

SKRIPSI

**PENGUJIAN KERTAS NOMEX DAN FIBER CERAMIC
SEBAGAI BAHAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR**

OLEH

PRAMADYA HERRY MENIX SEMBIRING

T2118022



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ICSHAN GOROTALO

2023

HALAMAN PENGESAHAN

*PENGUJIAN KERTAS NOMEX DAN FIBER CERAMIC SEBAGAI BAHAN
ISOLASI PADA TRANSFORMATOR*

OLEH :

PRAMADYA HERRY MENIX SEMBIRING

T2118022

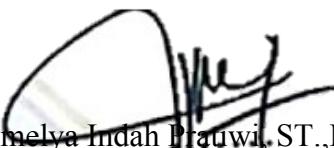
SKRIPSI

Diajukan Untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar strata satu
program studi teknik elektro di universitas ichsan gorontalo dan telah disetujui
oleh tim pembimbing pada, November 2023

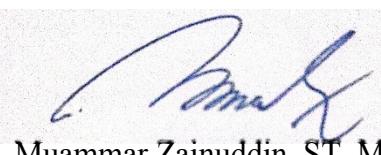
Gorontalo, 15 November 2023

Pembimbing I

Pembimbing II


Amelya Indah Prawi, ST.,MT

NIDN : 0907028701


Muammar Zainuddin, ST.,MT

NIDN : 0906018701

HALAMAN PERSETUJUAN
PENGUJIAN KERTAS NOMEX DAN FIBER CERAMIC SEBAGAI
BAHAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR

OLEH :

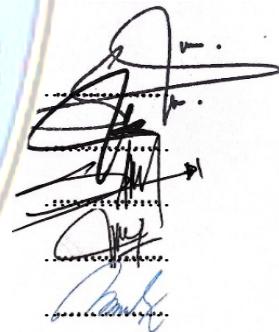
PRAMADYA HERRY MENIX SEMBIRING

T2118022

Di periksa Oleh Panitia Ujian Strata Satu (S1)

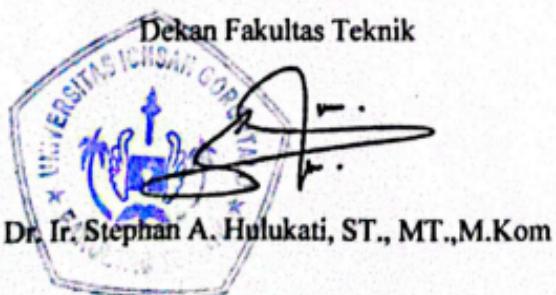
Universitas Ichsan Gorontalo

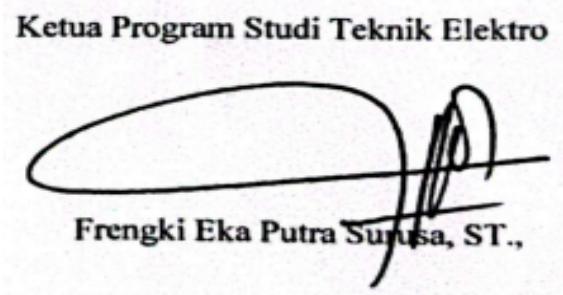
1. Ir. Stephan A. Hulukati, ST., MT., M.Kom (Pengaji I)
2. Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT (Pengaji II)
3. Ir. Steven humena. ST., MT (Pengaji III)
4. Amelya I Pratiwi. ST., MT (Pembimbing I)
5. Muammar zainuddin. ST., MT (Pembimbing II)



Gorontalo, 05 Desember 2023

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Stephan A. Hulukati, ST., MT., M.Kom

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Frengki Eka Putra Surusa, ST., MT.

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Pramadya Herry Menix Sembiring

NIM : T2118022

Kelas : Reguler Pagi

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya (Skripsi) ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana) baik di Universitas Ichsan Gorontalo maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari tim pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan sebagai acuan dalam naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya tulis ini, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Ichsan Gorontalo

Gorontalo, Oktober 2023



PRAMADYA H. M. SEMBIRING

ABSTRACT

TESTING OF NOMEX PAPER AND FIBER CERAMIC AS INSULATING MATERIALS IN TRANSFORMERS

Study This study How obtain type paper isolation transformer in accordance standard with test material viz paper nomex and ceramic fiber . Research results show mark voltage breakdown voltage is experienced increase with he added thickness paper from 0.20 mm to 0.80 mm, and a thickness of 2 mm to 6 with addition up to 4 times For paper nomex 3 times For paper ceramic fiber . On type isolation paper nomex must done immersion in oil for 72 hours to have stable breakdown voltage value , while in type isolation paper fiber ceramic only need time immersion for 24 hours. That matter can happen because in every type isolation paper own different adhesion process capabilities different , the adhesion process is the process where between compound chemistry each other bind For become more composite perfect . Can be analyzed that with soak it isolation paper in the oil will make rate cellulose will increase . The more tall mark rate cellulose will too make breakdown voltage value will also be increased too, p the because in immersion oil will make surface arranged paper cellu lose the repair structure compose and create chain more compounds complex and long.

Keywords: Nomex Paper , Ceramic Fiber , Insulation Transformer

ABSTRAK

PENGUJIAN KERTAS NOMEX DAN FIBER CERAMIC SEBAGAI BAHAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR

Penelitian ini mengkaji bagaimana memperoleh jenis kertas isolasi transformator sesuai standart dengan bahan uji yaitu kertas nomex dan fiber ceramic. Hasil penelitian menunjukan nilai tegangan tembus (*breakdown voltage*) mengalami kenaikan dengan ditambahnya ketebalan kertas dari 0,20 mm menjadi 0,80 mm, dan ketebalan 2 mm menjadi 6 dengan penambahan sampai 4 kali lipat untuk kertas nomex 3 kali lipat untuk kertas fiber ceramic. Pada jenis isolasi kertas nomex harus dilakukan perendaman dalam minyak selama 72 jam agar memiliki nilai breakdown voltage yang stabil, sedangkan pada jenis isolasi kertas fiber ceramic hanya membutuhkan waktu perendaman selama 24 jam. Hal tersebut dapat terjadi karena pada setiap jenis isolasi kertas memiliki kemampuan proses adhesi yang berbeda beda, proses adhesi adalah proses dimana antar senyawa kimia saling megikat untuk menjadi komposit yang lebih sempurna. Dapat dianalisis bahwa dengan direndamnya isolasi kertas didalam minyak akan membuat kadar selulosa akan meningkat. Semakin tinggi nilai kadar selulosa juga akan membuat nilai breakdown voltage juga akan meningkat juga, hal tersebut dikarenakan dalam perendaman minyak akan membuat permukaan kertas yang tersusun selulosa tersebut memperbaiki struktur penyusunnya dan membuat rantai senyawa yang lebih kompleks dan Panjang.

Kata Kunci: Kertas Nomex, *Fiber Ceramic*, Isolasi Transformator

KATA PENGHANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang Maha kuasa karena kasih dan karunia-Nya saya dapat menulis skripsi ini yang berjudul “PENGUJIAN KERTAS NOMEX DAN FIBER CERAMIC SEBAGAI BAHAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR” dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi strata satu (S-1) pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Ichsan Gorontalo. Pada proses penyusunan skripsi ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moral maupun material sehingga SKRIPSI ini dapat selesai, ucapan terima kasih ini penulis tunjukan kepada:

1. Orang tua saya yang selalu mensuport apa yang saya lakukan dalam penyusunan skripsi ini.
2. Dan kepada pak Frengki Eka Putra Surusa ST.,MT. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro.
3. Bapak/Ibu dosen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ichsan Gorontalo.
4. Amelya Indah Pratiwi, ST.,MT selaku pembimbing I.
5. Muammar Zainuddin, ST.,MT selaku pembimbing II
6. Kepada angkatan tergokil “TEKNORAT 18” yang sering membantu dalam banyak hal.

Meskipun telah berusaha menyelesaikan skripsi ini sebaik mungkin, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharakan kritik dan saran yang membangun dari pembaca guna menyempurnakan segala kekurangan dalam penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini berguna bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Pramadya Herry Menix Sembiring

Gorontalo, 15 November

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
KATA PENGHANTAR	iv
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian.....	4
1.5 1.4 Batasan msalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terdahulu	5
2.2. Landasan Teori	14
2.2.1 Transformator	14
2.2.2 Prinsip Kerja Transformator	14
2.2.3 Pengertian Isolasi.....	16
2.2.4 Isolasi Kertas.....	17
2.2.5 Isolasi Minyak.....	17
2.3 isolator kertas	20
2.3.1 karakteristik isolator kertas.....	21
2.3.2Jeneis-jenis kertas yang digunakan.....	22
2.4 metode pengujian tegangan tembus	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Kerangka konsep penelitian	27
3.2 Objek penelitian/Alat dan bahan	27
3.2.1 Wadah	28
3.2.2 Mikrometer sekrup	28

3.2.3 Pembangkit tegangan tinggi AC	29
3.3 Bahan pengujian.....	30
3.3.1 Isolasi minyak transformator	30
3.3.2 Isolasi kertas.....	31
3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian	31
3.4 Tahapan dan alur penelitian	32
3.6 Flowchart pengujian.....	33
BAB IV ANALISA DAN HASIL PENGUJIAN	34
4.1 Hasil Pengujian Kertas Isolator Tanpa Rendaman Dan Direndam Minyak Isolasi.....	34
4.1.1 Pengujian Isolator Kertas Jenis Nomex	35
4.1.2 Pengujian Isolator Kertas Jenis Fiber Ceramic	38
4.1.3 Analisa Semua Jenis Sampel Kertas Isolator	42
4.2 Analisa kegagalan dielektrik dalam pengujian	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	i

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel batasan minyak.....	19
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	27
Tabel 4. 1 Nilai Tegangan Tembus Kertas Nomex Kondisi Kering	35
Tabel 4. 2 Nilai Tegangan Tembus Kertas Nomex Kondisi Rendaman 24 Jam	35
Tabel 4. 3 Nilai Tegangan Tembus Kertas Nomex Kondisi Rendaman 72 Jam	36
Tabel 4. 4 Nilai Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Dengan Ketebalan 0,20mm ...	36
Tabel 4. 5 Hasil nilai tegangan tembus (breakdown voltage) dengan ketebalan 0,80mm.	37
Tabel 4. 6 Nilai Tegangan Tembus Kertas Fiber Ceramic Kondisi Kering	38
Tabel 4. 7 Nilai Tegangan Tembus Kertas Fiber Ceramic Kondisi Rendaman 24 Jam	39
Tabel 4. 8 Nilai Tegangan Tembus Kertas Fiber Ceramic Kondisi Rendaman 72 Jam	39
Tabel 4. 9 Nilai Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Dengan Ketebalan 2 Mm.....	40
Tabel 4. 10 Nilai Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Dengan Ketebalan 6 Mm.....	41
Tabel 4. 11 Perbandingan Nilai Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Dari Kedua Jenis Sampel	42
Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil Pengujian Dengan Penelitian Sebelumnya.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Transformator.....	15
Gambar 2. 2 Isolasi Minyak	18
Gambar 2. 3 Kertas Ceramic Fiber	23
Gambar 2. 4 Kertas Nomex.....	25
Gambar 3. 1 Kerangka Konsep Penelitian	27
Gambar 3. 2 Wadah Minyak Trafo	28
Gambar 3. 3 Mikrometer Sekrup	29
Gambar 3. 4 Minyak Isolator NYNS	31
Gambar 4. 1 Grafik Rat-Rata Nilai Tegangan Tembus Pada Kertas Nomex Dengan Tebal 0,20mm	36
Gambar 4. 2 Grafik Rata-Rata Nilai Breakdown Voltage Pada Kertas Nomex Dengan Ketebalan 0,80mm	37
Gambar 4. 3 Grafik Rata-Rata Nilai Tegangan Tembus Pada Kertas Fiber Ceracic Dengan Tebal 2 Mm.....	40
Gambar 4. 4 Grafik Rata-Rata Nilai Breakdown Voltage Pada Kertas Fiber Ceramic Dengan Ketebalan 6 Mm.	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik saat ini menduduki peringkat sebagai salah satu kebutuhan terpenting masyarakat, setelah air dan kebutuhan pokok lainnya. Seiring bertambahnya jumlah penduduk, begitu pula kebutuhan listrik. Dengan meningkatnya permintaan masyarakat, peluang bisnis produsen peralatan listrik juga semakin terbuka dan terus meningkat. Salah satu peralatan listrik yang banyak digunakan adalah transformator.

