
SIMULASI PEMBANGKITAN DAN PENGUKURAN TEGANGAN TINGGI DENGAN MENGGUNAKAN SELA BOLA

Wahyono

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jalan Prof. Sudarto, SH, Tembalang, kotak pos 6199/SMS/Sematang 50329
e mail : wahyono.haji@yahoo.co.id

Abstrak

Kemajuan teknologi pemrograman dengan komputer memudahkan dalam mempelajari teknik tegangan tinggi. Melalui program Delphi dapat mensimulasikan pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi. Tujuan simulasi ini untuk menampilkan pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi dengan metode sela bola dan untuk membandingkan dengan data percobaan. Dalam prakteknya melakukan pengujian tembus pada sela bola akan mendapatkan pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi. Pada saat tembus antara sela bola itulah di anggap tegangan maksimum yang konstan. Metode yang dipakai adalah mensimulasikan dengan program Delphi dan membuat animasi tegangan tembus antara sela bola berbagai jarak sela. Hasil yang amati dari pemrograman adalah pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi, membandingkan antara tegangan tembus standar dan tegangan pada keadaan sempit. Variasi perubahan temperatur dan tekanan barometer akan ditampilkan dalam makalah ini dan simulasi pembangkitan pengukuran tegangan tinggi arus bolak-balik, searah dan impuls. Dari hasil simulasi dan hasil pengukuran laboratorium ada perbedaan rata-rata 2,3 kilo volt atau 3,9 % dari hasil simulasi

Kata kunci : pembangkitan, pengukuran, sela bola

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya kegagalan isolasi pada alat-alat listrik disebabkan oleh kegagalan isolasinya dalam menjalankan fungsinya sebagai isolator sehingga terjadi lompatan elektron antara kedua kawat yang salah satu bertegangan atau keduanya.

Kegagalan isolasi ini disebabkan beberapa hal antara lain isolasi tersebut dipakai sudah lama, kerusakan mekanis, berkurangnya kekuatan dielektriknya, karena isolasi tersebut dikenakan tegangan lebih.

Pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi ini dimaksudkan untuk mengadakan pengujian-pengujian masalah yang kaitannya dengan tegangan tinggi. Maksud diadakan pengujian tegangan tinggi ini adalah :

1. Menentukan bahan yang kualitasnya tidak baik atau cara membuatnya salah.
2. Memberikan jaminan bahwa alat-alat dapat dipakai pada tegangan normal dalam jangka waktu yang terbatas.
3. Memberikan jaminan bahwa isolasi alat-alat listrik dapat tahan terhadap tegangan lebih dalam waktu yang terbatas.

Ada dua macam pengujian peralatan listrik terhadap tegangan tinggi yaitu :

- Pengujian yang bersifat merusak pada alat yang di uji
- Pengujian yang tidak merusak terhadap alat yang di uji.

Pengujian yang sifatnya tidak merusak misalnya pengukuran tahanan isolasi, pengukuran tegangan korona, dan lain sebagainya.

Pengujian yang bersifat merusak diklasifikasikan menjadi tiga tingkat yaitu :

- a. Pengujian ketahanan : pengujian pada tegangan tertentu diterapkan pada waktu yang tertentu pula, bila tidak terjadi lompatan berarti pengujianya memuaskan.
- b. Pengujian pelepasan : dari pengujian tegangan ketahanan dinaikan sehingga terjadi pelepasan pada beban atau obyek yang di uji. Pengujian ini dapat dilakukan pada suasana kering atau basah.
- c. Pengujian kegagalan : pengujian ini tegangan dari pengujian (b) dinaikan sehingga terjadi kegagalan pada benda yang diuji.

