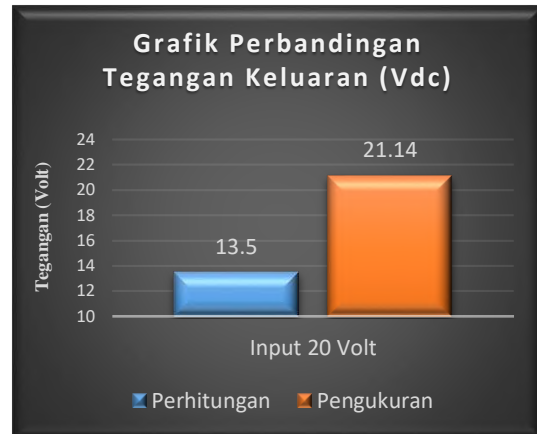


Gambar 10 Bentuk Gelombang Pada Rangkaian Konverter

4.2.3 Analisa tegangan keluaran pada konverter

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dan pengukuran maka bisa dianalisa bahwa tegangan keluaran hasil perhitungan dan pengukuran ini memiliki selisih yang jauh berbeda dikarenakan terdapat kapasitor

sebagai filter setelah keluaran konverter, hal ini bisa diamati melalui gambar 11 di bawah ini :



Gambar 11 Grafik Perbandingan Tegangan Keluaran Konverter

Berdasarkan data pada gambar grafik 11 diatas bisa di analisa bahwa persentase selisih hasil perhitungan dan pengukuran terdapat di bawah ini dengan menggunakan persamaan 3:

- Persentase selisih untuk tegangan input 20 V_{L-L} .

Persentase(%)=

$$\frac{\text{Hasil Pengukuran} - \text{Hasil Perhitungan}}{\text{Hasil Pengukuran}}$$

$$\times 100\%$$

$$= \frac{21,14 \text{ Volt} - 13,50 \text{ Volt}}{21,14 \text{ Volt}} \times 100\%$$

$$= 36,14\%$$

4.3 Analisa Rugi-rugi Saluran Pada Sistem Transmisi Daya Searah (TDAS)

Analisa rugi-rugi pada saluran sistem TDAS, antara lain adalah pada saluran kabel transmisi pada prinsipnya setiap pengiriman tenaga listrik melalui kabel penghantar tidak akan sepenuhnya terkirim, hal ini dikarenakan pada kabel penghantar memiliki nilai resistansi walaupun nilainya sangatlah kecil. Perlu diingat dalam sistem TDAS tidak memiliki sifat kapasitansi dalam induktansi pada saluran, dikarenakan arus searah tidak memiliki frekuensi.

4.3.1 Hasil pengukuran tegangan pada penghantar saluran transmisi

Setelah dilakukan pengujian pengukuran tegangan pada penghantar saluran transmisi berdasarkan dengan prosedur skema rangkaian diatas, maka didapat hasil pengukuran yang

ditunjukkan dalam tabel 4 sampai dengan 7 di bawah ini :

Tabel 4 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Penghantar Saluran Transmisi Tanpa Beban

Perco baan	Tegangan Input (Vac)	TeganganKirim/Vk (Vdc)	TeganganTerima/Vt (Vdc)
1	20	20,99	20,97
2	20	21,09	21,08
3	20	21,07	21,05
4	20	21,03	21,01
5	20	21,06	21,04
Rata-rata :		21,04	21,03

Tabel 5 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Penghantar Saluran Transmisi Dengan Beban Inverter

Perco baan	Tegangan Input (Vac)	TeganganKirim/Vk (Vdc)	TeganganTerima/Vt (Vdc)
1	20	13,45	12,59
2	20	13,42	12,63
3	20	13,42	12,64
4	20	13,30	12,55
5	20	13,44	12,64
Rata-rata :		13,40	12,61

Tabel 6 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Penghantar Saluran Transmisi Dengan Beban Lampu Pijar 45 Watt

Percobaan	Tegangan Input (Vac)	TeganganKirim/Vk (Vdc)	TeganganTerima/Vt (Vdc)
1	20	10,57	9,06
2	20	10,77	9,36
3	20	10,79	9,34
4	20	10,86	9,46
5	20	10,83	9,51
Rata-rata :		10,76	9,34

