

SKRIPSI

ANALISIS TEGANGAN TEMBUS DAN *PARTIAL DISCHARGE* MINYAK TRANSFORMATOR DENGAN BERBAGAI LEVEL CAMPURAN MINYAK JARAK

Disusun dan diajukan oleh:

ARHAM AMRI

D041 17 1314



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS TEGANGAN TEMBUS DAN *PARTIAL DISCHARGE*
MINYAK TRANSFORMATOR DENGAN BERBAGAI LEVEL
CAMPURAN MINYAK JARAK**

Disusun dan diajukan oleh

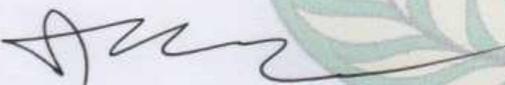
Arham Amri**D041171314**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 28 Februari 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Ir. H. Salama Manjang, M.T.
NIP 19621231 1999003 1 024



Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T.
NIP 19760914 200801 1 006

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. IPM
NIP 19691026 199412 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arham Amri
NIM : D041171314
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

ANALISIS TEGANGAN TEMBUS DAN *PARTIAL DISCHARGE* MINYAK TRANSFORMATOR DENGAN BERBAGAI LEVEL CAMPURAN MINYAK JARAK

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 28 Februari 2024

Yang Menyatakan



Arham Amri



ABSTRAK

ARHAM AMRI. *Analisis Tegangan Tembus dan Partial Discharge Minyak Transformator dengan Berbagai Level Campuran Minyak Jarak* (dibimbing oleh Salama Manjang dan Ikhlas Kitta)

Saat ini minyak bumi sebagai isolasi transformator sulit terdegradasi secara biologis dan memiliki persediaan yang terbatas pada persediaan tambang dalam perut bumi. Oleh karena itu dibuatlah sebuah alternatif bahan isolasi cair yang bahan utamanya dari minyak nabati. Persediaan minyak nabati juga dapat dikatakan sangat melimpah, karena berasal dari tumbuhan dan di sisi lain harganya juga lebih terjangkau. Penelitian ini menggunakan minyak jarak untuk dicampurkan dengan minyak mineral dalam hal ini minyak transformator dengan rasio komposisi yang berbeda, yaitu sampel MJ-0 (0: 100%); MJ-10 (10%: 90%); MJ-20 (20: 80%); MJ-40 (40: 60%); MJ-60 (60: 40%); dan MJ-100 (100:0%). Adapun pengujian yang dilakukan antara lain: pengujian tegangan tembus, pengaruh suhu terhadap nilai tegangan tembus, pengujian *Partial Discharge*, densitas dan pengujian menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Metode pengujian tagangan tembus yang dilakukan berdasarkan standar IEC 156. Dari hasil pengujian yang dilakukan hasilnya menunjukkan bahwa nilai tegangan tembus sampel MJ-10 dengan suhu uji 50°C dan 50°C memenuhi standar SPLN 49-91: 1982 dengan nilai tegangan tembus >30 kV/2,5 mm. Semakin tinggi suhu minyak isolasi maka semakin tinggi nilai tegangan tembusnya. Nilai massa jenis sampel MJ-40, MJ-60, dan MJ-100 belum memenuhi standar SPLN 49-1: 1982 karena memiliki massa jenis $\geq 0,895 \text{ g/cm}^3$. Nilai *Partial Discharge* yang muncul pada minyak jarak murni memiliki nilai lebih tinggi daripada minyak mineral serta pola aktivitas peluahan sebagian yang terjadi lebih banyak dan berfluktuasi pada minyak jarak murni. Campuran minyak transformator dan minyak jarak tidak menciptakan gugus fungsi baru yang terukur pada spektrometer FTIR, akan tetapi dengan mencampurkan minyak transformator dengan minyak jarak akan mempengaruhi nilai serapan dari gugus fungsi.

Kata Kunci: Minyak Transformator, Minyak Jarak, Tegangan Tembus, Peluahan Sebagian



ABSTRACT

ARHAM AMRI. *Analysis of Breakdown Voltage and Partial Discharge of Transformer Oil with Various Levels of Castor Oil Blend* (Supervised by Salama Manjang and Ikhlas Kitta)

Currently, petroleum oil used as transformer insulation is difficult to biodegrade and has limited reserves in underground mines. Therefore, an alternative liquid insulation material made from vegetable oil was developed. Vegetable oil resources can be considered abundant as they are derived from plants and are more affordable. This research utilizes castor oil as a mixture with mineral oil, specifically transformer oil, in different composition ratios, MJ-0 (0:100%); MJ-10 (10%:90%); MJ-20 (20:80%); MJ-40 (40:60%); MJ-60 (60:40%); and MJ-100 (100:0%). The tests carried out include: testing the breakdown voltage, the effect of temperature on the breakdown voltage value, Partial Discharge testing, density and testing using FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy). The breakdown voltage test method is based on IEC 156 standard. From the results of the tests carried out, the results show that the breakdown voltage value of the MJ-10 sample with a test temperature of 50°C and 50°C meets the SPLN 49-91: 1982 standard with a breakdown voltage value of $> 30 \text{ kV} / 2.5 \text{ mm}$. The higher the temperature of the insulating oil, the higher the breakdown voltage value. The density values of samples MJ-40, MJ-60, and MJ-100 do not meet the SPLN 49-1: 1982 standard because they have a density $\geq 0.895 \text{ g/cm}^3$. Partial Discharge values that appear in pure castor oil have higher values than mineral oil and partial discharge activity patterns that occur more and fluctuate in pure castor oil. The mixture of transformer oil and castor oil does not create measurable new functional groups in the FTIR spectrometer analysis, but it does affect the absorption values of existing functional groups.

