

Perancangan dan Pembuatan Rectifier Penguat DC 30 KV untuk Optimasi Polling pada Film Tipis PVDF

Design and Development of 30 KV DC Rectifier Amplifier for Polling Optimization on PVDF Thin Film

Ambran Hartono^{1*)}, Mitra Djamal², Suparno Satira², Herman Bahar², Ramli³ dan Dadang²

¹Jurusan Fisika, FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

²Jurusan Fisika, FMIPA Institut Teknologi Bandung

³Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

*)Email: ambranhartono@yahoo.com

ABSTRACT

DC high voltage amplifier is one of the important components to support of PVDF thin films polling equipment. Hardware polling is a very important tool in the characterization of PVDF thin films to increase piezoelectric properties. The existence of the problem will be difficult to obtain a high voltage DC sources of lead in the market encouraged us to design and create high-voltage DC source. In research that has been done I've been able to design and create high-voltage amplifier 30 KV DC as a producer of high electric field. To validate the performance of this high voltage DC amplifier has created further testing and measuring the output voltage. Testing is performed to determine precision, accuracy and stability of the output voltage of the amplifier for more than 60 minutes. From the test results and output measurements performed show that the relative error of 4.5%. Tool output stability is good enough for a span of 30 minutes. This indicates that the design and manufacture of high DC voltage gain have been successful.

Keywords: DC Amplifier, electric field, high voltage, polling, PVDF Film

PENDAHULUAN

Poling Termal merupakan suatu metode pemberian medan listrik tinggi pada sampel film tipis. Sistem poling ini adalah salah satu metode transformasi fasa pada PVDF. Pemberian medan listrik tinggi ini dilakukan untuk mempengaruhi orientasi dipol listrik fasa α sehingga menjadi polar, Kawai (1975). Adapun metode poling termal sendiri yaitu metode poling yang dilakukan dengan memberikan medan listrik yang tinggi pada temperatur tinggi sampai selang waktu yang ditentukan kemudian temperatur diturunkan secara berkala hingga temperatur kamar. Temperatur dalam metode ini dipakai pada temperatur di bawah melting point polimer yang dipakai dalam hal ini PVDF. Temperatur ini digunakan agar mobilitas gerak internal molekul cukup tinggi dan bebas bergerak sehingga memudahkan untuk mengorientasikan diri menjadi fasa polar yang diinginkan, Fadli (2012).

Pemberian medan listrik yang tinggi ini merupakan salah satu faktor untuk

meningkatkan sifat piezoelektrik dari film tipis PVDF. Sifat piezo elektrik ini mencirikan kualitas film tipis PVDF. Semakin baik sifat piezoelektrik film PVDF maka akan semakin baik pula kualitas film PVDF untuk dijadikan sebagai material transduser piezoelektrik.

Instrumen pendukung yang berperan sangat penting pada alat poling termal ini adalah sumber penghasil penguat tegangan tinggi DC. Sampai saat ini justru sangat sulit untuk mendapatkan sumber penghasil penguatan tinggi DC dipasaran. Karena permasalahan ini dan pentingnya instrument ini mendorong kami untuk merancang dan membuat rectifier penguat DC tegangan tinggi 30 KV.

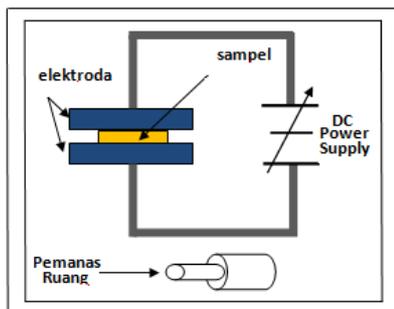
Poling Termal

Das Gupta dkk. Pada tahun 1979 sendiri mengatakan bahwa perubahan orientasi fasa α menjadi fasa β terjadi dengan pemberian medan listrik tinggi sebesar 3 MV/cm. Sedangkan, Hidayat Kurnia (1998), dalam penelitian tugas akhirnya menggunakan tegangan 1 kV dengan kekuatan medan listrik 0,38 MV/cm. Sehingga hasil penelitian yang

didapat tidak mendapatkan adanya perubahan fasa pada sampel yang ditelitinya.