Transformator adalah salah satu komponen terpenting yang berperan penting dalam suatu sistem kelistrikan yang menaikan dan menurunkan tegangan dengan frekuensi yang sama. Transformator dalam pelayanan sistem kelistrikan sering mengalami gangguan, baik berupa gangguan termal maupun gangguan listrik jenis kesalahan umum pada transformator daya adalah panas berlebih, pelepasan sebagai, dan kelebihan beban yang terjadi pada sistem isolasi. *Overload* terjadi ketika beban yang terhubung ke transformator melebihi kapasitas maksimum, sehingga arus melebihi beban penuh transformator dan menghasilkan panas.

Kualitas dan kuantitas transformator masing-masing pabrikan bersaing dengan yang terbaik, sehingga transformator masing-masing pabrikan laris manis di pasar. Tentunya hal ini tidak sembarang, mengingat transformator merupakan salah satu perangkat kelistrikan yang sangat penting dalam

jaringan kelistrikan dan harganya tidak boleh diremehkan. Oleh karena itu, perhatian khusus harus diberikan pada semua komponen transformator. Pada pemeriksaan lebih dekat, transformator membawa arus yang besar dan dapat menyebabkan hotspot dari arus yang lewat. Oleh karena itu, diperlukan isolasi pada transformator untuk keselamatan. Baik untuk isolasi panas atau listrik. Dalam dunia kelistrikan, isolasi dapat dibagi menjadi beberapa jenis antara lain: isolasi gas, selulosa, cair dan padat. Pada pengujian ini akan dicoba dengan jenis isolasi selulosa yaitu isolasi kertas.

Pada tugas akhir ini dilakukan pengujian jenis kertas isolasi yang berbeda pada setiap bagian transformator yang memiliki fungsi dan tegangan tembus yang berbeda. Jenis kertas yang digunakan dalam pengujian ini adalah kertas ceramic fiber dan kertas nomex. Waktu lama perendaman untuk setiap kertas yang direndam dalam minyak transformator bervariasi, mulai dari 0 jam, 24 dan 72 jam. Hasil pengujian dimaksudkan untuk memberikan analisis bagi produsen transformator, yang tentunya memiliki peran yang semakin penting, terutama dalam melakukan pengujian untuk memastikan bahwa setiap isolator kertas dapat menahan tegangan tembus yang diharapkan spesifikasi transformator.

Dalam melakukan pengujian isolasi kertas ini, kita harus memenuhi standar dari kertas yang akan digunakan sebagai bahan isolasi pada transformator. Untuk memenuhi standar, kertas yang akan digunakan harus memiliki karakteristik seperti, sifat dielektrik yaitu sebagai pemabatas antar komponen yang bertegangan atau dengan komponen yang tidak bertegangan

dan supaya arus listrik tidak mengalir ke titik yang lain. Kemudian sifat mekanis yang baik yaitu tahan terhadap tekanan dan tidak mudah mengalami kerusakan pada saat menerima tegangan yang tinggi. Mempunyai sifat termal yaitu tahan dengan suhu panas yang tinggi baik dari arus listrik atau dari ruang lingkup sekitar. Memiliki sifat kimia yaitu tidak mudah menyerap air. Karena air bersifat konduktif, maka semakin basah suatu isolator maka semakin kecil kuat dielektriknya.

Berdasarkan permasalahan diatas maka saya mengambil judul “**PENGUJIAN KERTAS NOMEX DAN FIBER CERAMIC SEBAGAI BAHAN ISOLASI PADA TRANSFORMATOR”**

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana Memperoleh jenis kertas yang sesuai karakteristik sebagai bahan isolasi transformator
2. Apa pengaruh dari kondisi kertas kering dan lama perendaman kertas pada minyak trafo terhadap tegangan tembusnya?
3. Apa pengaruh dari ketebalan kertas terhadap tegangan tembus?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Memperoleh jenis kertas yang sesuai karakteristik kertas sebagai bahan isolasi transformator.
2. Memperoleh dan mengetahui kondisi kering kertas dan lama perendaman isolasi kertas dalam minyak isolasi terhadap tegangan tembus.

3. Memperoleh dan mengetahui ketebalan kertas terhadap tegangan tembus.

1.4 Manfaat penelitian

1. Menemukan jenis kertas isolasi transformator sesuai standar.
2. Sebagai acuan dalam pengembangan topik penelitian bagi mahasiswa berikutnya.
3. Sebagai rekomendasi bagi produsen transformator.

1.5 1.4 Batasan masalah

Adapun batasan masalah ini hanya akan membahas seputar beberapa hal ini:

1. Jenis isolasi kertas yang kami pakai adalah kertas ceramic fiber dan kertas nomex.
2. Kondisi kering dan lama perendaman 24 jam dan 72 jam.
3. ketebalan kertas.
4. Tegangan yang digunakan saat pengujian adalah tegangan tinggi AC.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian ini menggunakan beberapa referensi dari penelitian terdahulu terkait dengan pembahasan “berbagai jenis kertas yang digunakan sebagai bahan isolator pada transformator.

M. Muchlis and A. D. Permana, “Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN 2003 S.D. 2020,” Pengemb. Sist. Kelistrikan dan Menunjang Pembang. Nas. Jangka Panjang, p. 11 Halaman, 2003. Kebutuhan listrik akan meningkat setiap tahunnya mengikuti jumlah penduduk, pertumbuhan, peningkatan kesejahteraan, dan pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan. Salah satu faktor penting untuk menunjang pembangunan adalah listrik permintaan harus dipenuhi oleh pasokan. Dalam penelitian ini, listrik proyeksi permintaan di Indonesia adalah akumulasi permintaan listrik dari 22 wilayah penjualan PLN untuk periode 17 tahun (2003 hingga 2020). Total kebutuhan listrik sebesar 91,72 TWh pada tahun 2003, menjadi 272,34 TWh pada tahun 2020. Rata-rata pertumbuhan kebutuhan listrik sebesar 6,5% per tahun. Dari 22 wilayah penjualan PLN, lokasi kebutuhan listrik terbanyak berada di wilayah Jawa-Madura-Bali (Jamali), jumlahnya mencapai sekitar 80% dari nasional total kebutuhan listrik pada tahun 2003. Permintaan listrik di Jamali wilayah ini merupakan yang terbesar di Indonesia, karena jumlah penduduk Jamali adalah

sekitar 60% penduduk Indonesia, dan wilayah Jamali adalah pusat segala kegiatan ekonomi termasuk industri, pemerintahan, dan pariwisata.

Nugrohor), D. (2010). KEGAGALAN ISOLASI MINYAK TRAFO. *Media Elektrika*, 3, 1-10. Isolasi minyak tra/b memiliff peran sebagai bahan isolasi pada bagian-bagian bertegangan didolam peralatan-peralatan tenaga, disamping nemiliH kegunaan lain seperti media pendingin ataupun pemadam busur api. Kemurnian minyak isolasi alan menentuktn kelantan bahon dielektrik. Pada kondisi minyak terpakai kemurnian akan terkontaminasi oleh zcert-zat lain vang tercampur dalam minyak, akibalnya minyals menjadi tidak murni dan akon mengahmi degradasi kehntan dielektrik yang pada akhirnya alcen menunmkan tingkat kegagalan isolasi. Hasil penguiian menuniukkan bahwa bahan kontaminan mempengaruhi secara signifpan penurunan tinglat kegagalan isolasi, don pemurnion minyak isolasi terwlcai (minyak tak murni) mqmpu menaiklan tingkat kegagalan isolasi secara signifilcan mendelmti kondisi miryak baru.

Elfreda, Raka Anthony (2018) Analisis Tegangan Tembus Kertas Isolasi Transformator Akibat Lama Perendaman Pada Isolasi Minyak Transformator. Undergraduate thesis, Institut Teknology Sepuluh Nopember. Semakin meningkatnya permintaan listrik juga akan membuat semakin terbukanya peluang usaha dalam bidang kelistrikan, salah satu peluang usaha adalah pembuat transformator. Dalam proses produksi transformator tentunya harus dilakukan pengujian transformator oleh produsen.

Rentang waktu antara perendaman isolasi kertas dan pengujian harus diperhatikan agar saat dilakukan pengujian isolasi yang terdapat didalam transformator sudah dalam keadaan yang stabil. Sebelum dilakukan pengujian isolasi kertas, kertas akan diperlakukan secara berbeda-beda mulai tanpa perendaman hingga 72 jam perendaman didalam minyak dengan suhu ruang pada tiap jenis isolasi kertas. Pengujian breakdown voltage pada penelitian ini menggunakan elektroda mushroom dengan standart IEC 60156. Dari hasil pengujian didapatkan isolasi tiap jenis kertas memiliki nilai breakdown voltage yang stabil dengan lama perendaman kertas yang berbeda, kertas press 48 jam, kertas krep dan pressboard 36 jam, dan kertas kraft 12 jam. Semakin lama direndam isolasi kertas akan mengalami proses adhesi yang membuat rongga kertas membentuk susunan komposit yang lebih sempurna. Selain dilakukan pengujian breakdown voltage, akan dilakukan juga pengujian tentang kadar selulosa. Dalam pengujian selulosa didapatkan bahwa, dalam melakukan perendaman minyak akan membuat kadar selulosa dalam kertas semakin tinggi yang menyebabkan nilai breakdown voltage dari isolasi kertas akan semakin tinggi juga.

Albin salam, ir. Daroto, MT (2017), dengan judul “analisis tegangan butting minyak dan pengaruh minyak solar terhadap insulasi kertas adalah tegangan trafo”, transformator memiliki bahan isolasi berupa isolasi minyak dan isolasi kertas. Karena fungsi insulasi transformator yang penting, telah dilakukan studi dan pengujian pada isolator untuk insulasi kertas dan insulasi minyak, yang tujuannya adalah untuk menentukan karakteristik tegangan

tembus insulasi minyak dan karakteristik tegangan tembus insulasi kertas. Insulasi yang direndam oli dipengaruhi oleh waktu paparan oli dan ketebalan lapisan,insulasi kertas. Diketahui dari pengujian yang dilakukan bahwa tegangan tembus oli sebelum dibersihkan hanya 50,3 kv/ 2,5 mm. pada saat yang sama, tegangan tembus oli isolasi setelah dibersihkan memiliki tegangan tembus lebih tinggi dari pada tegangan tembus oli sebelum dibersihkan, yaitu 90kv/2,5 mm. tegangan tembus isolasi kertas yang direndam dalam minyak menunjukan bahwa nilai tegangan tembus meningkat dengan bertambahnya waktu perendaman. Studi tersebut juga menentukan bahwa semakin tebal lapisan kertas isolasi, semakin tinggi tegangan tembusnya.