1.1. Trafo pembangkit tegangan tinggi

Trafo yang dipakai untuk membangkitkan tegangan tinggi sering disebut trafo uji. Trafo ini mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

- Perbandingan jumlah lilitanya lebih besar dari pada trafo daya. Hal ini sebabkan trafo uji yang dipasang pada laboratorium tegangan yang diterapkan dengan tegangan input 127 volt sampai 220 volt sedangkan output yang harus dihasilkan adalah besarnya sampai beberapa ratus ribu volt.
- Kapasitas KVA-nya lebih kecil dibanding dengan trafo daya, karena untuk keperluan lompatan api tidak perlu daya yang besar melainkan tegangan yang besar.
- Trafo yang dipakai biasanya satu fasa, kecuali pada pengujian khusus yang memerlukan trafo tiga fasa.
- Satu ujung lilitannya biasanya ditanam dalam tanah untuk keperluan keamanan dan pengamanan terhadap manusia dan alat ujinya.
- Pada waktu merencanakan isolasi untuk trafo penguji hanya diperhitungkan isolasinya tahan terhadap tegangan penguji yang maksimum.

1.2. Pembangkitan tegangan tinggi bolak-balik frekwensi rendah

Trafo untuk membangkitkan tegangan tinggi dengan frekwensi rendah ini biasanya dibumikan salah satu ujung belitan tegangan tinggi seperti telah diterangkan diatas. Trafo untuk membangkitkan tegangan tinggi juga disebut trafo uji. Ada dua rangkaian dasar dari trafo uji seperti ditunjukkan pada gambar 1 dibawah ini



Gambar 2. Diode tegangan tinggi

E = belitan eksitasi

H = belitan tegangan tinggi

F = inti besi

Untuk membangkitkan tegangan yang sampai ratus ribu volt dipakai trafo bertingkat.

1.3. Pembangkitan tegangan tinggi searah

Sebelum adanya diode penyearah tegangan tinggi, maka orang menggunakan generator searah. Sekarang telah ditemukan diode tegangan tinggi sehingga orang dengan mudah untuk menggunakan dan memperoleh tegangan tinggi searah.

Pembangkitan tegangan tinggi searah dilaboraturium umumnya menggunakan diode semi konduktor yang terpasang seri pada kutub tabung hampa seperti pada gambar 2.

Untuk membangkitkan tegangan tinggi searah ada beberapa metode yaitu :

- Rangkaian penyearah setengah gelombang dengan kapasitor perata maupun tanpa kapasitor perata.
- Rangkaian Villard
- Rangkaian pelipat ganda Greinacher

1.4. Pengukuran tegangan tinggi bolak-balik.

Pengukuran tegangan tinggi bolak-balik tidak seperti pengukuran tegangan rendah. Ada beberapa metode pengukuran tegangan tinggi yaitu :

- Pengukuran tegangan tinggi dengan mengukur tegangan puncak memakai sela bola.
- Pengukuran tegangan puncak dengan kapasitor ukur
- Pengukuran dengan trafo tegangan dan lain sebagainya.

Pengukuran tegangan puncak dengan sela bola.

Sela bola dapat dipakai sebagai standar pengujian dan pengukuran tegangan tinggi, karena pada suatu keadaan tertentu dan diameter bola tertentu serta tekanan tertentu akan mempunyai tegangan

tembus tertentu pula. Jika tegangan yang diterapkan melampaui tegangan puncak maka dalam beberapa waktu dalam mikrodetik sela bola akan tembus. Selama selang waktu tersebut harga puncak tegangan bolak-balik frekuensi dianggap konstan. Tegangan tembus pada udara bebas terjadi pada harga puncak. Pada kondisi temperature dan tekanan atmosfer yang berbeda harus dikoreksi dengan menggunakan rumus :

Tegangan tembus setempat yang dikoreksi sama dengan tegangan tembus standar dikalikan dengan kerapatan udara. Dimana kerapatan udara ini tergantung dengan temperature dan tekanan atmosfer

1.5. Sistem Yang Disimulasikan

Dalam program simulasi ada tiga tiga system yang disimulasikan diambil dari buku pengantar teknik eksperimental tegangan tinggi karangan Deiter Kind dan buku petunjuk praktikum karangan Ir. Joko Darwanto :

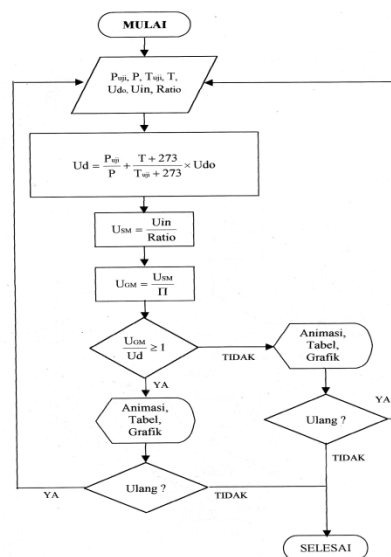
- Pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi bolak-balik frekuensi rendah
- Pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi searah
- Pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi Impuls yang terdiri dari Impuls surja petir dan Impuls surja hubung.