Tabel 7 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Penghantar Saluran Transmisi Dengan Beban Lampu CFL 24 Watt

Perco baan	Tegangan Input (Vac)	TeganganKirim/Vk (Vdc)	TeganganTerima/Vt (Vdc)
1	20	11,90	10,79
2	20	11,20	9,91
3	20	11,32	10,00
4	20	11,33	10,02
5	20	11,34	10,03
Rata-rata :		11,41	10,15

Berdasarkan data pengujian diatas maka dapat dihitung jatuh tegangan disisi pengiriman dan penerima pada penghantar saluran transmisi. Perhitungan jatuh tegangan pada penghantar saluran transmisi tanpa beban, dengan beban inverter, dengan beban lampu pijar 45 Watt dan lampu CFL 24 Watt seperti di bawah ini dengan menggunakan persamaan 2 :

1. Perhitungan jatuh tegangan tanpa beban :

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_k - V_t \\ &= 21,04 - 21,03 \text{ Volt} \\ &= 0,01 \text{ Volt} \end{aligned}$$

2. Perhitungan jatuh tegangan dengan beban inverter :

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_k - V_t \\ &= 13,40 \text{ Volt} - 12,61 \text{ Volt} \\ &= 0,79 \text{ Volt} \end{aligned}$$

3. Perhitungan jatuh tegangan dengan beban lampu pijar 45 watt :

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_k - V_t \\ &= 10,76 \text{ Volt} - 9,34 \text{ Volt} \\ &= 1,42 \text{ Volt} \end{aligned}$$

4. Perhitungan jatuh tegangan dengan beban lampu CFL 24 watt :

$$\begin{aligned} \Delta V &= V_k - V_t \\ &= 11,41 \text{ Volt} - 10,15 \text{ Volt} \\ &= 1,26 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Presentase jatuh tegangannya :

- I. Presentase jatuh tegangan tanpa beban :

$$\begin{aligned} \Delta V (\%) &= \frac{V_k - V_t}{V_k} \times 100\% \\ \Delta V (\%) &= \frac{21,04 \text{ Volt} - 21,03 \text{ Volt}}{21,04 \text{ Volt}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\Delta V (\%) = 0,00047\%$$

- II. Presentase jatuh tegangan dengan beban inverter :

$$\begin{aligned} \Delta V (\%) &= \frac{V_k - V_t}{V_k} \times 100\% \\ \Delta V (\%) &= \frac{13,40 \text{ Volt} - 12,61 \text{ Volt}}{13,40 \text{ Volt}} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\Delta V (\%) = 0,058\%$$

- III. Presentase jatuh tegangan dengan beban lampu pijar 45 watt :

$$\Delta V (\%) = \frac{V_k - V_t}{V_k} \times 100\%$$

$$\Delta V (\%) = \frac{10,76 \text{ Volt} - 9,34 \text{ Volt}}{10,76 \text{ Volt}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,42 \text{ Volt}}{10,76 \text{ Volt}} \times 100\%$$

$$\Delta V (\%) = 0,131\%$$

IV. Presentase jatuh tegangan dengan beban lampu CFL 24 watt :

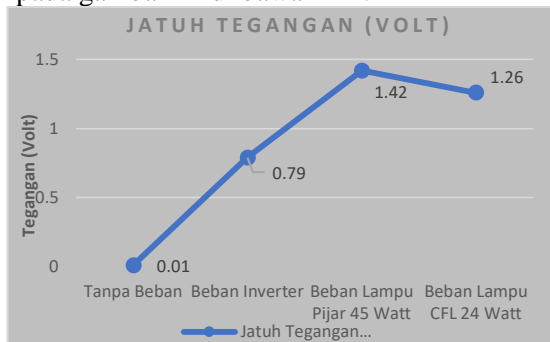
$$\Delta V (\%) = \frac{V_k - V_t}{V_k} \times 100\%$$

$$\Delta V (\%) = \frac{11,41 \text{ Volt} - 10,15 \text{ Volt}}{11,41 \text{ Volt}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,26 \text{ Volt}}{11,41 \text{ Volt}} \times 100\%$$

$$\Delta V (\%) = 0,110\%$$

Berikut adalah grafik jatuh tegangan pada penghantar saluran transmisi yang ditunjukkan pada gambar 12 di bawah ini :