Fadrian jatmiko, prof.dr.ir. t haryono M.si., Ph.D.Eng. F danang wijaya S.T, M.T. (2015), dengan judul “pengaruh posisi pemutusan pada temperature 30°C, 40°C dan 50°C” kertas isolasi padat banyak digunakan pada instalasi listrik. Digunakan sebagai bahan isolasi antara belitan transformator, dalam inti transformator, antara fasa transformator dan kabel. Saat ini, sebagai besar trafo yang digunakan sehari-hari adalah trafo terendam minyak. Komponen isolasi yang paling penting dari transformator terendam minyak adalah minyak transformator dan kertas yang berisi belitan transformator, jenis kertas yang digunakan dalam penelitian ini adalah kertas kraft, kertas krep, dan kertas HVS (Houtvrij schrijfpapier). Shell diala digunakan sebagai oli transformasi. Hasil pengujian menunjukan bahwa menambah hari dan menghamili kertas dengan minyak trafo membantu meningkatkan tegangan gulungan kertas. Pada saat

yang sama, pengujian pada suhu yang lebih tinggi menurunkan tegangan tembus kertas.

Marganda h. siagian, prof dr.Irish T. haryono, M.Si., Irlandia bambang sugiyantoro, M.T. (2018), berjudul “uji berbeda jenis kertas sebagai bahan isolasi peralatan listrik” tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat isolasi listrik dari tiga jenis kertas yang ada di pasaran dan tegangan bocornya. Mencoba materi bersama. Dengan faktor lain yaitu pengaruh peningkatan suhu dan kondisi kelembapan pada saat pengujian sampel uji. Pada pengujian ini digunakan kertas foto, kertas spidol, dan kertas Samson kraft yang memiliki panjang 7 cm, lebar 7 cm dan ketebalan yang berbeda untuk setiap jenis kertas yang digunakan sebagai benda uji. Pengujian dilakukan pada dua kondisi kertas. Kertas yang dibasahi minyak dialab dan kertas yang dibasahi minyak dialab untuk melihat juga pentingnya pengaruh minyak pada kertas yang digunakan sebagai bahan uji. Hasil penunjukan ini menunjukan bahwa suhu dan kelembapan berpengaruh terhadap kuat dielektrik dan arus bocor benda uji. Semakin tinggi suhu lingkungan pengujian, semakin rendah kekuatan dielektrik material. Kenaikan suhu juga cenderung meningkatkan arus bocor pada sampel uji. Hal yang sama berlaku untuk kelembapan . semakin tinggi presentase kelembapan dilingkungan pengujian, semakin tinggi kekuatan dielektrik sampel uji. Peningkatan kadar air juga mengakibatkan kekuatan dielektrik sampel uji yang direndam dalam minyak shell diala B lebih tinggi dari pada sampel uji yang tidak direndam dalam

minyak shell diala B. minyak memiliki nilai pemantauan. Yang umumnya lebih rendah dari sampel uji yang tidak diresapi dengan minyak cangkang diala b.

Gung sukma hardana, syamsir abduh, tyas kartika, (2022), judul “analisis akun insulasi kertas dengan esther base oils pada trafo ramah lingkungan” pengujian laju penuaan isolasi kertas trafo dengan PT. elsewedy electric Indonesia, alat uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah megger dan baur. Pengujian ini menentukan kualitas resistor dengan parameter standar IEC dan pengaruh penggunaan oli tester terhadap umur isolasi kertas transformator daya. Sebelum dilanjutkan ke tahap pengujian pengaruh minyak ester terhadap umur transformator, terlebih dahulu harus dilakukan pengujian nilai tegangan tembus dan nilai delta tan untuk mengetahui kualitas ketahanan minyak berbahan dasar ester. Tes tan delta adalah tes isolasi cairan listrik yang digunakan untuk menentukan kualitas isolasi cairan. Isolator cair harus sepenuhnya kapasitif, seperti isolator yang di tempatkan di dua elektroda kapasitor. Dalam kapasitor sempurna, tegangan dan arusnya 90° diluar fase dan arus yang melalui isolasi bersifat kapasitif. Ketika isolasi cair mengandung pengontrol seperti cairan, nilai resistansi isolator cair menurun dan mempengaruhi nilai arus resistansi. Jika terkontaminasi cairan atau udara, isolator tidak lagi kapasitif penuh. Selain itu, tabel 1 menunjukan hasil uji sun-delta untuk oli mineral dan oli berbahan dasar ester.

R. Radhitya, “Pengaruh Rendaman Minyak Transformator Terhadap Kekuatan Dielektrik Isolasi Kertas,” Tek. Elektro Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta, 2014. Sistem isolasi yang baik sangat diperlukan untuk menjaga

peralatan listrik dari gangguan. Salah satu bahan isolasi yang dipakai dalam sistem tenaga listrik adalah isolasi kertas. Namun isolasi kertas tersebut mempunyai kekurangan pada segi kekuatan dielektriknya, sehingga diperlukan elemen penambah kekuatan secara elektris pada kertas tersebut. Elemen tersebut adalah isolasi cair atau biasa disebut minyak transformator. Penambahan minyak transformator pada isolasi kertas akan menambah kekuatan dielektrik kertas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh rendaman minyak transformator terhadap kekuatan dielektrik berbagai macam isolasi kertas. Kekuatan dielektrik dari isolasi kertas impregnasi sangat dipengaruhi oleh kondisi kertas serta kondisi minyak transformator. Untuk mengetahui pengaruh rendaman serta kondisi isolasi kertas dan minyak transformator terhadap kekuatan dielektrik isolasi kertas, maka dilakukan pengujian tegangan tinggi AC frekuensi 50 Hz dengan menggunakan elektroda bidang $\phi 1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$ batang yang terpasang pada kotak uji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rendaman minyak transformator menambah kekuatan dielektrik kertas. Seperti pada fish paper yang mempunyai kekuatan dielektrik senilai 17,05 kV/mm akan mengalami peningkatan sebesar 63,58% atau 27,89 kV/mm dengan perendaman minyak transformator Shell Diala B dan dengan perendaman minyak transformator ElectrolÂ®, kekuatan dielektrik fish paper meningkat sebesar 88,74% atau 32,18 kV/mm. Kondisi-kondisi seperti bentuk permukaan kertas, tebal kertas, lapisan kertas, dan jenis minyak transformator yang digunakan untuk perendaman juga berpengaruh terhadap kekuatan dielektrik isolasi kertas.

Evita Kristianah, Rudy Kurniawan, dan Ghiri Basuki Pratama judul *ANALISIS KARAKTERISTIK TEGANGAN TEMBUS PADA MINYAK TRAFO NYNNAS DAN APPAR TERHADAP SUHU*. Pada peralatan tegangan tinggi, permasalahan umum operasional bahan dielektrik adalah timbulnya kegagalan, baik kegagalan thermal maupun kegagalan elektris. Salah satu peralatan tegangan tinggi yang digunakan dalam sistem tenaga listrik adalah transformator tenaga. Pada transformator daya, digunakan suatu bahan dielektrik yaitu minyak transformator yang berfungsi untuk memisahkan dua atau lebih penghantar yang bertegangan sehingga antar penghantar yang bertegangan tersebut tidak terjadi hubung singkat yang dapat menyebabkan lompatan api atau percikan dan juga sebagai pendingin dari transformator itu sendiri. Menurut standar SPLN 49-1 dengan metode uji IEC 60422:2005, tegangan tembus minyak transformator pada suhu 3 adalah k pada pengujian dengan jarak sela , mm. edangkan menurut standar - dengan metode uji I , suhu C adalah titik didih dari minyak transformator. Namun pada pengujian yang dilakukan, akan diamati karakteristik tegangan tembus yang muncul pada dielektrik minyak transformator jenis nynnas dan appar terhadap pengaruh perubahan suhu antara sampai dengan C dengan cara melakukan pengukuran tegangan tembus menggunakan elektroda setengah bola yang diterapkan tegangan uji berupa tegangan tinggi bolak-balik (AC) frekuensi 50 Hz untuk mendapatkan karakteristik tegangan tembus minyak transformator nynnas dan appar terhadap perubahan jarak sela dan suhu

minyak. Pada pengujian ini didapati tegangan tembus tembus minyak transformator nynnas 51,3 kV/2,5 mm dan appar adalah 48,7 kV/2,5 mm untuk elektroda setengah bola. Serta 50,6 kV/2,5 mm untuk minyak nynnas dan 48,7 kV/2,5 mm untuk minyak appar menggunakan elektroda bola bola.

Siburian, J. (2019). *Karakteristik Transformator*. Jurnal Teknologi Energi Uda. Kegagalan isolasi peralatan sistem tenaga listrik akan menimbulkan kerugian yang besar, karena kegagalan ini mengakibatkan adanya pengeluaran uang untuk biaya penggantian peralatan yang rusak dan mengakibatkan penjualan energi terganggu. Oleh karena itu kualitas isolasi peralatan perlu diuji untuk menjamin bahwa peralatan dapat bekerja pada tegangan keadaan normal. Di samping itu, isolasi peralatan perlu diuji untuk melihat kemampuannya memikul tegangan lebih, sebab tegangan lebih dapat terjadi pada tegangan listrik karena terjadinya hubung singkat 1 phasa ke tanah, atau karena adanya sambaran petir pada komponen sistem maupun karena adanya proses hubung singkat pada rangkaian sistem. Pengujian suatu peralatan sistem tenaga listrik tergantung pada kerja peralatan dan jenis tegangan lebih yang mungkin dipikul peralatan tersebut. Jenis tegangan yang mungkin diujikan dalam suatu peralatan adalah tegangan tinggi searah, tegangan tinggi bolak-balik atau tegangan impuls. Pada umumnya peralatan sistem tenaga listrik diuji dengan tegangan tinggi bolak-balik dan impuls. Pengujian dengan tegangan tinggi searah dilakukan hanya pada peralatan yang mempunyai kapasitansi yang besar, misalnya kapasitor.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Transformator

Transformator atau biasa disingkat trafo adalah salah satu peralatan listrik yang banyak ditemukan hampir disemua perangkat elektronik bahkan dalam listrik bertegangan tinggi dengan ukuran atau kapasitas yang berbeda. Transformator berfungsi menyalurkan tegangan dari satu perangkat ke perangkat lain. Di dalam transformator terdapat inti besi yang dililit pada bagian kiri dan kanan yang disebut kumparan primer dan kumparan sekunder.

2.2.2 Prinsip Kerja Transformator

Prinsip kerja transformator adalah mentransfer tegangan dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya. Jika salah satu kumparan pada transformator diberi arus bolak balik maka jumlah gaya magnet akan berubah-ubah. Akibatnya pada kumparan primer terjadi induksi dan pada kumparan sekunder menerima gaya magnet dari sisi primer yang jumlah berubah-ubah pula. Tapi di sisi sekunder juga akan timbul induksi yang akibatnya kedua ujung menghasilkan beda tegangan

Transformator berfungsi menyalurkan arus listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya dengan prinsip induksi elektromagnet. Ada 2 jenis transformator yang sering ditemukan dilapangan yaitu trafo step up (menaikkan tegangan) dan trafo step down (penurun tegangan). Sesuai dengan namanya trafo step up ini berfungsi meningkatkan tegangan dari lilitan primer ke sekunder.