Freddy Haryanto (1994) memberikan kekuatan medan listrik sebesar 276, 263, dan 346 kV/cm dengan besar tegangan 1,5 kV. Hasilnya pun sama, tidak mengalami perubahan yang signifikan terhadap polarisasi. Teta Pratiwi (2009) pada penelitiannya juga hanya memakai medan yang kecil dengan tegangan maksimum sampai 5 kV sehingga perubahannya juga kurang signifikan.

Poling termal menggunakan suatu elektroda yang dengan tujuan untuk menginduksi muatan supaya merata pada sampel untuk mengorientasikan dipole-dipolnya. Desain penentuan elektroda disini sangat perlu diperhatikan, Fadli (2012). Secara skematik kondisi poling pada sampel diperlihatkan dalam Gambar 1.



Gambar 1 Skema poling

Bagian-bagian penting dari peralatan poling termal adalah sebagai berikut:

1. Elektroda sebagai penginduksi muatan
2. Pemanas merupakan sumber pemanas pada perangkat poling
3. Power Suplai DC

Material Piezoelektrik

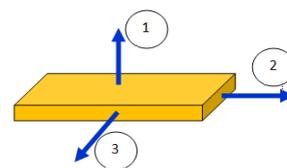
Secara sederhana, sifat piezoelektrik pada material bergantung pada kemampuan material tersebut terhadap polarisasi dipole-dipolnya dan elastisitas bahan tersebut terhadap tekanan dan regangan. Broadhurst dan David menyampaikan ada beberapa hal yang menentukan syarat material khususnya material polimer untuk dapat dikatakan polimer yang memiliki sifat piezoelektrik, antara lain yaitu^[6]:

1. Keberadaan molekul dipolnya yang permanen.
2. Kemampuan mengatur/mengorientasikan molekul dipol.
3. Kemampuan menyokong penjarangan dipol.

4. Kemampuan bahan menyesuaikan diri ketika diberikan deformasi mekanik seperti tarikan, tekanan maupun regangan.

Ada tinjauan gaya mekanik pada bahan film PVDF ini sehingga dapat timbul efek piezoelektrik. Tinjauan gaya mekanik ini berupa *strain* (regangan) piezoelektrik dan *stress* (tekanan) piezoelektrik. Untuk mengetahui tingkatan respon piezoelektriknya kita melihat besar kecilnya konstanta piezoelektrik yang dimiliki oleh masing-masing yaitu konstanta piezoelektrik *strain* (d) dan *stress* (g). Konstanta *strain* piezoelektrik adalah suatu nilai *strain* (regangan) mekanik yang timbul akibat adanya pemberian tegangan pada sampel. Sedangkan konstanta *stress* piezoelektrik adalah suatu nilai tegangan yang dihasilkan akibat adanya deformasi bahan akibat suatu *stress* mekanik pada bahan.

Dengan meninjau keberadaan suatu sampel film yang dibuat, maka akan ada tiga sumbu yang akan mempengaruhi konstanta *strain* dan *stress* piezoelektrik ini. Film PVDF yang dibuat dapat kita anggap sebagai suatu balok yang memiliki panjang, lebar dan tinggi. Ketiga sumbu yang kita maksud terdapat pada panjang, lebar dan tinggi (dalam hal ini ketebalan film). Sumbu 1 menyatakan arah normal film yang tegak lurus dengan permukaan film dan sejajar dengan ketebalan film, sumbu 2 menyatakan arah tarikan panjang film dan sumbu 3 merupakan arah tarikan lebar film seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.