Dari ketiga model simulasi penulis menampilkan satu model yaitu pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi searah.

2. METODE SIMULASI

Program simulasi ini meliputi beberapa prosedur perencanaan baik dalam program Delphi maupun yang dibuat oleh penulis. Program yang akan dijelaskan adalah bagaimana cara pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi dengan metode sela bola, sedangkan masalah control pengamanan tidak dibahas dalam tulisan ini.

Pembangkitan dan pengukuran arus bolak-balik, searah dan impuls dengan sela bola tertentu dan diameter tertentu dan pada tekanan atmosfer dan suhu standar akan menghasilkan tegangan tembus tertentu sebagai tegangan puncak. Untuk pengukuran tegangan puncak dibatasi pada tembusnya tegangan antara sela bola. Diagram alir program simulasi pembangkitan dan pengukuran tegangan searah seperti pac



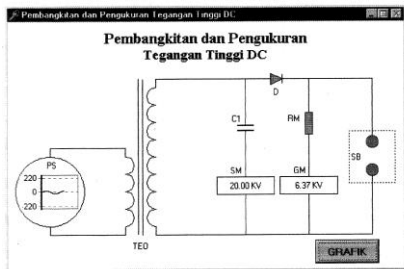
Gb. 3. Diagram alir

Rancangan program simulasi tidak melebihi dari tegangan satu Mega volt dan hasil simulasi meliputi :

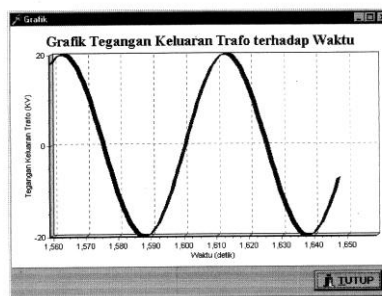
- Pengukuran tegangan tembus terhadap sela bola, dimana diameter bola, suhu uji, tekanan atmosfer tetap.
- Pengukuran tegangan tembus terhadap suhu, dimana diameter bola, tekanan atmosfer dan sela bola tetap.
- Pengukuran tembus terhadap tekanan dimana diameter bola, suhu uji dan sela bola tetap

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model yang disimulasikan dari pembangkitan dan pengukuran tegangan tinggi searah pada gambar 4.

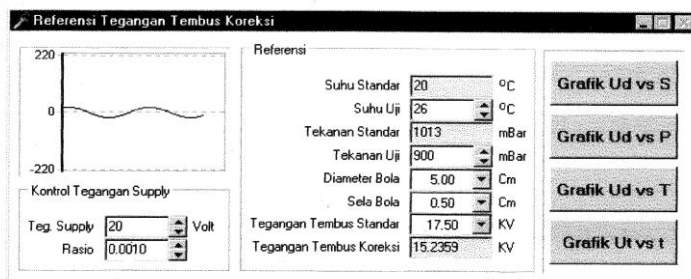


Gb.4. Pembangkitan dan pengukuran DC



Gb. 5. Keluaran tegangan tinggi AC fungsi

Pembangkitan tegangan tinggi searah adalah merupakan hasil dari penyearahan tegangan tinggi arus bolak balik. Gelombang keluaran tegangan tinggi arus bolak-balik hasil tampilan seperti pada gambar 5. Untuk mengoperasikan program simulasi ada beberapa perintah pilihan seperti ditampilkan pada gambar 6.