Keywords: Transformer Oil, Castor Oil, Breakdown Voltage, Partial Discharge



DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI..... | i |
| PERNYATAAN KEASLIAN..... | ii |
| ABSTRAK..... | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR TABEL..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | viii |
| KATA PENGANTAR..... | ix |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.6 Metode Penelitian..... | 4 |
| 1.7 Sistematika Penulisan..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 6 |
| 2.1 Dielektrik Cair..... | 6 |
| 2.2 Minyak Isolasi..... | 6 |
| 2.3 Minyak Jarak..... | 7 |
| 2.3.1 Pemrosesan Minyak Jarak..... | 8 |
| 2.3.2 Struktur Kimia Minyak Jarak..... | 9 |
| 2.4 Minyak Mineral..... | 9 |
| 2.5 Teori Kegagalan Isolasi Cair..... | 13 |
| 2.6 Mekanisme Partial Discharge..... | 16 |
| 2.7 Spektrofotometer Inframerah..... | 19 |
| untuk spektrum inframerah..... | 19 |
| sebab terjadinya serapan frekuensi inframerah..... | 20 |
| METODOLOGI PENELITIAN..... | 21 |
| tempat dan Lokasi Penelitian..... | 21 |



| | | |
|-----------------------------------|--|----|
| 3.2 | Alat dan Bahan Penelitian..... | 21 |
| 3.3 | Jenis Pengambilan Data | 22 |
| 3.4 | Prosedur Penelitian | 22 |
| 3.4.1 | Pengujian Tegangan Tembus..... | 22 |
| 3.4.2 | Pengujian Partial Discharge..... | 24 |
| 3.4.3 | FTIR (<i>Fourier Transform Infra Red</i>) | 25 |
| 3.5 | Diagram Alir Penelitian | 29 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 30 |
| 4.1 | Hasil Pengujian Massa Jenis (Densitas) Minyak | 30 |
| 4.2 | Hasil Pengujian Tegangan Tembus (<i>Breakdown Voltage</i>) | 31 |
| 4.2.1 | Hasil Pengujian Tegangan Tembus dengan Variasi Temperatur | 33 |
| 4.3 | Hasil Pengukuran <i>Partial Discharge</i> Minyak..... | 34 |
| 4.4 | Pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)..... | 38 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 44 |
| 5.1 | Kesimpulan | 44 |
| 5.2 | Saran | 44 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 45 |
| LAMPIRAN | | 46 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Standar Minyak Isolasi SPLN 49-91: 1982. | 7 |
| Tabel 2.2 Gas Yang Terkandung Dalam Minyak Trafo | 11 |
| Tabel 3.1 Alat Penelitian..... | 21 |
| Tabel 3.2 Bahan Penelitian | 22 |
| Tabel 3.3 Characteristic Absorption Peak of FTIR Spectrum | 27 |
| Tabel 4.1 Hasil pengujian massa jenis minyak | 30 |
| Tabel 4.2 Data hasil pengujian tegangan tembus minyak pada suhu 30°C | 32 |
| Tabel 4.3 Data hasil pengujian tegangan tembus minyak..... dengan variasi temperatur..... | 33 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengukuran <i>Partial Discharge</i> Minyak..... | 35 |
| Tabel 4.4 Senyawa dan gugus fungsi dari sampel MJ-0 dan MJ-20..... | 41 |
| Tabel 4.5 Senyawa dan gugus fungsi dari sampel MJ-40..... | 41 |
| Tabel 4.6 Senyawa dan gugus fungsi dari sampel MJ-60 & MJ-100 | 42 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Proses sederhana pengolahan biji jarak..... | 9 |
| Gambar 2.2 Struktur Molekul Minyak Mineral | 10 |
| Gambar 2.3 PD internal dan PD eksternal (permukaan dan korona)..... | 16 |
| Gambar 2.4 Pola Partial Discharge (a) elips, (b) sinusoidal, dan (c) linear | 23 |
| Gambar 2.5 Spektrum Inframerah..... | 25 |
| Gambar 3.1 Rangkaian Ekuivalen Uji Tegangan Tembus..... | 24 |
| Gambar 3.2 Rangkaian Pengujian Partial Discharge | 25 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian | 29 |
| Gambar 4.1 Grafik Pengujian Massa Jenis Minyak..... | 30 |
| Gambar 4.2 Grafik Tegangan Tembus Minyak | 32 |
| Gambar 4.3 Grafik Tegangan Tembus Minyak pada..... | 34 |
| Variasi temperatur 30°C, 40°C, 50°C, dan 60°C | |
| Gambar 4.4 Aktivitas <i>Partial Discharge</i> MJ-0..... | 36 |
| Gambar 4.5 Aktivitas <i>Partial Discharge</i> MJ-20..... | 36 |
| Gambar 4.6 Aktivitas <i>Partial Discharge</i> MJ-40..... | 36 |
| Gambar 4.7 Aktivitas <i>Partial Discharge</i> MJ-60..... | 37 |
| Gambar 4.8 Aktivitas <i>Partial Discharge</i> MJ-100..... | 37 |
| Gambar 4.9 Grafik Pengujian FTIR Sampel MJ-0 | 38 |
| Gambar 4.10 Grafik Pengujian FTIR Sampel MJ-20 | 39 |
| Gambar 4.11 Grafik Pengujian FTIR Sampel MJ-40 | 39 |
| Gambar 4.12 Grafik Pengujian Polutan Sampel MJ-60..... | 40 |
| Gambar 4.13 Grafik Pengujian Polutan Sampel MJ-100..... | 40 |