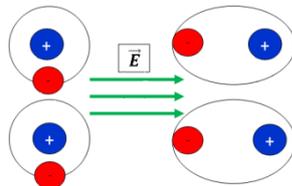


Gambar 2 Sumbu-sumbu pada film PVDF

Terlihat pada sumbu 3 (tinggi dari balok/sampel film) menandakan ada faktor ketebalan pada film sehingga perlu ada tinjauan mengenai faktor ketebalan ini terhadap efek piezoelektrik pada film. Vektor polarisasi spontan yang terjadi juga bergantung pada volume dari bahan itu sendiri. Jika kita tinjau dari medan listrik yang dibutuhkan untuk polarisasi, maka film yang tipis akan mudah untuk terpolarisasi karena memiliki polaritas yang besar dikarenakan volumenya yang kecil. Medan listrik yang diberikan dari sumber

tegangan kepada sampel harus besar jika film itu masih memiliki ketebalan yang tinggi agar terjadi polarisasi yang besar. Namun, dengan tegangan yang agak rendah akan menghasilkan medan listrik yang besar tatkala ketebalan film memiliki orde yang sangat tipis. Hal ini akan sesuai dengan teori pada listrik magnet klasik bahwa medan listrik berbanding terbalik dengan jarak di mana dalam hal ini ketebalan film.

Momen dipol listrik dapat diarahkan dengan suatu medan listrik. Proses penyearahan momen dipol listrik yang dipengaruhi oleh medan listrik dari luar ini disebut dengan polarisasi. Ketika tidak ada gangguan medan listrik dari luar, maka muatan negatif pada suatu molekul bahan terdistribusi merata dengan muatan positif sehingga pusat dari keduanya hampir berimpit sehingga tidak ada momen dipol yang terjadi. Namun, ketika medan listrik dari luar mempengaruhi bahan tersebut, maka muatan positif akan terdorong ke arah searah dengan medan listrik dari luar tersebut sedangkan muatan negatif akan ditarik ke arah berlawanan dengan arah medannya (Gambar 3) sehingga terjadi pergeseran arah dari keduanya yang kemudian menimbulkan momen dipol listrik. Arah momen dipol listriknya sendiri searah dengan medan listrik yang diberikan dari luar.



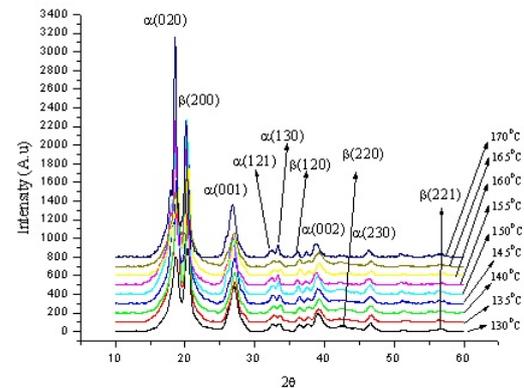
Gambar 3 Proses deformasi polarisasi sebelum adanya medan listrik eksternal dan setelah adanya medan listrik luar.

Konstanta piezoelektrik juga bergantung pada bentuk Kristal dan kondisi proses pengkutuban yang dilakukan. Piezoelektrik cukup stabil pada temperatur kamar dan temperatur tinggi. Aktifitas piezoelektriknya sendiri bergantung pada respon polarisasi rimanen yang terkandung pada film yang dibuat.

Transformasi Fasa pada Polimer PVDF

Sifat piezoelektrik pada film PVDF tergantung pada banyaknya fasa β yang terkandung pada

film tipis PVDF. Hasil transformasi dari fasa α ke fasa β untuk variasi temperatur diperlihatkan pada Gambar 4, Ambran (2013).



Gambar 4 Hasil XRD untuk temperatur 130°C s/d 170°C

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa fasa ini bersifat polar. Oleh karena itu, banyak orang yang memberikan metode bagaimana memperoleh fasa tersebut melalui pergeseran-pergeseran fasa atau orang lebih menyebut dengan metode transformasi fasa/transisi polimorfi. Ada beberapa hal yang mengakibatkan transformasi fasa pada film PVDF. Transformasi fasa ini ditinjau dari beberapa parameter antara lain yaitu medan listrik, temperatur dan tekanan. Ketiga parameter ini merupakan sebagian dari parameter lain yang memungkinkan dapat melakukan transformasi fasa.