Gb. 6. Tampilan pengoperasian program simulasi

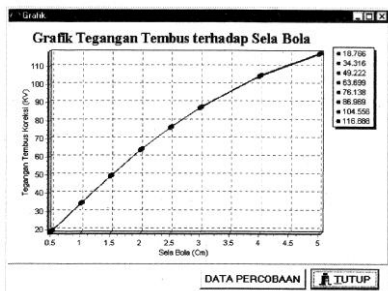
Dibagian kiri perintah untuk penampilan berbagai macam grafik seperti :

- Grafik tegangan tembus yang diukur merupakan fungsi dari jarak sela bola
- Grafik tegangan tembus merupakan fungsi dari tekanan.
- Grafik tegangan tembus merupakan fungsi dari temperatur.
- Grafik tegangan tinggi arus bolak-balik merupakan fungsi dari waktu

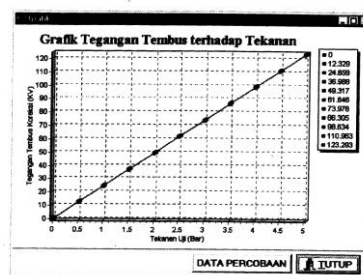
Pada bagian tengah perintah dan inputan data seperti temperature uji, tekanan uji, diameter bola, sela bola, dan hasil perhitungan tegangan tembus yang telah dikoreksi (tegangan tembus pada tempat pengujian).

Pada bagian kanan tampilan gelombang input satu fasa yang besarnya maksimum 220 volt. Bagian bawah perbandingan transformasi dari trafo dan tegangan sumber.

Gambar 7. Grafik antara tegangan tembus yang diukur merupakan fungsi dari sela bola. Pada grafik ini menggambarkan bahwa tegangan tembus pada sela bola yang diukur garis lengkung dan semakin besar jarak sela bola maka semakin besar pula tegangan tembusnya.



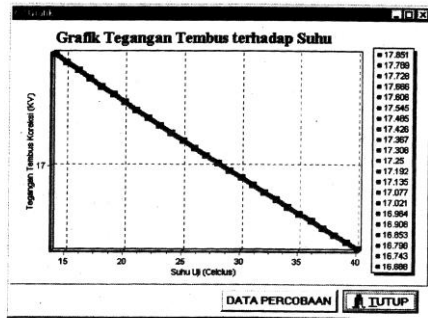
Gb.7. Grafik antara tegangan tembus fungsi sela bola



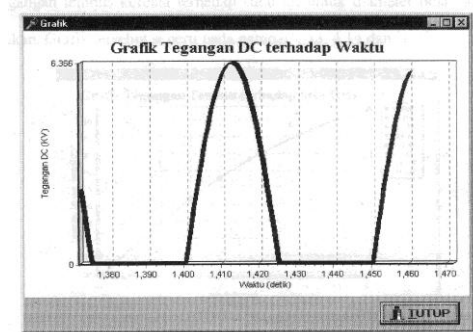
Gb. 8. Grafik tegangan tembus fungsi tekanan

Gambar 8. Grafik yang menunjukkan hubungan antara tegangan tembus yang diukur dengan tekanan atmosfer tertentu. Terlihat bahwa grafik tersebut merupakan garis lurus yang berarti tegangan tembus berbanding lurus dengan tekanan atmosfer.

Gambar 9. Grafik ini menunjukkan hubungan antara tegangan tembus yang diukur dengan temperature lingkungan tertentu. Pada gambar ini terlihat bahwa tegangan tembus yang diukur (teganga tembus koreksi) berbanding terbalik dengan temperature tertentu. Semakin besar tegangan tembusnya maka semakin kecil temperaturnya.



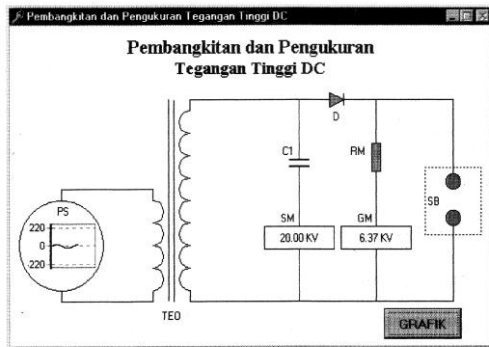
Gb 9. Grafik tegangan tembus fungsi suhu