Begitu juga sebaliknya untuk menurunkan tegangan antar lilitan primer ke sekunder adalah fungsi dari trafo step down.

$$\frac{vp}{vs} = \frac{np}{ns}$$

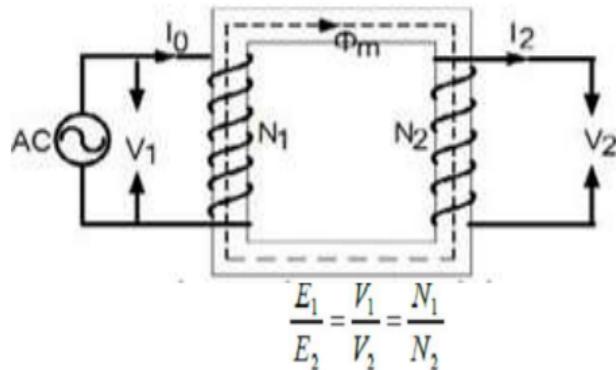
Keterangan:

VP = tegangan pada sisi kumparan primer.

VS = tegangan pada sisi lilitan sekunder.

NP = jumlah lilitan pada kumparan primer.

NS = banyaknya jumlah lilitan pada kumparan sekunder.



Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Transformator

Keterangan:

V = tegangan nominal transformator.

I = arus melalui transformator.

N = jumlah lilitan

2.2.3 Pengertian Isolasi

Isolasi adalah proses dalam melindungi sesuatu dengan mengelilinginya untuk melindungi, mencegah dan mengurangi transmisi suara, panas dan listrik.

Proses isolasi ini banyak diaplikasikan hampir di semua aspek kehidupan, baik dalam kelistrikan, konstruksi, bahkan sampai di dunia medis dan kesehatan. Misalnya dalam meredam suara di suatu bangunan yang didesain untuk ruang kedap suara. Begitu juga dalam dunia kelistrikan, isolasi sangatlah diperlukan karena digunakan sebagai pengaman dan dapat meminimalisir kecelakaan pada saat proses kelistrikan berjalan, misalnya pada transformator, digunakan kertas sebagai isolasi yang menahan tegangan tembus saat transformator dijalankan, begitu juga dengan kabel instalasi listrik pada sebuah bangunan pasti diperlukan isolator karet sebagai isolasi yang menahan listrik tidak tembus dari inti tembaga.

Ada pun 4 jenis bahan isolasi yaitu isolator padat, cair, gas dan selulosa. Contoh isolator padat, karet, kain dan plastik. Contoh isolator cair, minyak nabati dan minyak transformator. Contoh isolator gas adalah gas oksida (karbondioksida sulfurioksida dan udara. Contoh isolator selulosa yaitu kertas,

Bahan isolasi ini sengaja dirancang untuk mencegah panas, suara dan listrik ditransmisikan dari satu area ke area lain. Isolasi dapat bekerja dalam sejumlah cara yang berbeda, tetapi paling sering menggabungkan bahan yang terdiri dari jutaan kantong kecil udara. Udara diam adalah isolator yang sangat baik, dan kantong udara yang terperangkap adalah apa yang memberikan sebagian besar jenis isolasi ketahanan termal yang tinggi

2.2.4 Isolasi Kertas

Isolasi kertas banyak dimanfaatkan dalam kelistrikan, pada transformator contohnya. Isolasi kertas sendiri berfungsi sebagai pembungkus, isolasi dan partisi. Maka isolasi kertas harus bersifat fleksibel dan tipis supaya bisa mengikuti bentuk yang akan diisolasi. Isolasi kertas sering disebut juga isolasi selulosa yaitu isolasi yang terbuat dari bahan daur ulang.

Komponen yang paling penting dari sistem isolasi kertas adalah yang membungkus lilitan konduktor tembaga atau alumunium yang tidak mudah diganti seperti Isolasi kertas sangat penting karena keadaan kertas yang tidak bisa direkondisi, reklamasi ataupun diganti. Oleh karena itu umur material isolasi kertas, menjadi faktor pembatas dalam pengoperasian transformator. Sebagian besar isolasi kertas yang digunakan pada transformator memiliki karakteristik-karakteristik mekanis, dielektrik, termal, dan kimia yang baik. Sifat ini akan melindungi inti transformator dari suhu dan tegangan tinggi saat transformator beroperasi, juga dapat memperpanjang umur transformator

2.2.5 Isolasi Minyak

Isolasi minyak adalah bahan isolator cair. Minyak ini banyak digunakan sebagai bahan dielektrik pada berbagai perangkat listrik seperti trafo, saklar, kabel listrik, dll. sebagai bahan dielektrik, minyak trafo dapat memiliki beberapa fungsi. Fungsi utamanya adalah sebagai media isolasi antara bagian-bagian yang memiliki beda potensial untuk mencegah sengatan listrik atau percikan api, dan fungsinya lainnya sebagai media pendingin pada transformator, kabel listrik atau sebagai

media pemadam busur api pada saklar. Minyak transformator mineral terdiri dari senyawa hidrokarbon utama yang terdiri dari senyawa hidrokarbon parafin, senyawa hidrokarbon naftenat dan senyawa hidrokarbon aromatik. Selain ketiga senyawa tersebut, juga mengandung senyawa lain, aditif dalam konsntrasi rendah, berguna untuk meningkatkan efek oksidasi, menyerap gas. Jenis isolasi minyak yang sering beredar di pasaran yaitu minyak diala, minyak nynas, minyak BP, minyak trafo sintetis dan minyak trafo mineral. Isolasi minyak yang akan digunakan pada transformator harus mempunyai karakteristik seperti; viskositas yang rendah untuk mempermudah sirkulasi, titik nyala yang tinggi untuk mencegah terjadinya kebakaran, bebas asam untuk mencegah karat dari tembaga dan kerusakan pada isolasi belitan, tidak bersifat korosif, tahan terhadap oksidasi, mempunyai kekuatan dielektrik (tegangan tembus) yang tinggi dan tidak mengandung sedimen.



Gambar 2. 2 Isolasi Minyak

Ada beberapa alasan mengapa bahan isolasi cair banyak digunakan dibanyak perangkat, yaitu kerapatan bahan isolasi cair 1000 kali atau lebih dari bahan

isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi, bahan isolasi cair mengisi celah atau lubang yang akan diisolasi, bahan isolasi cair dapat menghilangkan panas yang timbul dari hilangnya daya, dan bahan isolasi cenderung memperbaiki sifat sifatnya jika terjadi pelepasan. Bahan isolasi cair yang ideal memiliki nilai tinggi untuk kekuatan dielektrik, resistensi volume, dan konduktifitas termal, jenis dan konduktifitas. Selain itu, bahan isolasi harus memiliki nilai koefisien rugi, densitas, dan viskositas yang rendah. Bahan isolasi cair juga juga harus tidak korosif, tidak mudah terbakar, tidak beracun, dan stabil secara kimiawi. Ketika bahan isolasi cair (dielektrik) digunakan dalam peralatan listrik, tekanan diterapkan pada dielektrik, baik dalam bentuk tekanan listrik atau panas. Setiap bahan dielektrik memiliki batas kekuatan untuk menahan tekanan listrik. Ketika tekanan listrik yang dibawa oleh bahan dielektrik melebihi kapasitasnya, bahan dielektrik tersebut menghantarkan arus (breakdown) dan gagal sebagai isolator. Kemampuan bahan dielektrik untuk menahan tekanan listrik maksimum tanpa menyebabkan sengatan listrik disebut kekuatan dielektriknya. Adanya bahan lain yang terkandung dalam bahan dielektrik cair seperti oksigen, air, sedimen, pengotor yang dihasilkan dari penguraian padatan dapat menyebabkan penurunan kekuatan bahan dielektrik cair. Pengurangan kekuatan dielektrik mempengaruhi pengurangan kecepatan kerusakan isolasi. Pada oli bekas, kerusakan isolasi harus dikurangi agar tidak melebihi batas yang diperolehkan menurut tabel 1 dibawah ini:

Tabel 2. 1 Tabel batasan minyak

No.	Sifat	Tegangan	Batas yang	Metode uji
-----	-------	----------	------------	------------

		peralatan	dijalankan	
1.	Tegangan tembus	≥ 170 70-170 $\geq 50\text{KV}$	$\geq 50\text{KV}/2,5\text{mm}$ $\geq 40\text{KV}/2,5\text{mm}$ $\geq 30\text{KV}/2.5\text{mm}$	IEC165
2.	Kandungan air	≥ 170 ≤ 170	$\leq 20 \text{ mg}/1$ $\leq 30 \text{ mg}/1$	IEC R760
3.	Faktor kebocoran dielektrik	Semua tegangan	$\leq 0,2-2,0$	IEC 247 & IEC250
4.	Tahanan jenis	Semu a tegangan	10 Gohm-m	IEC 93 & IEC247
5.	Angka kenetralan	Semua tegangan	$\leq 0,5$ $\text{mgK'OH}/\text{gr}$	IEC 296
6.	Sedimen	--	Tidak terukur	IEC 296
7.	Titik nyala	--	Pemanasan maksimum 150C	IEC 296
8.	Tegangan permukaan	--	$\geq 150 \times 10^{-3}$ nm^{-1}	IEC 296
9.	Kandungan gas	≥ 170	--	Sedang digarap IEC

2.3 isolator kertas

Isolator kertas memiliki kekuatan dielektrik yang berbeda-beda walaupun terbuat dari bahan yang sama. Adapun beberapa komposisi yang ada pada kertas seperti selulosa dan hemilosa. Selulosa dapat tereduksi menjadi fruktosa dan glukosa. Pada hemiselulosa dapat tereduksi menjadi silose dan arabinose. Dengan terbentuknya unsur senyawa seperti fruktosa dan glukosa dari selulosa yang akan tercampur dengan minyak akan membuat senyawa yang disebut furan, sedangkan pada silose dan arabinose akan terbentuk senyawa yang akan bercampur dengan minyak yaitu furfuran. Dari unsur senyawa furan dan furfuran inilah yang dapat membantu proses tegangan tembus pada transformator. Pengujian tegangan tembus (*breakdown voltage*) pada penelitian ini menggunakan elektroda setengah bola dengan standart IEC 60156.

2.3.1 karakteristik isolator kertas

Pada setiap jenis isolator memiliki karakteristik dan standar tertentu, begitu juga dengan isolator kertas. Beberapa syarat suatu bahan dapat dikatakan sebagai bahan isolator yaitu, mempunyai sifat dapat mengisolir arus listrik, memiliki tahanan listrik (resistansi) yang besar sekali, Susunan atomnya sedemikian rupa sehingga elektron valensinya sulit berpindah ke pita konduksi, karena celah energinya besar sekali. Jika terjadi perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi dengan kata lain terjadi tegangan tembus (breakdown voltage). Berikut adalah standar karakteristik dari isolator kertas:

1. Tahan listrik dan panas.

Bahan isolator kertas harus dapat mencegah mengalirnya arus listrik dan panas dari konduktor.