Gambar 12 Grafik Jatuh Tegangan Pada Saluran transmisi

4.4 Analisa Rugi-Rugi Pada Gardu Induk (GI) Inverter

Pada pengujian ini tegangan transmisi diatur mulai 12 Volt sampai dengan 15 Volt, hal ini dikarenakan input tegangan kerja inverter adalah 12 Volt sampai dengan 15 Volt.

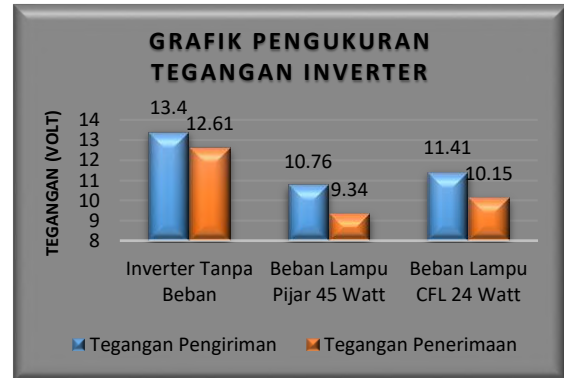
4.4.1 Pengujian pengukuran pada rangkaian inverter 3 phasa

Skema pengujian sangat perlu dilakukan dalam pengujian alat agar prosedur pengujian tersusun dengan baik. Berikut adalah beban yang digunakan pada pengujian rangkaian inverter yang ditunjukkan dalam tabel 8 di bawah ini :

Tabel 8 Daftar Jenis Beban Untuk Pengujian

No.	Beban	Daya (Watt)	Tegangan (Volt)	Frekuensi (Hz)
1	3 Lampu CFL 8 Watt	24	220 – 240	50 – 60
2	3 Lampu Pijar 15 Watt	45	220 – 240	50 – 60

Berikut adalah grafik dari hasil pengukuran tegangan pada rangkaian inverter ditunjukkan pada gambar 13 di bawah ini :



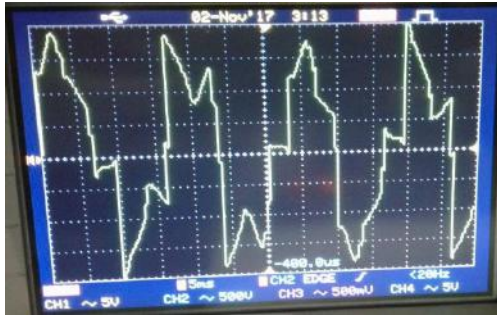
Gambar 13 Grafik Pengukuran Tegangan Pada Inverter

Pada gambar 13 di atas ditunjukkan grafik hasil dari pengukuran tegangan inverter di sisi pengiriman dan disisi penerimaan dengan tiga percobaan yang berbeda yaitu, inverter tanpa beban, inverter menggunakan beban lampu pijar 45 watt dan inverter menggunakan beban lampu CFL 24 watt. Adapun grafik dari hasil pengukuran arus pada rangkaian inverter di tunjukkan pada gambar 14 di bawah ini :



Gambar 14 Grafik Pengukuran Arus Pada Inverter

Pada gambar 14 di atas ditunjukkan grafik hasil dari pengukuran arus inverter di sisi pengiriman dan disisi penerimaan dengan tiga percobaan yang berbeda yaitu, inverter tanpa beban, inverter menggunakan beban lampu pijar 45 watt dan inverter menggunakan beban lampu CFL 24 watt. Adapun bentuk gelombang dari rangkaian inverter yang di ambil menggunakan osiloskop di tunjukan pada gambar 15 di bawah ini :