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya, juga Shalawat dan salam semoga terlimpahkan kepada Baginda tercinta Nabi Muhammad Sallallohu Alaihi Wasallam yang telah mengantarkan manusia dari masa jahiliah ke masa yang berilmu hingga saat ini sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “Analisis Tegangan Tembus dan *Partial Discharge* Minyak Transformator dengan Berbagai Level Campuran Minyak Jarak” dapat terselesaikan dengan baik. Adapun Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini mendapati berbagai kesulitan. Namun, berkat usaha dan doa serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada akhirnya penulisan tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besanya kepada:

1. Kedua orang Tua penulis, Ayahanda Amri Meru, S.Pd dan Ibunda Saberina, S.Pd yang telah mendidik dengan ikhlas sepenuh hati dan memberikan dukungan finansial maupun moral. Semoga kalian berdua selalu diberi umur panjang dan senantiasa dikaruniai kesehatan. Serta seluruh Keluarga Besar yang selalu mendoakan, memberikan nasehat, mendukung, dan memotivasi kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Salama Manjang, M.T selaku pembimbing I dan Bapak Dr. Ikhlas Kitta, S.T., M.T selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan, ide, serta gagasan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Ir. Tajuddin Waris, M.T. selaku penguji I dan Bapak Ir. H. Gassing, I. selaku penguji II yang juga telah banyak memberi masukan serta saran yang sangat membangun dalam perbaikan penulisan skripsi ini.



4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor universitas Hasanuddin
7. Seluruh Dosen Teknik Elektro, Staf Pengajar, dan Staf Administrasi serta Laboran Departemen Teknik Elektro atas segala ilmu, bantuan, dan kemudahan yang diberikan kepada penulis selama menempuh masa studi.
8. Teman-teman seperjuangan Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Infrastruktur Ketenagalistrikan.
9. Teman-teman “EQUALIZER” yang selama ini telah membantu penulis ketika masih menuntut ilmu di kampus ini.
10. Adik/Junior Riset Tegangan Tinggi dan Infrastruktur Ketenagalistrikan Angkatan 2018 dan 2019 yang telah membantu penulis selama proses penelitian sampai selesai
11. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan bagi pembaca.

Makassar, 28 Februari 2024

Penulis



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam studi sistem tenaga listrik terdapat salah satu cabang ilmu yang sangat berhubungan erat dengan penyaluran energi listrik itu sendiri, yakni teknik tegangan tinggi. Tegangan tinggi sangat erat dengan sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik, karena dengan tegangan yang lebih tinggi, maka arus yang melewati sistem menjadi lebih rendah. Ini diakibatkan oleh perhitungan rugi – rugi daya pada jaringan sistem transmisi adalah kuadrat arus dikalikan dengan impedansi jaringan transmisi. Maka apabila semakin tinggi arus maka rugi – rugi juga semakin tinggi, karena nilainya akan dikuadratkan pada perhitungan rugi – rugi daya. Oleh karena itu salah satu solusi permasalahan jaringan transmisi adalah dengan melewatkan jumlah daya yang sama dengan arus yang lebih kecil, yaitu dengan menaikkan level tegangan menjadi jauh lebih tinggi.

Komponen peralatan yang berperan besar dalam pembangkitan tegangan tinggi adalah transformator daya. Dalam peralatan transformator daya itu sendiri terdapat salah satu komponen yang sangat berpengaruh terhadap isolasi antar penghantar dalam transformator, yaitu minyak sebagai bahan dielektrik atau isolasi cair. Dalam hal ini bahan isolasi cair berfungsi sebagai pengisolasi dan sekaligus sebagai pendingin. Pada peralatan tegangan tinggi khususnya transformator daya, isolasi sangat diperlukan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik yang bertegangan sehingga antara penghantar-penghantar tersebut tidak terjadi lompatan atau percikan listrik. Apabila tegangan yang diterapkan mencapai tingkat ketinggian tertentu maka bahan isolasi tersebut akan mengalami pelepasan muatan yang merupakan bentuk kegagalan listrik. Apabila dibiarkan dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan isolasi yang buruk bagi trafo.



Agga saat ini, kebanyakan trafo menggunakan isolasi cair yang bahan merupakan hasil olahan minyak bumi. Isolasi cair yang berasal dari bumi kurang ramah lingkungan. Ada dua alasan yang harus

dipertimbangkan dalam rangka mencari alternatif isolasi cair ramah lingkungan diantaranya proses degradasi biologis dan persediaan dari minyak itu sendiri. Minyak bumi sulit terdegradasi secara biologis dan memiliki persediaan yang terbatas pada persediaan tambang dalam perut bumi. Oleh karena itu dibuatlah sebuah alternatif bahan isolasi cair yang bahan utamanya dari minyak nabati.

Dengan minyak nabati, bahan isolasi cair akan mudah terdegradasi secara biologis, sehingga lebih ramah lingkungan. Persediaan minyak nabati juga dapat dikatakan sangat melimpah, karena berasal dari tumbuhan dan di sisi lain harganya juga lebih terjangkau.