2. Kekuatan dielektrik yang baik.

Isolator kertas harus memiliki kekuatan dielektrik atau tidak dapat mengaliri arus listrik pada tegangan maksimum.

3. Sifat mekanikal yang kuat.

Kekuatan mekanikal mengacu pada isolator kertas yang tidak gampang mengalami kerusakan dan tahan terhadap tekanan atau tarikan serta bersifat lentur.

4. Sifat kimia.

Sifat kimia yaitu tidak mudah hancur atau lebur saat terkena cairan seperti minyak trafo saat dilakukan perendaman.

2.3.2 Jeneis-jenis kertas yang digunakan

Jenis kertas yang akan dipakai dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Kertas ceramic fiber

Kertas serat keramik adalah isolator yang sangat baik dan dirancang untuk berbagai aplikasi. Kertas serat keramik putih digunakan dalam berbagai aplikasi pengolahan panas. Serat keramik memiliki ketahanan suhu tinggi, konduktivitas termal rendah, kepadatan dan ketahanan yang sangat baik terhadap kejut termal dan kejut kimia. Kertas ini terbuat dari bahan aluminosilikat ultra-murni memalui proses peleburan dan serat tungku suhu tinggi yang ketat. Serat putih dan tidak berbau,

cocok untuk suhu tinggi sehingga sekitar 1000°C, ketebalan kertas ini adalah 0,8 mm, 1,6 mm, 3,2 mm, dan 6,35 mm.

Karakteristik dan spesifikasi:

Memiliki bobot yang ringan, konduktivitas termal rendah, ketahanan suhu tinggi, kekuatan pemrosesan yang sangat baik, retensi panas rendah, ketahanan kejut termal, ketahanan api, ketahanan kimia, dan kompatibel dengan sebagian besar bahan kimia korosif, asam alkali yang umum digunakan (pengecualian adalah fluorida, asam fosfat dan terkonsentrasi alkalis).

- tahan suhu tinggi hingga
- sifat konduktivitas thermal yang rendah
- sifat isolasi yang baik
- tidak gampang mengkerut/mengempis
- mampu menjaga stabilitas suhu yang baik



Gambar 2. 3 Kertas Ceramic Fiber

2. Kertas Nomex NMN

Kertas insulasi NMN adalah bahan komposit lunak yang terdiri dari lapisan tengah film poliester dan kertas nomex putih di kedua sisi, dengan ketahanan 155° . Ini memiliki sifat mekanik yang baik, seperti kekuatan tarik tinggi, ketahanan sobek dan kekuatan listrik yang baik. Permukaan kertas isolasi NMN halus. Saat menggunakan mesin belitan otomatis dalam produksi motor tegangan rendah, tidak akan ada kesalahan. Kertas isolasi NMN terutama digunakan untuk isolasi antara slot, penutup slot dan fase motor tegangan rendah, tetapi juga dapat digunakan untuk isolasi antara transformator dan peralatan listrik lainnya. Kertas Isolasi NMN dibuat dari bahan isolasi listrik komposit berkualitas tinggi yang diproduksi oleh Isovolta di Eropa. Lembaran isolasi fleksibel ini terdiri dari dua lapisan luar asli, DuPont Nomex dan satu lapisan film PET di tengah.

Kertas NMN biasanya digunakan sebagai bahan slow liner yang fleksibel untuk motor listrik serta untuk penutupan slot dan isolasi fase pada motor tegangan rendah. Ini juga digunakan sebagai isolasi interlayer dalam transformator dan jenis mesin listrik lainnya. Ketebalan dari kertas ini dari 0,5 mm, 0,12 mm dan 0,76 mm.

Karakteristik dari kertas ini adalah:

- Stabilitas thermal yang baik
- Tahan panas

- Kekuatan isolasi yang melekat
- Kekuatan dielektrik yang tinggi
- Ketangguhan mekanis
- Kompatibilitas kimia
- Resistansi radiasi



Gambar 2. 4 Kertas Nomex

2.4 metode pengujian tegangan tembus

Sebelum melakukan pengujian, perlu diperhatikan prosedur pengujian tegangan tembus isolasi kertas agar terhindar dari hal-hal yang membahayakan bagi penguji dan untuk mencegah kerusakan pada alat pengujian tegangan tinggi ini, diantaranya:

- a) Menyiapkan bahan pengujian, mulai dengan merendam kertas isolasi dalam gelas beaker yang terisi minyak transformator hingga waktu sudah ditentukan.
- b) Pemasangan pembangkit tegangan AC dengan benar, dan sesuai dengan gambar dan standar pengujian.

- c) Langkah pengujian harus sesuai dengan flowchart pada gambar
-
- d) Memasang tanda bahaya agar tidak ada orang yang mendekati modul dan transformator pengujin pada saat pengujian brlangsung.
- e) Pengecekan kabel pentanahan (*grounding*) terpasang dengan benar dan aman.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka konsep penelitian

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai langkah-langkah pengujian dan metode yang digunakan secara terperinci dan lengkap. Yang pertama peralatan yang digunakan, kemudian bahan yang dibutuhkan, langkah selanjutnya adalah mempersiapan sebelum melakukan pengujian mulai pemilihan kertas hingga dilakukannya pengujian pada setiap sample yang dibutuhkan.



Gambar 3. 1 Kerangka Konsep Penelitian

3.2 Objek penelitian/Alat dan bahan

Peralatan pengujian merupakan perlengkapan yang dibutuhkan untuk mendukung proses pengujian sehingga dapat berjalan, berikut adalah seperangkat alat pengujian tegangan tinggi dan sampel untuk pengujian:

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

No.	ALAT	BAHAN PENGUJIAN
1.	Seperangkat alat pengujian tegangan tinggi	Kertas nomex NMN

2.	Wadah	Minyak Transformator NYNS
3.	Mikrometer Sekrup	Kertas ceramic fiber
4.	Plastic obat	
5.	Pinset stainless	

3.2.1 Wadah

Wadah ini diguanakan untuk menamoung minyak trafo yang kemudian kedua jenis kertas akan direndam dalam wadah yang berisi minyak trafo tersebut.



Gambar 3. 2 Wadah Minyak Trafo

3.2.2 Mikrometer sekrup

Mikrometer sekrup adalah alat untuk mengukur suatu ketebalan suatu benda. Pada pengujian ini, mikrometer sekrup digunakan untuk menentukan ketebalan dari sampel atau kertas yang akan diuji. Masing-masing jenis kertas

kertas dibentuk dengan ketebalan 1 sampai 2 mm dengan pembacaan angkanya yang tertera pada alat ini.



Gambar 3. 3 Mikrometer Sekrup

3.2.3 Pembangkit tegangan tinggi AC

Pembangkit tegangan tinggi AC ini digunakan untuk menguji ketahanan kertas isolasi yang telah dipilih dalam pengujian ini. Sumber tegangan dari pembangkit tegangan AC ini berasal dari tegangan AC kemudian disalurkan ke transformator step up untuk menaikkan tegangan hingga tegangan outputnya lebih besar dari sumber. Berikut adalah persyaratan pembangkitan tegangan tinggi AC:

- a. Nilai tegangan testing merupakan nilai puncak (V_{peak}), dan untuk mendapatkan nilai V_{rms} maka nilai puncak tersebut harus dibagi $\sqrt{2}$ terlebih dahulu.
- b. Bentuk gelombang output yang terbentuk harus sinusoidal yang sempurna.
- C. Gelombang tegangan yang muncul harus memiliki nilai ripple atau gangguan yang rendah (5%).

Pada pengujian tegangan tinggi kita menggunakan transformator 1 phase dan kabel yang ditanahkan. Transformator pengujian ini bisa menghasilkan

tegangan output hingga 100kV. Dalam pembangkitan tegangan tinggi AC, sumber tegangan input dari sumber tegangan masuk ke transformator step up untuk menaikkan tegangan pada level tertentu, kemudian masuk ke resistor untuk mencegah arus balik jika terjadi short circuit (gangguan hubung singkat), dan lanjut masuk ke modul pengujian sampai kepada elektroda.

3.3 Bahan pengujian

Bahan pengujian, hal ini merupakan bagian sangat penting dalam pengujian ini. Dan bahan yang digunakan dalam pengujian pada tugas akhir ini: isolasi kertas ceramic fiber, kertas nomex NMN dan minyak isolator NYNS.

3.3.1 Isolasi minyak transformator

Minyak transformator tergolong minyak yang sering dipakai dipasaran terutama pada produsen transformator. Minyak transformator ini memiliki warna kekuningan dan bening seperti pada gambar 3.6. Minyak transformator digunakan untuk merendam kertas isolasi untuk menguji tegangan tembus (*breakdown voltage*) dengan jangka waktu yang berbeda. Pada pengujian ini kami akan menggunakan minyak transformator yang dalam kondisi belum terpakai dan yang sudah bekas terpakai



Gambar 3. 4 Minyak Isolator NYNS

3.3.2 Isolasi kertas

Isolasi kertas adalah bahan utama di pengujian ini dan akan melewati beberapa langkah sebelum diuji tes tegangan tembus. Kertas ini dipilih berdasarkan hasil diskusi dengan dosen pembimbing. Berikut adalah jemis kertas yang akan digunakan pada pengujian ini:

1. Kertas ceramic fiber, adalah kertas pertama yang akan digunakan dalam pengujian ini. Kertas ceramic fiber bersifat fleksibel, tidak mudah lebur saat terendam minyak dan tahan terhadap suhu yang tinggi. Kertas ini memiliki tebal 0,8 mm, 1,6 mm, 3,2 mm dan 6,35. Saat akan diuji kertas ini akan dilipat hingga ketebalannya 1 sampai 2 mm.
2. Kertas nomex , kertas ini memiliki karakter yang sesuai sebagai isolasi karena bersifat mekanik yang baik, tahan terhadap suhu panas yang tinggi. Seperti kertas ceramic fiber, kertas ini juga akan dilipat hingga mencapai ketebalan 1 – 2 mm, setelah itu siap untuk diuji tegangan tembus.

3.3 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada Laboratorium tegangan tinggi yang bertempat di Universitas Negeri Gorontalo dimulai pada februari – November 2023.