Proses transformasi fasa atau transisi jenis polimorfi pada PVDF erat kaitannya dengan keberadaan orientasi dipol pada tiap fasanya. Ada beberapa cara yang dilakukan untuk menyearahkan orientasi dipol-dipol tersebut. Transformasi ini dapat dilakukan secara induksi mekanik, panas, listrik serta energi radiasi. Beberapa metode transformasi pada penyearahan orientasi dipol ini antara lain sebagai berikut:

- a. Transformasi Akibat Tekanan Tinggi Matsushige dan Takamura melakukan percobaan mengenai pengaruh pemanasan di bawah tekanan tinggi. Percobaan tersebut menunjukkan adanya transformasi α menjadi β . Fasa α meleleh pada titik didih sekitar 286°C dengan tekanannya sekitar 4 kbar. Pembentukan fasa β ini ditunjukkan pada pengamatan peristiwa eksoterm pada 294°C.
- b. Transformasi Akibat Deformasi Mekanik

Penarikan bahan film tipis PVDF dapat mengakibatkan fasa α non polar berubah menjadi fasa β yang bersifat polar. Penarikan ini misalnya dengan tensile tester. Penarikan ini terjadi pada temperatur antara 50-100°C⁽⁴⁾. Nenen dkk⁽⁵⁾ mengatakan bahwa pembentukan fasa β yang lebih dominan dibandingkan α terjadi pada temperatur penarikan antara 50°C dan 80°C dengan ratio penarikan antara 3,5 dan 6 kali panjang semula. Pada temperatur penarikan di atas 120°C tidak terjadi lagi transformasi sempurna dari fasa α ke β .

- c. Transformasi Akibat Induksi Elektrik
Transformasi jenis ini dilakukan dengan cara memberikan induksi elektrik berupa medan listrik yang tinggi sehingga menyebabkan transisi fasa dari fasa α non polar menjadi polar. Medan listrik tinggi ini akan mempengaruhi orientasi dipol listrik fasa α sehingga menjadi polar.
- d. Transformasi Akibat Induksi Radiasi

Gal'perin dan Kosmyrin melakukan transisi untuk fasa α dengan γ -irradiasi pada 500 Mrad atau lebih. Transformasi sebagian dari sampel ini menjadi fasa β . Jika dengan pelelehan atau pelarutan dan rekristalisasi, maka fasa β akan lebih dominan lagi. Transisi ini dapat dilihat dari perubahan yang ditunjukkan dengan pengenalan cacat selama radiasi di mana terjadi pengurangan tarikan dalam semua konformasi *trans* tetapi menyebabkan peningkatan pengaturan TGTG, Hasegawa (1972).

Dari keempat jenis penyebab adanya transformasi fasa tersebut, salah satu jenis yang akan dipakai pada penelitian ini yaitu transformasi akibat adanya medan listrik tinggi. Metode yang akan dipakai untuk menerapkannya yaitu disebut metode pengkutuban (poling) termal. Untuk melaksanakan metode polling ini dibutuhkan sumber tegangan tinggi DC, hal ini dikarenakan sumber DC yang ada hanya untuk beberapa kilovolt saja. Sementara itu untuk pengadaan langsung dibutuhkan biaya yang cukup besar. Dengan alasan inilah dilakukan pembuatan Sumber tegangan tinggi DC 30 KV yang akan dipaparkan dalam paper ini.

METODE

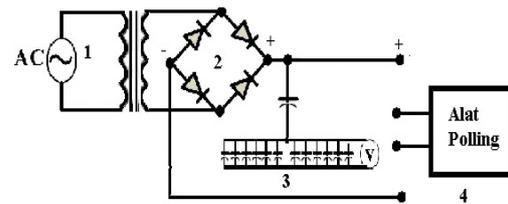
Pada bagian ini kami memaparkan tentang bagaimana merancang dan membuat instrument Rectifier penguat tegangan tinggi DC 30 KV.