Berdasarkan pertimbangan di atas maka dilakukan observasi terhadap minyak nabati yang dalam hal ini dipilih minyak jarak, untuk mengetahui kelayakan minyak jarak sebagai alternatif isolasi cair dilakukan pengujian untuk mengetahui tegangan tembus minyak tersebut

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat dari latar belakang yang telah dipaparkan diatas adalah :

1. Apakah pencampuran minyak jarak terhadap minyak transformator memenuhi standar untuk diaplikasikan sebagai isolasi cair transformator
2. Bagaimana pengaruh pencampuran minyak jarak terhadap nilai tegangan tembus minyak transformator
3. Bagaimana pengaruh *Partial Discharge* yang terjadi terhadap minyak transformator

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai sebagai berikut :

1. Mengetahui apakah pencampuran minyak jarak terhadap minyak transformator memenuhi standar untuk diaplikasikan sebagai isolasi cair transformator



Mengetahui pengaruh pencampuran minyak jarak terhadap nilai tegangan tembus minyak transformator

3. Mengetahui pengaruh *Partial Discharge* yang terjadi pada pencampuran minyak jarak dan minyak transformator

1.4 Manfaat Penelitian

Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Mendapatkan bahan minyak isolasi baru dari material renewable energi.
2. Mendapatkan nilai cost yang lebih rendah dengan material baru sebagai alternatif pengganti minyak transformator.
3. Memperoleh pengalaman praktis dan memberikan wawasan bagi penulis yang nantinya diharapkan berguna di lapangan;
4. Penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu bahan studi banding bagi penelitian-penelitian berikutnya dalam bidang isolasi cair

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini, pengujian terfokus pada pencampuran minyak jarak dengan minyak trafo dengan variasi konsentrasi
2. Pengujian tegangan tembus menggunakan jarak sela antar elektroda berdasarkan standar IEC 60156-95 menggunakan elektroda setengah bola (sphere) dengan jarak sela elektroda 2,5 mm.
3. Nilai peluahan sebagian diukur menggunakan peralatan tegangan tinggi DPD HV9160 diproduksi oleh TERCO (Swedia), menggunakan elektroda jarum – bidang dengan tegangan kerja 10 kV
4. Tegangan yang diterapkan adalah tegangan *Alternating Current* (AC) berfrekuensi 50 Hz dan suhu ruangan 32°C (sesuai kondisi ruangan pengujian)
5. Analisis terbatas pada penugjian massa jenis, tegangan tembus, dan *partial discharge* pada campuran minyak jarak dan minyak transformator



1.6 Metode Penelitian

Metode Penelitian yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu:

1. Studi Literatur

Kajian yang dilakukan oleh penulis atas referensi-referensi yang ada, baik berupa buku, artikel, maupun sumber lain yang berhubungan dengan penelitian.

2. Pengumpulan Data

Peneliti melakukan pengamatan dan pengambilan data secara langsung terhadap objek penelitian di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi dan Infrastruktur Ketenagalistrikan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

3. Analisis Hasil Pengolahan Data

Peneliti melakukan analisis dan perbandingan data untuk memperoleh kesimpulan sementara. Selanjutnya kesimpulan sementara ini akan diolah lebih lanjut pada bab hasil.

4. Penarikan kesimpulan

Peneliti membuat kesimpulan dari hasil analisis data yang telah dilakukan dengan melihat korelasi antara hasil pengolahan data dan permasalahan yang diteliti.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penyusunan seminar usulan proposal penelitian ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang diperoleh per referensi untuk menyusun kerangka teori dan konseptual.



METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang waktu dan tempat penelitian, metode pengambilan dan analisis data, prosedur penelitian dan juga diagram alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang data hasil penelitian beserta analisis hasil keseluruhan pengujian yang diberikan dalam bentuk data ataupun grafik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dielektrik Cair

Kekuatan dielektrik merupakan ukuran kemampuan suatu material untuk bisa menahan tegangan tinggi tanpa berakibat terjadinya kegagalan dielektrik. Kekuatan dielektrik cair tergantung pada sifat atom dan molekul cairan itu sendiri, material dari elektroda, suhu, jenis tegangan yang diberikan, gas yang terdapat dalam cairan, dan sebagainya yang dapat merubah sifat molekul cairan.

Dalam isolasi cair kekuatan dielektrik setara dengan tegangan yang terjadi. Menurut hukum Paschen's, kekuatan dielektrik cair berkisar antara 107 V/cm. Dielektrik cair akan mengisi volume ruang yang harus diisolasi dan secara simultan akan mendisipasikan panas yang timbul secara konveksi. Kelebihan lain dari dielektrik cair murni yaitu mempunyai kemampuan untuk memperbaiki diri sendiri jika terjadi suatu pelepasan muatan (discharge). Salah satu kekurangan dielektrik cair yaitu mudah terkontaminasi (Wibowo & Syakur,2018)

2.2 Minyak Isolasi

Minyak isolasi merupakan bahan isolasi cair selain padat dan gas. Isolasi cair memiliki kerapatan 1000 kali atau lebih dibandingkan dengan isolasi gas, sehingga memiliki kekuatan dielektrik yang lebih tinggi menurut hukum Paschen. Sebagai bahan isolasi, minyak harus memiliki kemampuan atau sifat dielektrik antara lain (Arismunadar, 1983) :

- Tahan terhadap tegangan tembus (semakin tinggi nilai tegangan tembusnya maka kualitas isolasinya akan semakin baik).
- Bahan pendingin yang harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, untuk mengurangi kenaikan suhu yang berlebih perlu dilengkapi dengan system pendinginan untuk menyalurkan panas dari trafo.