3.4 Tahapan dan alur penelitian

Tahapan yang kami lakukan pada penelitian ini adalah :

1. Studi literatur

- Mengambil referensi penelitian dari beberapa jurnal di internet dan mengelola bahan penelitian

2. Persiapan alat dan bahan

- Menyiapkan bahan yang akan diuji hingga alat pembangkitan tegangan tinggi AC

3. Melakukan pengujian

- Pengujian bahan isolator kertas terhadap tegangan tembus

4. Analisis hasil pengujian

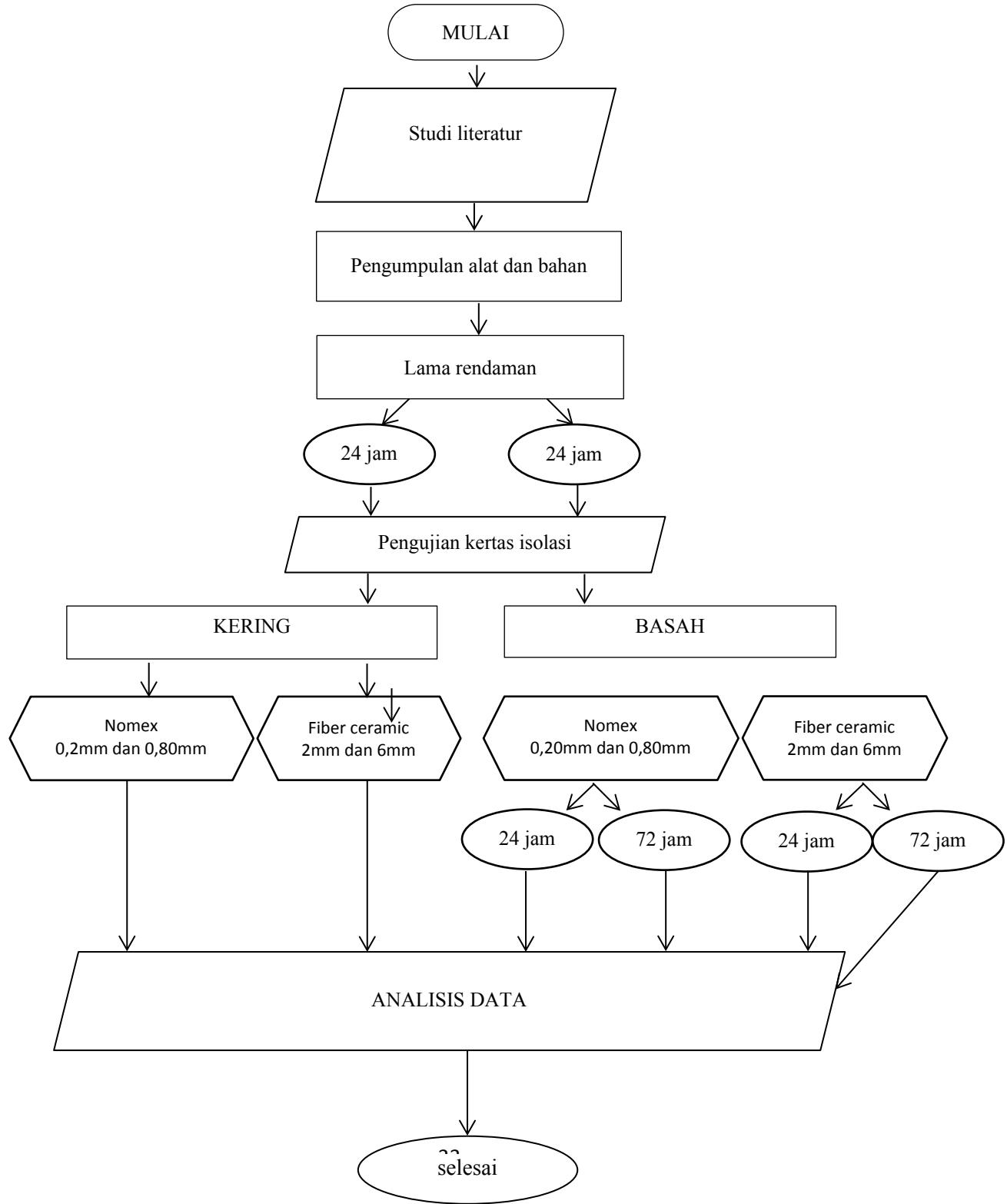
- Pengambilan data dilakukan secara manual dengan cara mencatat tegangan tembus dari masing-masing kertas yang sudah direndam maupun yg tidak direndam. Adapun tabel pengambilan datanya sebagai berikut :

Lama rendaman	Nomex		Lama rendaman	Fiber ceramic		
	Tegangan tembus (kV)			Tegangan tembus (kV)		
	Tebal 0,20mm	Tebal 0,80mm		Tebal 2mm	Tebal 6mm	
0 jam			0 jam			
24 jam			24 jam			
72 jam			72 jam			

5. Evaluasi

- hasil evaluasi dari penelitian ini didapatkan data hasil pengujian isolator kertas

3.6 Flowchart pengujian



BAB IV

ANALISA DAN HASIL PENGUJIAN

Bab ini mebahas setiap sampel yang akan diuji tegangan tembusnya pada laboratorium tegangan tinggi yng dilakukan pada 8 oktober 2023. Untuk memudahkan nalisis, sampel akan diuraikan dalam tabel. Untuk setiap setiap sampel, tiga kali pengujian dilakukan, dan setiap jenis isolator ketas akan memiliki ketebalan tiga kali tebal awalnya. Selain itu, sampel yang diuji akan diuji dalam dua kondisi: krtas nomex kondisi kering dengan ketebalan 20 milimeter dan 80 milimeter, nomex kondisi perendaman 24 jam dengan ketebalan 20 milimeter dan 80 milimeter, dan nomex kondisi rendaman 72 jam dengan ketebalan 20 milimeter dan 80 milimeter.

4.1 Pengujian Kertas Isolator Tanpa Rendaman Dan Direndam Minyak Isolasi

Terkait dengan hasil tegangan tembus, juga dikenal sebagai tegangan breakdown, dengan berbagai variabel jenis isolasi kertas. Untuk setiap jenisnya, pengujian akan dilakukan secara bergantian. Kertas akan dibersihkan sebelum pengujian agar tidak ada kotoran yang dapat mempengaruhi kertas saat pengujian. Selama pengujian, setiap jenis sampel isolasi kertas menerima tegangan tingi AC yang naik secara bertahap dari 0 volt hingga tegangan tembus (breakdown voltage) muncul tabel yang sudah dibuat sebelumnya akan menunjukan langkah selanjutnya. Tujuan dari langkah ini adalah untuk melakukan pengamatan dan mengidentifikasi karakteristik kurva masing-masing jenis isolasi kertas. Pengujian ini akan memeriksa kondisi kertas baik direndam dengan maupun tanpa

perendaman. Dengan kata lain, pengujian ini akan memeriksa kondisi semua jenis isolasi kertas.

4.1.1 Pengujian Isolator Kertas Jenis Nomex

Pengujian pertama akan dilakukan pada jenis kertas nomex dengan tegangan 0 volt hingga tegangan tembus (breakdown voltage) terbentuk pada kertas yang terisolasi. Tegangan tembus ini akan memiliki berbagai variabel, mulai dari ketebalan 0,20 milimeter hingga 0,80 milimeter, dan kemudian dalam kondisi kering dan dengan waktu rendaman yang berbeda, mulai dari 24 jam hingga 72 jam.

Tabel 4. 1 Nilai Tegangan Tembus Kertas Nomex Kondisi Kering

PENGUJIAN	TEGANGAN TEMBUS (kV)	
	TEBAL 0,20mm	TEBAL 0,80mm
1	7,2	12,7
2	4,7	11,7
3	2,6	11,8
RATA-RATA	4,8	12

Tabel 4. 2 Nilai Tegangan Tembus Kertas Nomex Kondisi Rendaman 24 Jam

PENGUJIAN	TEGANGAN TEMBUS	
	TEBAL 0,20mm	TEBAL 0,80mm
1	7,8	10,3
2	7,6	9,3
3	7,2	9,7
RATA-RATA	7,5	9,7

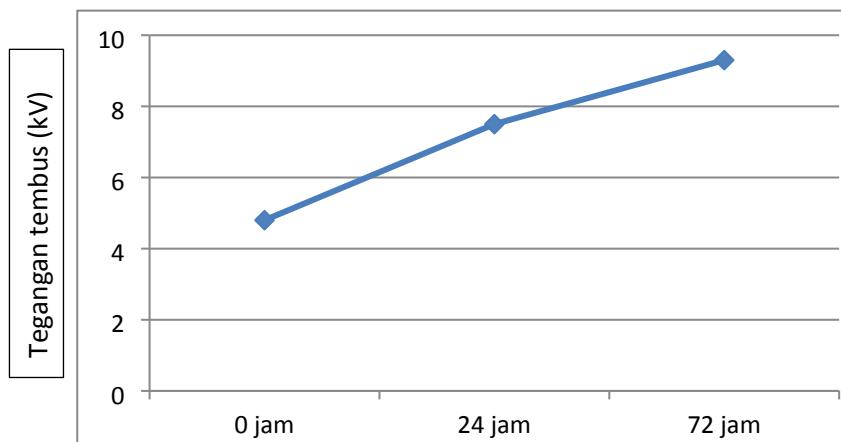
Tabel 4. 3 Nilai Tegangan Tembus Kertas Nomex Kondisi Rendaman 72 Jam

PENGUJIAN	TEGANGAN TEMBUS (kV)	
	TEBAL 0,20mm	TEBAL 0,80mm
1	9,2	12,4
2	9,4	12,5
3	9,5	12,6
RATA-RATA	9,3	12,5

Setelah menguji semua sampel pada isolasi kertas nomex ketebalan 0.20 mm dan 0.80 mm, akan dilanjutkan dengan membuat tabel dan grafik yang membandingkan lama perendaman dan ketebalan kertas nomex. Tabel berikut menunjukkan perbandingan isolasi kertas nomex ketebalan 0.20 mm dan 0.80 mm, dan waktu perendaman kering adalah 24 dan 72 jam.

Tabel 4. 4 Nilai Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Dengan Ketebalan 0,20mm

lama perendaman	nilai tegangan tembus (kv)
0 jam	4,8
24 jam	7,5
72 jam	9,3

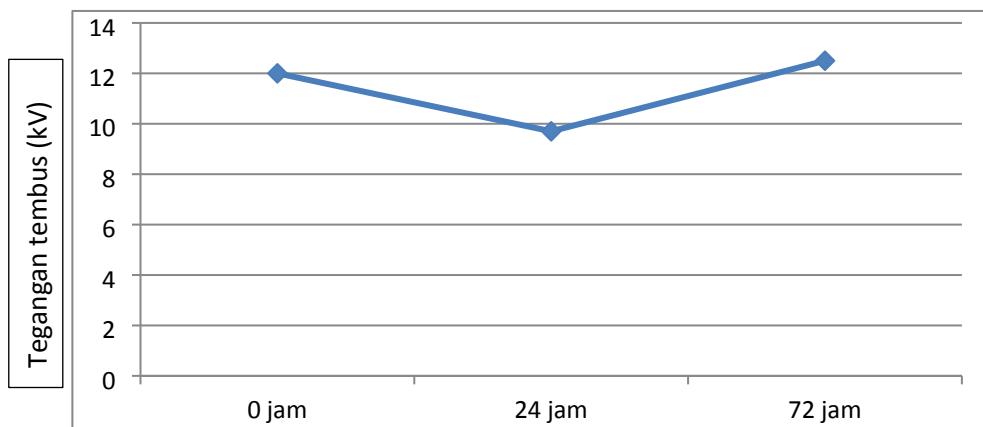


Gambar 4. 1 Grafik Rat-Rata Nilai Tegangan Tembus Pada Kertas Nomex Dengan Tebal 0,20mm

Sedangkan nilai breakdown voltage pada pengujian isolasi kertas press dengan ketebalan 0,80mm adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil nilai tegangan tembus (breakdown voltage) dengan ketebalan 0,80mm

LAMA PERENDAMAN	NILAI TEGANGAN TEMBUS (KV)
0 jam	12
24 jam	9,7
72 jam	12,5



Gambar 4. 2 Grafik Rata-Rata Nilai Breakdown Voltage Pada Kertas Nomex Dengan Ketebalan 0,80mm

Pengujian yang dilakukan pada isolasi kertas nomex menunjukkan bahwa dalam jangka waktu 24 jam, perendaman kertas dalam minyak dapat mempengaruhi nilai voltase breakdown. Pada isolasi kertas nomex dengan ketebalan 0.20 milimeter dan kertas nomex dengan ketebalan 0.80 milimeter,

perbedaan voltase breakdown sebesar 7,5 milivolt. Dalam pengujian kertas nomex, ditemukan bahwa semakin lama kertas direndam, semakin kuat kekuatan dielektrikalnya. Misalnya setelah 72 jam direndam, tegangan breakdown hampir mencapai 9.3 KV pada kertas ketebalan 0.20 milimeter, sedangkan tegangan breakdown pada kertas 0.80 milimeter mencapai 12.5 kV. Dengan demikian, tegangan breakdown dari kertas nomex yang lebih tebal menjadi lebih tinggi.