Disain rangkaian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam disain rangkaian ini adalah sebagai berikut:

1. Besar tegangan keluaran yang diinginkan
2. Mempersiapkan komponen-komponen elektronika yang dibutuhkan
3. Penghitungan teoritik hasil keluaran tegangan.
4. Pembuatan rangkaian

Secara skematik rangkaian rectifier penguat tegangan tinggi DC diperlihatkan dalam Gambar 5.



Gambar 5 Skema rangkaian rectifier penguat tegangan tinggi DC

Peralatan dan komponen yang dibutuhkan

Untuk pembuatan rangkaian ini dibutuhkan beberapa peralatan dan komponen antara lain:

1. Transformator 30 KV, 250 volt 2 Ampere volt
2. 1 buah variak 1,5 KKVA 6 Ampere 220 volt
3. 4 buah diode HVDC 30 KV 1 A
4. 1 buah Kapasitor HV 30 KV 100 pF
5. 12 buah Kapasitor HV 1 KV 5000 pF
6. Voltmeter DC 50 Volt
7. Busbar Cu 2m
8. 4 set conctor
9. Kabel bakar 20 mm, 3m
10. 4 set kabel penghubung
11. PCB circuit
12. Solder
13. DII

Pembuatan Rangkaian

Setelah disain rangkaian dibuat selanjutnya dilakukan pembuatan rangkaian. Tahap pembuatan rangkaian dilakukan dengan langkah-langkah adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan dan yang dibutuhkan
2. Menempatkan perlatan dan komponen yang telah di rancang
3. Pemasangan alat dan komponen
4. Pemasangan konektor
5. Memeriksa semua alat dan komponen yang telah dipasang.
6. Menguji fungsi alat dari tiap terminal
7. Menguji keluaran rangkaian keseluruhan.
8. Kalibrasi keluaran rangkain

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kami telah berhasil merancang dan membuat rangkaian rectifier penguat tegagan DC 30 KV. Rangkaian yang kami buat ditunjukkan pada gambar 6, 7, 8.



Gambar 8 Rangkaian rectifier penguat tegangan tinggi DC 30 KV, tampak terkoneksi

Hasil Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan melalui dua tahapan pengujian yaitu pengujian presisi alat dan pengujian stabilitas alat. Hasil pengujian presisi dilakukan untuk tegangan input dari 0 – 100 volt dengan membandingkan tegangan keluaran secara teori dan eksperimen (keluaran diode). Data hasil pengujian diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian keluaran tegangan dari rectifier penguat dan keluaran secara teori untuk input 0 – 100 volt.

Input Variak (Volt)	Output Teori (Volt)	Output Dioda (Volt)
0	0	0
5	681,8182	164
10	1363,636	819,04
15	2045,455	1507,84
20	2727,273	2196,64
25	3409,091	2885,44
30	4090,909	3574,24
35	4772,727	4263,04
40	5454,545	4951,84
45	6136,364	5640,64
50	6818,182	6329,44
55	7500,000	7018,24
60	8181,818	7707,04
65	8863,636	8395,84
70	9545,455	9084,64
75	10227,27	9773,44
80	10909,09	10462,24
85	11590,91	11151,04
90	12272,73	11839,84
95	12954,55	12528,64
100	13636,36	13217,44



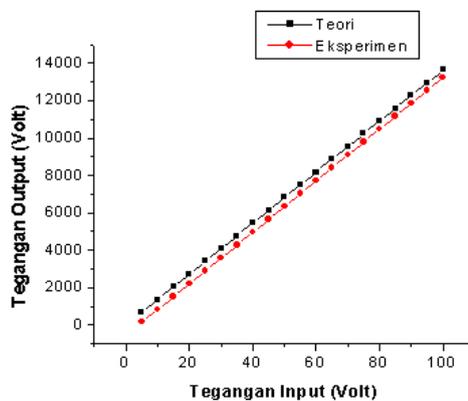
Gambar 6 Rangkaian rectifier penguat tegangan tinggi DC 30 KV