Media untuk memadamkan busur api karena pada saat beroperasi trafo dapat menghasilkan senyawa gas sebagai hasil dari proses penuaan dan lainnya dampak gangguan, kenaikan suhu yang berlebih akan

memungkinkan terjadinya loncatan bunga api di dalam belitan trafo tersebut.

- Melindungi belitan dan rangka trafo dari terjadinya oksidasi dan korosi
- Parameter yang menentukan karakteristik minyak isolasi agar dapat dapat berfungsi sebagai isolator cair yang baik antara lain adalah:
- Kejernihan minyak
- Viskositas yang rendah
- Massa jenis yang rendah dari air
- Titik tuang yang rendah dan titik nyala yang tinggi
- Angka kenetralan
- Kandungan air yang rendah
- Tegangan tembus yang tinggi
- Faktor kebocoran dielektrik yang rendah
- Tahanan jenis yang tinggi.

Tabel 2.1 Standar Minyak Isolasi SPLN 49-91: 1982.

| Parameter Uji | Nilai | Standar |
|-----------------|---------------------------------|-------------------|
| Tegangan Tembus | >30 kV/2,5 mm | SPLN 49-91 : 1982 |
| Titik Nyala | $\geq 140^{\circ}\text{C}$ | SPLN 49-91 : 1982 |
| Titik Tuang | $\leq -30^{\circ}\text{C}$ | SPLN 49-91 : 1982 |
| Viskositas | ≤ 40 cSt | SPLN 49-91 : 1982 |
| Massa Jenis | $\leq 0,859$ gr/cm ³ | SPLN 49-91 : 1982 |
| Kadar Air | ≤ 30 mg/kg | IEC 60296-2003 |

2.3 Minyak Jarak

Minyak jarak tergolong kedalam minyak organik atau minyak nabati. minyak jarak merupakan dielektrik yang baik untuk kapasitor tenaga pada tegangan tinggi



arakteristik resistansi koronanya cukup tinggi, konstanta dielektrik tinggi, acun, titik nyalanya tinggi, titik lebur pada -10^0 sampai -18^0 C, dan tidak Warna minyak kuning pucat bahkan hampir transparan (tak berwarna), dan

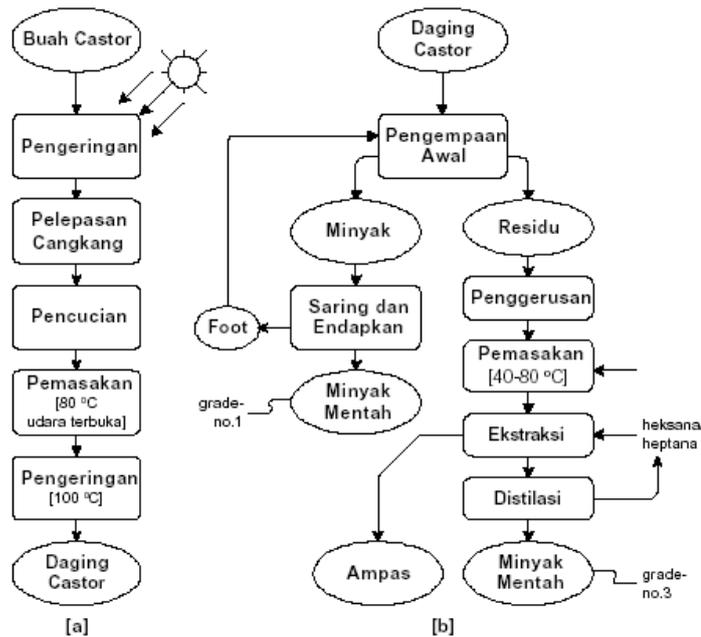
memiliki bau khas yang cukup menyengat. Agar tidak berbau tengik minyak tidak boleh dibiarkan terbuka dalam waktu yang lama pada suhu diatas 40⁰C (Elia K. & Facta M, 2015)

2.3.1 Pemrosesan Minyak Jarak

Buah pohon jarak yang telah matang dipanen dan dijemur, dan dikeringkan agar mudah dalam pengambilan daging biji yang berwarna putih yang mudah rusak. Setelah terpisah dari kulit cangkangnya, biji dicuci dan dimasak, kemudian dikeringkan sebelum akhirnya dimasukkan ke dalam alat ekstraksi. Pemasakan daging biji castor tersebut dilakukan untuk menggumpalkan protein dan untuk melepaskan minyak. Pemasakan dilakukan pada suhu 80 C dengan kondisi udara terbuka. Setelah pemasakan, bahan dikeringkan pada suhu 100⁰C untuk mendapatkan kandungan pengotor sebanyak kurang lebih 4%.