4.1.2 Pengujian Isolator Kertas Jenis Fiber Ceramic

Selanjutnya, pengujian dilakukan pada isolasi kertas jenis fiber ceramic, jenis kertas yang paling sering digunakan dan digunakan sebagai pembatas antar lapisan pada minyak transformator. Hasil pengujian isolasi kertas fiber ceramic dengan ketebalan 2 mm dan 6 mm ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. 6 Nilai Tegangan Tembus Kertas Fiber Ceramic Kondisi Kering

PENGUJIAN	TEGANGAN TEMBUS (kV)	
	TEBAL 2mm	TEBAL 6mm
1	2	20
2	1,9	29,3
3	2,1	24,7
RATA-RATA	2	24,6

Tabel 4. 7 Nilai Tegangan Tembus Kertas Fiber Ceramic Kondisi Rendaman 24 Jam

PENGUJIAN	TEGANGAN TEMBUS (kV)	
	TEBAL 2mm	TEBAL 6mm
1	3,6	28,4
2	4,1	28,6
3	3,2	26,8
RATA-RATA	3,6	27,9

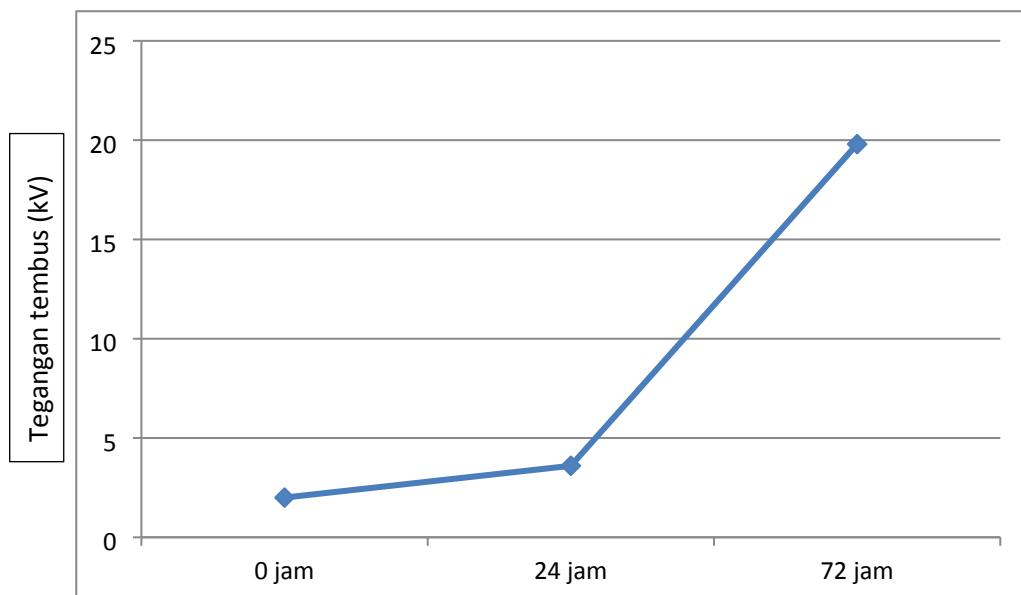
Tabel 4. 8 Nilai Tegangan Tembus Kertas Fiber Ceramic Kondisi Rendaman 72 Jam

PENGUJIAN	TEGANGAN TEMBUS (kV)	
	TEBAL 2mm	TEBAL 6mm
1	18,6	29,2
2	21,2	32,8
3	19,7	32,7
RATA-RATA	19,8	31,5

Setelah menguji semua sampel pada isolasi kertas fiber ceramic dengan ketebalan 2 mm dan 6 mm kita kan membuat tabel perbandingan untuk setiap lama perendaman dan ketebalan kertas fiber ceramic. Perbandingan isolasi kertas fiber ceramic pada ketebalan 2 mm dan 6 mm adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 9 Nilai Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Dengan Ketebalan 2 Mm

LAMA PERENDAMAN	NILAI TEGANGAN TEMBUS (KV)
0 jam	2
24 jam	3,6
72 jam	19,8

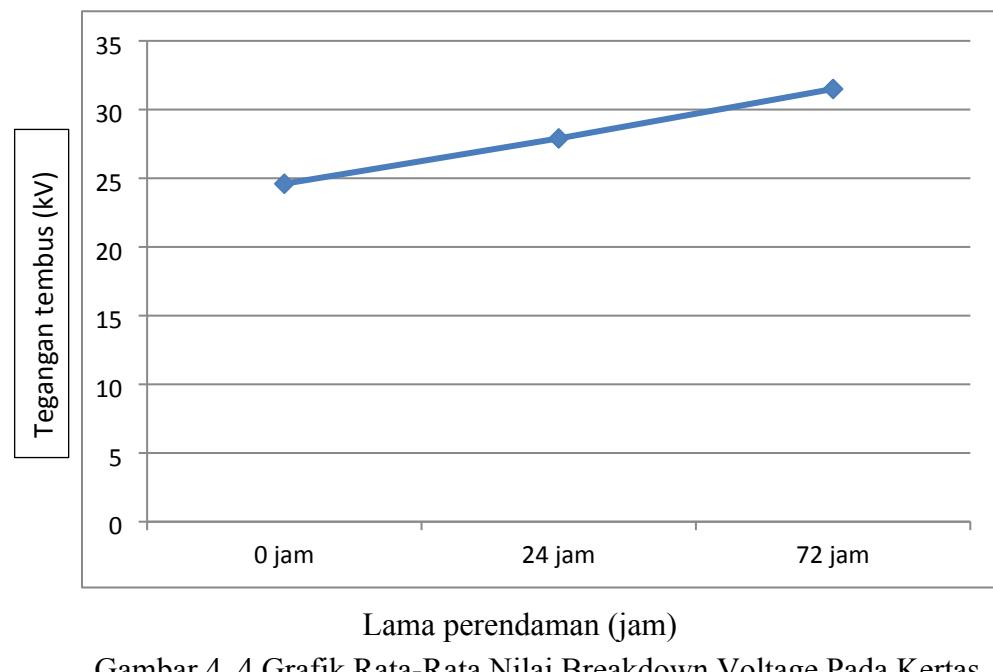


Gambar 4. 3 Grafik Rata-Rata Nilai Tegangan Tembus Pada Kertas Fiber Ceracic Dengan Tebal 2 Mm

Berikut adalah tabel dan grafik nilai breakdown voltage pada isolasi kertas fiber ceramic dengan ketebalan 6 mm:

Tabel 4. 10 Nilai Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Dengan Ketebalan 6 Mm

LAMA PERENDAMAN	NILAI TEGANGAN TEMBUS (KV)
0 jam	24,6
24 jam	27,9
72 jam	31,5



Gambar 4. 4 Grafik Rata-Rata Nilai Breakdown Voltage Pada Kertas Fiber Ceramic Dengan Ketebalan 6 Mm.

Menurut data dari pengujian isolasi kertas fiber ceramic, nilai breakdown voltage kertas fiber ceramic tanpa perendaman minyak adalah 2kV pada ketebalan 2 mm kertas fiber ceramic murni, 3.6 kV pada mengujian kertas fiber ceramic yang direndam dengan minyak selama 24 jam, dan 3.6 kV pada pengujian kertas

fiber ceramic yang direndam dengan minyak selama 72 jam. Menghasilkan tegangan sebear 31,5 selama 72 jam perendaman. Hal ini menunjukkan bahwa, dibandingkan dengan jenis isolasi kertas lainnya, proses adhesi pada fiber ceramic berlangsung lebih cepat.

4.1.3 Analisa Semua Jenis Sampel Kertas Isolator

Setelah dilakukan pengujian secara keseluruhan dapat dianalisa bahwa setiap jenis kertas memiliki tingkat adhesi atau penyerapan minyak ke dalam kertas berbeda-beda. Begitu juga dengan ketebalan dari setiap jenis kertas berpengaruh terhadap tegangan tembus. Pernyataan tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 11 Perbandingan Nilai Tegangan Tembus (Breakdown Voltage) Dari Kedua Jenis Sampel

Lama rendaman	Nomex		Lama rendaman	Fiber ceramic		
	Tegangan tembus (kV)			Tegangan tembus (kV)		
	Tebal 0,20mm	Tebal 0,80mm		Tebal 2mm	Tebal 6mm	
0 jam	4,8	12	0 jam	2	24,6	
24 jam	7,5	9,7	24 jam	3,6	27,9	
72 jam	9,3	12,5	72 jam	19,8	31,5	

Tabel diatas menunjukkan bahwa kertas nomex memiliki nilai tegangan tembus 4,8 kV ketika diuji dalam kondisi kering dengan ketebalan awal, sementara kertas fiber ceramic memiliki nilai tegangan tembus yang lebih rendah 2 kV. Namun, ketika masing-masing kertas ditambahkan ketebalannya, hasilnya sebaliknya, kertas fiber ceramic memiliki nilai tegangan tembus yang lebih tinggi, 24,6 kV, sedangkan kertas nomex hanya memiliki 12 kV. Selanjutnya, pengujian dilakukan pada kertas fiber ceramic yang direndam minyak isolator selama 24 jam pada tebal awal. Hasilnya sama seperti pada kondisi kering, tetapi kertas nomex hanya memiliki 9,3 kV dan kertas fiber ceramic mencapai nilai tegangan tembus 19,8 kV. Selain itu, saat setiap jenis kertas ditambahkan ketebalan, kertas fiber ceramic mencapai nilai yang signifikan 31,4 kV.

Penjelasan ini menunjukkan bahwa ketebalan kertas isolasi dapat mempengaruhi nilai tegangan tembus, atau tegangan breakdown, tetapi itu tidak berarti bahwa kertas isolasi yang lebih tebal lebih efisien, karena kertas isolasi yang digunakan pada transformator harus memiliki ketebalan tertentu. Selain itu, durasi perendaman kertas isolasi, yang masing-masing berlangsung selama 24 jam dan 72 jam, dapat mempengaruhi tegangan dengan menghasilkan tegangan tembus yang lebih tinggi. Proses adhesi kertas yang lebih lama akan menyebabkan rongga kertas membentuk struktur komposit yang lebih baik.

Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil Pengujian Dengan Penelitian Sebelumnya

Jenis kertas		Tegangan tembus (kV)		
		Lama rendaman		
		0 jam	24 jam	72 jam
nomex	0,2mm	4,8	7,5	9,3
	0,8mm	12	9,7	12,5
Fiber ceramic	2mm	2	3,6	19,8
	6mm	24,6	27,9	31,5
Press	1mm	7.40	10.64	12.63
	2mm	9.26	12.17	14.49
Krep	1mm	12.18	17.10	17.63
	2mm	17.12	22.74	24.11
Pressboard	1mm	11.05	16.69	18.52
	2mm	13.34	18.33	19.68
kraft	1mm	13.98	28.72	29.12
	2mm	23.60	35.26	35.94

4.2 Analisa kegagalan dielektrik dalam pengujian

Kegagalan dielektrik pasti memiliki penyebabnya, dan analisis harus dilakukan untuk mengetahui titik kelemahan isolasi dan menghindarinya.