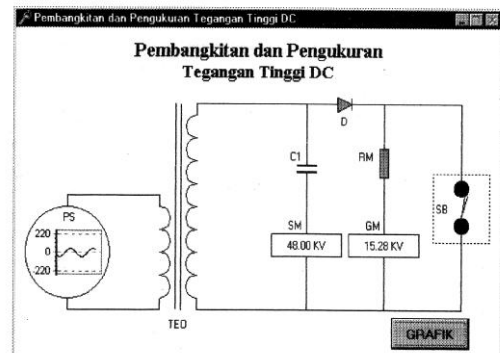
Gb. 10. Bentuk gelombang keluaran tegangan searah

Gambar 10. Adalah hasil gelombang tegangan keluaran dari tegangan tinggi searah yang merupakan fungsi waktu. Hasil gelombang ini merupakan tegangan searah setengah gelombang.

Pada gambar 11 dan 12 merupakan perbedaan antara tegangan searah yang belum tembus pada sela bola dan tegangan tembus setelah tembus pada sela bola. Terlihat pada gambar 11, tampilan tegangan bolak-balik 20,00 KV dan tegangan searah 6,37 KV terlihat pada sela bola (SB) masih bersih. Gambar 12 terlihat bahwa dengan tegangan bolak-balik 48,00 KV dan tegangan searah 15,28 KV, terlihat pada sela bola ada garis ini menunjukkan bahwa tegangan telah tembus diantara sela bola. Pada saat awal tembus itu proses pengukuran tegangan nuncak.



Gb. 11 Tegangan belum tembus



Gb.12 Tegangan sudah tembus pada sela bola

Bila data hasil percobaan dibandingkan dengan program simulasi maka hasilnya seperti pada tabel 1. Perbandingan antara program simulasi dan hasil percobaan trend grafik telah sesuai namun ada perbedaan tegangan tembus pada hasil percobaan lebih besar dari pada hasil simulasi. Hal ini banyak factor yang menyebabkan ketidak samaan hasil tersebut, misalnya : komponen tegangan tinggi yang karakteristiknya sudah tidak sesuai dengan pada masih baru, alat ukur yang sudah lama sehingga ada beberapa penyimpangan pada saat di pakai dan belum dikalibrasi, dan lain sebagainya. Bila sela bola(SB) cm, tegangan tembus hasil percobaan (V_p) KV, tegangan tembus hasil simulasi (V_s) KV, selisih $V_s - V_p$ (P) KV maka tabel tersebut seperti dibawah. Dari perbandingan antara hasil simulasi dan hasil data percobaan tegangan tembus yang diukur rata-rata 2,3 kilo volt atau 3,9 % dari hasil simulasi tujuh data

Tabel 1 Perbandingan hasil simulasi dan data percobaan

No	SB(cm)	V _p (KV)	V _s (KV)	P(KV)
1	0,5	16,9	17,5	0,6
2	1,0	29,8	32,0	2,2
3	1,5	42,1	45,9	3,8
4	2,0	58,9	59,4	0,5
5	2,5	68,7	71,0	2,3
6	3,0	79,2	81,1	1,9
7	3,5	92,7	97,5	4,8

4. KESIMPULAN

- Tegangan tembus pada sela bola berbanding lurus dengan sela bola dan tekanan serta berbanding terbalik dengan suhu lingkungan.
- Hasil percobaan bila dibandingkan dengan simulasi grafik kecenderungannya sesuai terutama pada pembangkitan dan pengukuran tegangannya.
- Penyimpangan data percobaan dan hasil simulasi adalah 3,9 %, hal ini disebabkan banyak factor, misalnya : alat yang lama tidak dikalibrasi, pembacaan ala ukur, dan lain sebagainya

DAFTAR PUSTAKA

- Artono Arismunandar, 1984, teknik tegangan tinggi, Pradnya Paramita, Jakarta
- Artono Arismunandar, 1983, teknik tegangan tinggi suplemen, Ghalia, Jakarta
- Dieter Kind, 1993, pengantar teknik eksperimental tegangan tinggi, ITB, Bandung
- Joko Darwanto, 1983, petunjuk praktikum gejala medan tinggi dan pengukuran listrik, ITB , Bandung