Daging biji castor yang telah melalui pengolahan awal dimasukkan ke pengempa awal bertekanan tinggi menghasilkan minyak tingkat 1 (grade 1) dan ampas. Minyak disaring dan diendapkan untuk memisahkan pengotor yang disebut foot. Foot tersebut kemudian dialirkan kembali ke pengempa awal, dan minyak yang diperoleh disimpan dalam tangki penyimpanan untuk dilakukan pemurnian. Sedangkan ampas yang diperoleh dari proses pengempaan awal dimasukkan ke alat penggerus dan hasilnya diekstraksi dengan pelarut heksana atau heptana atau campuran keduanya. Produknya kemudian didistilasi untuk mendapatkan kembali pelarut yang dapat digunakan kembali sebagai pelarut ampas, sedangkan produk minyak mentah diperoleh dan disimpan untuk dilakukan pemurnian seperti pada minyak tingkat 1.





Gambar 2.1 Proses sederhana pengolahan biji jarak

(a) Pengolahan awal (b) Proses ekstraksi

2.3.2 Struktur Kimia Minyak Jarak

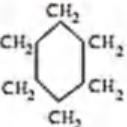
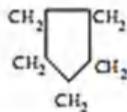
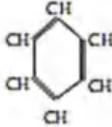
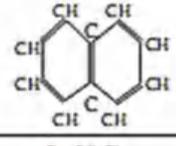
Biji pohon jarak mengandung 40–50% minyak jarak (oleum ricini, kastrol) yang mengandung bermacam-macam trigliserida, asam palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$), asam risinoleat, asam isorisinoleat, asam oleat ($C_{18}H_{34}O_2$), asam linoleat ($C_{18}H_{32}O_2$), asam linolenat ($C_{18}H_{30}O_2$), asam stearat ($C_{18}H_{36}O_2$), dan asam dihidroksistearat. Juga mengandung alkaloida risinin, beberapa macam toksalbumin yang dinamakan risin (risin D, risin asam, dan risin basa), dan beberapa macam enzim diantaranya lipase (Elia K. & Facta M, 2015)

2.4 Minyak Mineral

Minyak Mineral dalam hal ini minyak transformator diperoleh dengan mengolah minyak bumi. Minyak bumi memiliki komposisi kimia yang berbeda-beda sesuai dengan sumbernya sehingga minyak transformator juga akan memiliki komposisi kimia yang berbeda-beda pula. Struktur kimia minyak transformator



kompleks sehingga sangat sukar untuk mengetahui sifat dan jumlah unsur-unsur yang terkandung didalamnya. Pada umumnya minyak transformator atas senyawa-senyawa hidrokarbon dan non hidrokarbon.

| Saturated Hydrocarbons | | Unsaturated Hydrocarbons |
|---|--|--|
| Paraffins | Naphthenes | Aromatics |
| $\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---CH}_2\text{---}$ (Chain) or (branched) $\text{---CH}_2\text{---}$ $\text{---CH}_2\text{---CH---CH}_2\text{---CH}_2\text{---}$ CH--- ---CH_2 |  or  |  or  |
| 40 - 60 % | 30 - 50 % | 5 - 20 % |

Gambar 2.2 Struktur Molekul Minyak Mineral

A. Kandungan Asam

Kandungan asam (Bilangan asam) adalah jumlah miligram Potassium Hydroxide (KOH) yang dibutuhkan untuk menitrasi semua unsur-unsur asam yang ada pada 1 gram sampel minyak. Proses oksidasi pada cairan minyak isolasi transformator akan menghasilkan produk-produk dari senyawa asam. Pengukuran berkala keasaman memberikan sebuah cara untuk memonitoring perkembangan oksidasi. Pembentukan endapan pada transformator yang merupakan hasil akhir dari proses oksidasi sebelumnya didahului oleh penambahan jumlah kandungan asam. penambahan jumlah kandungan asam.

B. Kandungan Gas

Adanya gas terlarut pada minyak di dalam transformator sudah ada sejak minyak masih baru, ada beberapa hal yang mempengaruhi volume gas di dalam minyak salah satunya terjadi karena adanya perubahan suhu, pada temperatur tinggi di dalam minyak trafo, gas-gas tersebut akan mudah terbakar, pada suhu yang tinggi, akibat rugi-rugi yang terjadi di dalam transformator. Akibat dari kandungan gas di dalam minyak trafo meningkat sampai menyebabkan kegagalan isolasi.

C. Kandungan Air

Adanya air dalam minyak transformator dapat membahayakan transformator.

an air dan oksigen yang tinggi akan mengakibatkan korosi, menghasilkan dapan dan cepat menurunkan usia transformator. Kandungan air dalam ator dapat berasal dari udara saat transformator dibuka untuk keperluan



inspeksi dan apabila terjadi kebocoran maka uap air akan masuk ke dalam transformator karena perbedaan tekanan parsial uap air.

Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebagian bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, sehingga dengan kedua kemampuan ini maka minyak transformator diharapkan akan mampu melindungi transformator dari gangguan.

Minyak trafo merupakan sebuah campuran kompleks dari molekul-molekul hidrokarbon, dimana merupakan hasil tambang (minyak tambang) yang mengandung kelompok molekul CH_3 , CH_2 dan CH yang terikat. Terjadinya kegagalan termal ataupun elektrik pada transformator mengakibatkan pemecahan beberapa ikatan unsur hidrokarbon yang nantinya akan berkombinasi dan menghasilkan molekul-molekul gas mudah terbakar (combustible gas) yang dikenal dengan istilah fault gas (Mey & Iwa, 2013).

Gas-gas tersebut sangatlah berbahaya apabila terkandung dalam jumlah yang banyak. Mengingat gas-gas tersebut mudah terbakar, apabila timbul percikan (misal partial discharge) maka akan terjadi pembakaran yang dapat membahayakan trafo.