Gambar 15 Bentuk Gelombang Pada Inverter

Pada gambar 15 di atas ditunjukkan bentuk gelombang dari inverter yang di ambil menggunakan osiloskop, bentuk gelombang tersebut merupakan hasil pengukuran antara netral dengan fasa pada keluaran tegangan dari rangkaian inverter.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan pengujian alat, selanjutnya dapat diperoleh kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Tegangan keluaran DC dari rangkaian konverter antara perhitungan pada tegangan 20 volt AC adalah 13,50 volt DC dengan hasil pengukuran pada tegangan 20 volt AC adalah 21,14 volt DC, selisih sebesar 36,14%, hal ini dikarenakan dipasang kapasitor setelah keluaran konverter yang berfungsi sebagai filter.
2. Jatuh tegangan akibat kabel penghantar pada saluran transmisi tanpa beban dengan tegangan kirim (V_k) 21,04 volt DC dan tegangan terima (V_t) 21,03 volt DC selisih tegangan sebesar 0,01 volt dalam persentase sebesar 0,00047%, dengan beban inverter tegangan kirim (V_k) 13,40 volt DC dan tegangan terima (V_t) 12,61 volt DC selisih tegangan sebesar 0,79 volt dalam persentase sebesar 0,058%, dengan beban lampu pijar 45 watt tegangan kirim (V_k) 10,76 volt DC dan tegangan terima (V_t) 9,34 volt DC selisih tegangan sebesar 1,42 volt dalam persentase sebesar 0,131%, dengan beban lampu CFL 24 watt tegangan kirim (V_k) 11,41 volt DC dan tegangan terima (V_t) 10,15 volt DC selisih tegangan sebesar 1,26 volt dalam perentase sebesar 0,110%, hal ini dikarenakan

sistem TDAS tidak memiliki rugi-rugi kapasitansi dan induktansi.

3. Inverter dengan tegangan sumber yang sama yaitu 13,50 volt pada keadaan tidak terpasang beban menerima tegangan rata-rata 12,61 volt dan arus rata-rata 1,65 amper, dengan beban lampu pijar 45 Watt menerima tegangan rata-rata 9,34 volt dan arus rata-rata 3,10 amper dan dengan beban lampu CFL 24 Watt menerima tegangan rata-rata 10,15 volt dan arus rata-rata 3,01 ampere.

5.2 SARAN

Setelah dilakukannya pengujian dan analisa, adapun saran yaitu sebagai berikut:

1. Untuk sudut penyalan thyristor bisa di coba dengan sudut penyalan yang lain (bukan nol) sudut penyalannya.
2. Hasil gelombang tegangan inverter kurang bagus (bukan sinusoidal) sehingga harmonisa juga kurang bagus, agar gelombang tegangan inverter mendekati sinusoidal bisa digunakan metode *Pulse Width Modulation (PWM)*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Vijay K, 2004, HVDC and FACTS Controllers Applications od Static Converter in Power System, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [2] Ariwibowo dan Desmira, 2016, Analisis Kerugian Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 KV Unit Pelayanan Transmisi Cilegon Baru-Cibinong, Jurnal.Untirta.ac.id, Vol. 1, No.1.
- [3] Artono, 2004, Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik II, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [4] Istanto W. Djatmiko, 2010, Elektronika Daya, Kementrian Pendidikan Nasional Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- [5] Usman, 2017, Perancangan dan Pembuatan Trainer Penyearah Terkendali 3 Fasa, Jurnal Teknologi Terpadu, Vol. 5, No. 1
- [6] Muahammad H., 1999, Elektronika Daya Jilid I, Prenhallindo, Jakarta.
- [7] Basri H, 1997, Sistem Distribusi Daya listrik, ISTN, Jakarta.

PENULIS



1) Riyan Ramadani, ST.
Alumni (2017) Program Studi
Teknik Elektro Fakultas
Teknik Universitas Pakuan
Bogor.

PEMBIMBING

**2) Prof. Dr. Ir. H. Didik
Notosudjono., M. Sc.** Selaku
Guru Besar Program Studi
Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas
Pakuan Bogor. **3) Agustini Rodiah Machdi,
ST., MT.** Staf Dosen Program Studi Teknik
Elektro Fakultas Teknik Universitas Pakuan
Bogor.