Gambar 7 Rangkaian rectifier penguat tegangan tinggi DC 30 KV, tampak atas

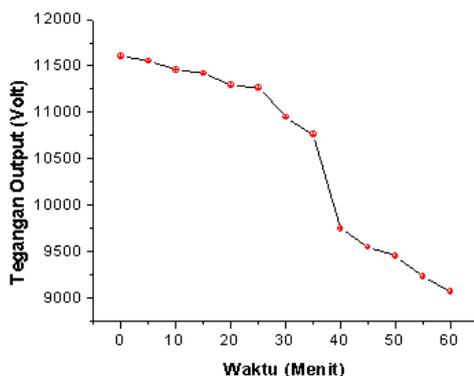
Grafik hubungan antara tegangan input variak yang diberikan terhadap tegangan keluaran secara teori dan respon tegangan keluaran eksperimen (diode) diperlihatkan pada gambar 9. Dari gambar 9 terlihat bahwa hasil keluaran terhadap tegangan input variak 0 – 100 volt memperlihatkan hubungan linieritas yang sangat baik dengan kesalahan relative sekitar 4,5%. Ini mengindikasikan bahwa alat yang dibuat bekerja dengan sangat baik.

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk melihat stabilitas dari alat yang telah dibuat. Pengujian dilakukan terhadap fluktuasi nilai tegangan keluaran yaitu untuk tegangan keluaran dengan input 100 volt. Pengujian dilakukan untuk rentang waktu 60 menit.



Gambar 9 Tegangan output travo terhadap variasi tegangan input

Hasil pengujian stabilitas keluaran alat ditunjukkan dalam gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10 Tegangan output Dioda terhadap lamanya waktu uji.

Dari hasil keluaran uji stabilitas yang ditunjukkan pada gambar 10 diatas memperlihatkan bahwa alat bekerja dengan

cukup baik dan cukup stabil dalam rentang waktu sampai 30 menit.

KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat rangkaian rectifier penguatan tegangan tinggi DC. Hasil pengujian keluaran dari travo dan rangkaian diode penyearah DC memperlihatkan hasil yang baik. Tegangan keluaran travo sebanding dengan 136 kali tegangan input. Kesalahan relative sekitar 45%. Stabilitas keluaran dari alat cukup baik untuk rentang waktu sekitar 30 menit. Untuk langkah selanjutnya perlu dilakukan optimasi dari alat yang dibuat seperti pembuatan alat ukur dengan kalibrator.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada “Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) UIN SYARIF HIDAYATULLAH JAKARTA” atas dukungan dana pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Kawai, H, Jpn. J. Appl. Phys.,**8**, 1969, 1975
- F. Rohman, G.R.F Suwandi, Efriwandi, dan S. Satira, 2012. *Pengaruh Ketebalan Film dan Medan Listrik Tinggi Terhadap Jumlah Fraksi β pada Polimer Poly(vinylidene fluoride)*, Prosiding Seminar Nasional Material 2012, hal. 74-76
- Davis, G. T., McKinney, J. E., Broadhurst, M. G. and Roth, S. C., J. Appl. Phys.,**49**, 1978, 4998
- Freddy Haryanto, 1994. *Pengaruh Proses Penarikan dan Poling terhadap Efek Piezoelektrik dari sampel Poly(vyniledene Fluoride)*, Skripsi, Fisika ITB,
- Pratiwi, Teta, 2009. *Prototype Fabrikasi Film PVDF dengan metode Calendring dan Karakterisasi Strukturnya*, Skripsi, Fisika ITB
- Gökhan.ÖZGEN, ME 493, Slides ” *Introduction to Smart Structur and Materials*”, Spring, METU, Ankara 2013-2014
- Lovinger Andrew, 1981. *Poly(vinylidene Fluoride)*, Bell Lab. New Jersey
- Hasegawa, R., et al, *Polymer J.*, 1972, 3, 600
- Ambran H, Mitra Djamal, 2013. Suparno, Herman Bahar Ramli, Edi Sanjaya, *”Effect of Mechanical Treatment Temperature on Electrical Properties and Crystallite Size of PVDF Film”*, Material Physics and Chemistry (AMPC), vol. 3, 2013, pp 71-76