Tabel 2.2 Gas Yang Terkandung Dalam Minyak Trafo

| Gas | Rumus Kimia |
|--------------------|-----------------------------|
| <i>Mineral Oil</i> | $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ |
| Hidrogen | H_2 |
| Metana | CH_4 |
| Etana | C_2H_6 |
| Etilen | C_2H_4 |
| Asetilen | C_2H_2 |
| Karbon Dioksida | CO_2 |
| Karbon Monoksida | CO |
| Oksigen | O_2 |
| Nitrogen | N_2 |



Semakin banyak jumlah ikatan karbon maka semakin banyak energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan gas-gas tersebut. Gas Hidrogen (H_2), Metana (CH_4) dan Etana (C_2H_6) terbentuk oleh fenomena kegagalan tingkat energi yang rendah, seperti partial discharge atau corona. Etilen (C_2H_4) terbentuk oleh pemanasan minyak pada temperatur menengah, dan Asetilen (C_2H_2) terbentuk pada temperatur yang sangat tinggi (Mey & Iwa, 2013).

Gas Hidrogen dan Metana mulai terbentuk pada temperatur sekitar $150^\circ C$. Gas Etana mulai terbentuk pada temperatur sekitar $250^\circ C$ dan gas Etilen terbentuk pada temperatur $350^\circ C$. Setelah melewati titik maksimumnya maka pembentukan metana, etana dan etilen akan terus menurun seiring bertambahnya temperatur. Gas Asetilen merupakan indikator adanya daerah dengan temperatur paling tidak $700^\circ C$. Pada beberapa kasus kegagalan termal (hot spot) dengan temperatur $500^\circ C$ ternyata juga memacu pembentukan gas asetilen walaupun jumlahnya sedikit. Gas asetilen dalam jumlah besar dihasilkan jika temperatur di atas $700^\circ C$ yang biasanya disebabkan karena busur api (arcing).

Gas etana dan etilen sering disebut sebagai "gas logam panas" (hot metal gases). Biasanya saat ditemukan adanya gas tersebut maka permasalahan yang timbul di dalam trafo umumnya melibatkan logam panas. Hal ini mungkin terjadi akibat adanya kontak yang buruk pada tap changer atau sambungan yang buruk pada suatu titik pada rangkaian di dalam trafo. Fluks magnetis bocor yang mengenai tangki transformator atau struktur magnetis lainnya juga memicu pembentukan gas tersebut. Penyebab lainnya adalah kerusakan pada rangkaian grounding sehingga muncul arus lebih yang bersirkulasi karena tidak disalurkan ke tanah.

Material isolasi kertas biasanya merupakan substansi polimer yang struktur kimianya $[C_{12}H_{14}O_4(OH)_6]$ dengan nilai n antara 300 sampai 750. Umumnya berbentuk siklis yang mengandung senyawa CH_2 , CH dan CO . Ikatan molekul C-O merupakan ikatan yang lemah, sehingga menghasilkan komponen pembentuk fault gas pada temperatur $100^\circ C$ dan karbonasi sempurna dari isolasi kertas pada $300^\circ C$. CO_2 terbentuk pada temperatur rendah, sedangkan CO mulai terbentuk pada temperatur $\geq 200^\circ C$ (Mey & Iwa, 2013).



Mengidentifikasi serta menganalisis jenis dan jumlah fault gas pada transformator merupakan hal yang sangat penting karena jenis fault gas menunjukkan pemicu atau jenis kegagalan yang muncul sedangkan jumlah konsentrasi gas tersebut menunjukkan seberapa parah kegagalan tersebut. Metode untuk mengetahui dan menginterpretasi jenis-jenis kegagalan yang terjadi berdasarkan jumlah fault gas yaitu dengan metode Dissolve Gas Analysis.

Adapun fungsi dari minyak trafo antara lain (Abasana & Teresna,2013):

- a. Sebagai Insulator: Beberapa fungsi sebagai bahan untuk mengisolasi antara kumparan yang teradapat di dalam transformator. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi percikan api (*Arc*) akibat tegangan sangat tinggi.
- b. Sebagai Pendingin: Minyak transformator juga dapat digunakan sebagai pendingin yaitu dengan menyerap panas tersebut kemudian melepas melalui saluran udara.
- c. Sebagai Pelindung Komponen-komponen di dalam trafo: Minyak transformator juga berperan sebagai pelumas untuk melindungi komponen-komponen yang berada dalam transformator.

2.5 Teori Kegagalan Isolasi Cair

Karakteristik pada isolasi cair akan berubah jika terjadi ketidakmurnian di dalamnya. Hal ini akan mempercepat terjadinya proses kegagalan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan isolasi antara lain adanya partikel padat, uap air dan gelembung gas. Teori kegagalan zat isolasi cair dapat dibagi menjadi empat jenis sebagai berikut (Abduh,2003):

- a. Teori kegagalan zat murni atau elektronik

Teori ini merupakan perluasan teori kegagalan dalam gas, artinya proses kegagalan yang terjadi dalam zat cair dianggap serupa dengan yang terjadi dalam gas. Oleh karena itu supaya terjadi kegagalan diperlukan elektron awal yang dimasukkan ke dalam zat cair. Elektron awal inilah yang akan memulai proses kegagalan.