Kegagalan mengisolasi kertas dari pengujian dapat disebabkan oleh faktor-faktor berikut:

Kegagalan elektromekanik ini disebabkan oleh perbedaan polaritas antara elektroda yang mengapit isolasi kertas. Selain itu, tekanan yang diberikan pada isolasi kertas melampaui ketahanan permukaanya, sehingga isolasi kertas gagal.

Kegagalan intrinsik terjadi karena masing-masing jenis isolasi kertas memiliki karakteristik permukaan lapisan kertas yang berbeda. Ketebalan kertas juga berpengaruh terhadap nilai voltage breakdown, dengan ketebalan kertas yang lebih tinggi berpengaruh pada nilai voltage breakdown.

Kegagalan erosi terjadi ketika kertas diisolasi tanpa pengaruh dari luar. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai breakdown voltage berbeda bahkan dengan jenis kertas yang sama dalam hal ketebalan dan perlakuan. Ini karena kualitas isolasi yang berbeda, seperti jumlah rongga dan lebar rongga di permukaanya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis tugas akhir ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai tegangan tembus pada isolasi kertas kondisi kering (tanpa direndam) memiliki nilai yang berbeda, karena pada datasheet kertas menggunakan standart pengujian yang berbeda.
2. Nilai tegangan tembus (*breakdown voltage*) mengalami kenaikan dengan ditambahnya ketebalan kertas dari 0,20 mm menjadi 0,80 mm, dan ketebalan 2 mm menjadi 6 dengan penambahan sampai 4 kali lipat untuk kertas nomex 3 kali lipat untuk kertas fiber ceramic.
3. Nilai tegangan tembus isolasi kertas mengalami kenaikan dengan direndam kedalam minyak, semakin lama direndam didalam minyak maka nilai *breakdown voltage* akan mengalami peningkatan juga. Namun dengan lama perendaman tertentu tergantung pada setiap jenis kertas memiliki nilai *breakdown voltage* yang bernilai hampir sama dan bahkan ada yang nilainya menurun.
4. Pada jenis isolasi kertas nomex harus dilakukan perendaman dalam minyak selama 72 jam agar memiliki nilai *breakdown voltage* yang stabil, sedangkan pada jenis isolasi kertas fiber ceramic hanya membutuhkan waktu perendaman selama 24 jam. Hal tersebut dapat terjadi karena pada setiap jenis isolasi kertas memiliki kemampuan

proses adhesi yang berbeda beda, proses adhesi adalah proses dimana antar senyawa kimia saling megikat untuk menjadi komposit yang lebih sempurna.

5. Dapat dianalisis bahwa dengan direndamnya isolasi kertas didalam minyak akan membuat kadar selulosa akan meningkat. Semakin tinggi nilai kadar selulosa juga akan membuat nilai breakdown voltage juga akan meningkat juga, hal tersebut dikarenakan dalam perendaman minyak akan membuat permukaan kertas yang tersusun selulosa tersebut memperbaiki struktur penyusunnya dan membuat rantai senyawa yang lebih kompleks dan panjang.

5.2 Saran

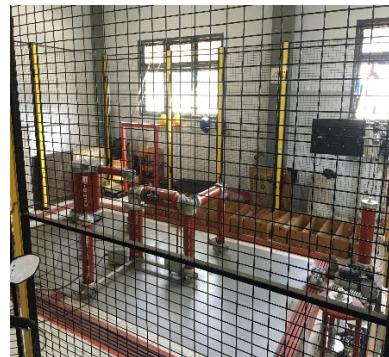
Pada saat melakukan pengujian suhu yang dipakai adalah suhu dalam ruangan laboratorium, karena saat melakukan perendaman kertas, suhu nya tidak selalu sama maka dari itu adanya pendingin udara yang digunakan agar dapat disamakan dengan suhu dalam ruangan laboratorium. Selain itu pada saat melakukan pengujian, udara tidak dalam kedaan hampa udara seperti kondisi awal kertas isolasi yaitu dalam keadaan hampa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ALBIN SALAM, I. D. (2017). ANALISIS TEGANGAN TEMBUS MINYAK DAN PENGARUH RENDAMAN MINYAK PADA ISOLASI. *Universitas Gadjah Mada, 2017* | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>.
- [2] FADRIAN JATMIKO, P. D., & Dr.Eng. F. Danang Wijaya, S. M. (2015). PERNGARUH PERENDAMAN BERBAGAI MACAM JENIS KERTAS DI DALAM MINYAK TRAFO. *Universitas Gadjah Mada, 2015* | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>.
- [3] c, 21-28.
- [4] MARGANDA H SIAGIAN, P. D., & Ir. Bambang Sugiyantoro, M. (2018). PENGUJIAN BEBERAPA MACAM KERTAS SEBAGAI BAHAN ISOLATOR PADA SISTEM TENAGA. *Universitas Gadjah Mada, 2018* | Diunduh dari <http://etd.repository.ugm.ac.id/>.
- [5] Nugrohor), D. (2010). KEGAGALAN ISOLASI MINYAK TRAFO. *Media Elektrika*, 3, 1-10.
- [6] Wahyu Kunto Wibowo, I. Y. (2008). ANALISIS KARAKTERISTIK BREAKDOWN VOLTAGE PADA DIELEKTRIK MINYAK . 1-11.
- [7] R. Radhitya, "Pengaruh Rendaman Minyak Transformator Terhadap Kekuatan Dielektrik Isolasi Kertas," Tek. Elektro Univ. Gadjah Mada, Yogyakarta, 2014.
- [8] M. Muchlis and A. D. Permana, "Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN 2003 S.D. 2020," Pengemb. Sist. Kelistrikan dan Menunjang Pembang. Nas. Jangka Panjang, p. 11 Halaman, 2003
- [9] Mohammad Irsan Simanjuntak dengan judul (2019) "pengaruh lama perendaman kertas trafo (pressboard) pada minyak mineral, minyak nabati, dan minyak sintetis terhadap karakteristik elektris kertas" 1-103 halaman
- [10] Evita Kristianah, Rudy Kurniawan, dan Ghiri Basuki Pratama (2017) judul *analisis karakteristik tegangan tembus pada minyak trafo nynnas dan appar terhadap suhu* 1-6

LAMPIRAN

Dokumentasi laboratorium fakutas teknik Universitas Negeri Gorontalo (UNG)



Dokumentasi perendaman isolator kertas nomex dan fiber ceramik



Dokumentasi pengujian isolator kertas nomex dan fiber ceramik





**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS IHSAN GORONTALO
FAKULTAS TEKNIK**

SK MENDIKNAS NOMOR 84/D/O/2001

JL. Ahmad Nadjamuddin No. 17. Telp. (0435) 829975 Fax. (0435) 829976 Gorontalo.

SURAT REKOMENDASI BEBAS PLAGIASI
No. 065/FT-UIG/XI/2023

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Ir. Stephan A. Hulukati. ST.,MT.,M.Kom
NIDN : 0917118701
Jabatan : Dekan /Tim Verifikasi Fakultas Teknik

Dengan ini menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Pramadya Herry Menix Sembiring
NIM : T21.18.022
Program Studi : Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Skripsi : Pengujian Beberapa Jenis Kertas Yang Digunakan Sebagai Bahan Isolator Pada Transformator.

Sesuai hasil pengecekan tingkat kemiripan skripsi melalui aplikasi Turnitin untuk judul skripsi di atas diperoleh hasil Similarity sebesar 14%, berdasarkan Peraturan Rektor No. 32 Tahun 2019 tentang Pendekripsi Plagiat pada Setiap Karya Ilmiah di Lingkungan Universitas Ihsan Gorontalo dan persyaratan pemberian surat rekomendasi verifikasi calon wisudawan dari LLDIKTI Wil. XVI, bahwa batas kemiripan skripsi maksimal 30%, untuk itu skripsi tersebut di atas dinyatakan BEBAS PLAGIASI dan layak untuk diujiankan.

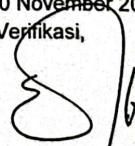
Demikian surat rekomendasi ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui
Dekan

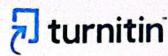
Dr. Ir. Stephan A. Hulukati. ST.,MT.,M.Kom
NIDN. 0917118701

Gorontalo, 30 November 2023

Tim Verifikasi,


Evi Sunarti Antu. ST.,MT
NIDN. 0929128303

Terlampir :
Hasil Pengecekan Turnitin



Similarity Report ID: oid:25211:47277266

PAPER NAME

pramadya herry menix sembiring2.docx

AUTHOR

pramadya herry menix sembiring

WORD COUNT

6896 Words

CHARACTER COUNT

42608 Characters

PAGE COUNT

55 Pages

FILE SIZE

2.0MB

SUBMISSION DATE

Nov 24, 2023 12:21 PM GMT+8

REPORT DATE

Nov 24, 2023 12:22 PM GMT+8

● 14% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 14% Internet database
- 1% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 0% Submitted Works database

● Excluded from Similarity Report

- Bibliographic material
- Quoted material
- Cited material
- Small Matches (Less than 30 words)

Summary

CS Dipindai dengan CamScanner



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS IHSAN GORONTALO
LEMBAGA PENELITIAN**

Kampus Unisan Gorontalo Lt.3 - Jln. Achmad Nadjarmuddin No. 17 Kota Gorontalo
Telp: (0435) 8724466, 829975 E-Mail: lembagapenelitian@unisan.ac.id

Nomor : 4535/PIP/LEMLIT-UNISAN/GTO/II/2023

Lampiran : -

Hal : Permohonan Izin Penelitian

Kepada Yth,

Kepala Lab. Tegangan Tinggi Universitas Negeri Gorontalo
di,-

Tempat

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Rahmisyari, ST.,SE.,MM

NIDN : 0929117202

Jabatan : Ketua Lembaga Penelitian

Meminta kesedianya untuk memberikan izin pengambilan data dalam rangka penyusunan **Proposal / Skripsi**, kepada :

Nama Mahasiswa : Pramadya Herry Menix Sembiring

NIM : T2118022

Fakultas : Fakultas Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Lokasi Penelitian : LABORATORIUM TEGANGAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

Judul Penelitian : PENGUJIAN BEBERAPA JENIS KERTAS SEBAGAI BAHAN ISOLATOR PADA TRANSFORMATOR

Atas kebijakan dan kerja samanya diucapkan banyak terima kasih.



+



SURAT KETERANGAN
BEBAS LABORATORIUM

DOSEN PENGAMPUH

: AMELYA INDAH PRATIWI S.Pt

NAMA

: Pramadya H.M. Sembiring

NIM

: T2118022

KEGIATAN

: Bebas Laboratorium

Telah menyelesaikan segala kewajiban terkait dengan peminjaman/penggunaan fasilitas Laboratorium selama yang bersangkutan melaksanakan kegiatan praktikum atau Penelitian di lingkup Laboratorium Jurusan Teknik Elektro, Seperti yang dinyatakan oleh petugas Laboratorium.

KEPALA LABORATORIUM

Iqbal F. Usman, ST., MT

NIYN : 0120230201