Teori kegagalan gelembung gas

Kegagalan gelembung atau kavitasi merupakan bentuk kegagalan yang disebabkan oleh adanya gelembung-gelembung gas didalam isolasi cair.

Gelembung-gelembung udara yang ada dalam cairan tersebut akan memanjang searah dengan medan. Hal ini disebabkan karena gelembung-gelembung tersebut berusaha membuat energi potensialnya minimum. Gelembung gelembung yang memanjang tersebut kemudian akan saling sambung-menyambung dan membentuk jembatan yang akhirnya akan mengawali proses kegagalan.

Kuat medan listrik dalam gelembung gas yang ada dalam minyak isolasi dinyatakan dengan **Persamaan 2.1** :

$$Eb = \frac{3\varepsilon_1 E_0}{2\varepsilon_1 + 1} \quad (2.1)$$

Dimana:

ε_1 : permitivitas minyak isolasi

E_0 : medan listrik dalam minyak isolasi tanpa gelembung gas

Bila E_b sama dengan medan batas untuk ionisasi gas, maka terjadi percikan dalam gelembung gas. Ini akan mempercepat pembentukan gelembung gas karena struktur dari minyak isolasi dan dapat mengakibatkan kegagalan pada minyak isolasi sebagai bahan isolasi. Untuk menentukan harga medan keagalannya menggunakan **Persamaan 2.2** sebagai berikut:

$$Eb = \frac{1}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \sqrt{\frac{2\pi\sigma(2\varepsilon_1 + \varepsilon_2)}{r} \left[\frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{V_b}{2rE_0}} - 1 \right]} \quad (2.2)$$

Dimana:

σ : tegangan permukaan beda cair

ε_1 : permitivitas benda cair.

ε_2 : permitivitas gelembung gas.

r : jari-jari gelembung gas dengan asumsi bahwa gelembung gas berbentuk bulat

V_b : nilai tegangan jatuh pada sepanjang gelembung gas



Persamaan 2.2 di atas menunjukkan bahwa fungsi tersebut adalah implisit dan sangat dipengaruhi oleh jari-jari awal gelembung (r). Oleh karena r adalah fungsi dari tekanan dan suhu luar minyak isolasi, maka variasi dari beberapa parameter dengan temperatur harus diketahui seperti viskositas, tegangan permukaan dan berat jenis untuk menentukan pengaruh temperatur terhadap tegangan tembus minyak isolasi.

Jika viskositas turun, elektrokonveksi dapat mempercepat kerusakan atau kemacetan minyak isolasi yang digunakan. Ini merupakan ciri dari viskositas minyak isolasi yang turun dengan naiknya temperatur sehingga menimbulkan formasi gelembung. Gelembung – gelembung tersebut kemudian akan bertambah besar karena energi lepas yang diberikan dan memungkinkan diameter gelembung tersebut bertambah besar serta menghasilkan gelembung lainnya.

c. Teori kegagalan bola cair

Jika suatu zat isolasi mengandung sebuah bola cair dari jenis cairan lain, maka dapat terjadi kegagalan akibat ketakstabilan bola cair tersebut dalam medan listrik. Medan listrik akan menyebabkan tetesan bola cair yang tertahan di dalam minyak yang memanjang searah medan dan pada medan yang kritis tetesan ini menjadi tidak stabil. Setelah menjadi tidak stabil bola air akan memanjang, dan bila panjangnya telah mencapai dua pertiga celah elektroda maka saluransaluran lucutan akan timbul sehingga kemudian kegagalan total akan terjadi.

d. Teori kegagalan tak murnian padat

Kegagalan tak murnian padat adalah jenis kegagalan yang disebabkan oleh adanya butiran zat padat (partikel) di dalam isolasi cair yang akan memulai terjadi kegagalan. Untuk butiran berbentuk bola dengan jari-jari R (cm), medan kritis dimana butiran ini kehilangan kestabilannya diberikan dari **Persamaan 2.3** berikut:

$$E = 487,7 \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{R \cdot \epsilon_1}} \quad (2.3)$$



nana:

- : Harga medan kegagalan
- : Jari-jari butiran (cm)

ε_1 : Permittivitas dari cairan

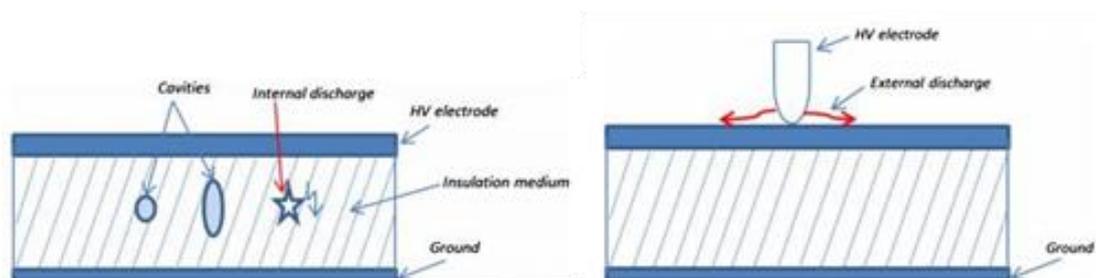
σ : Tekanan permukaan yang bekerja pada gelembung (dyne/cm).

e. Teori kegagalan tekanan volume minyak

Kekuatan peristiwa kegagalan pada suatu cairan minyak sangat dipengaruhi oleh kadar gas didalamnya, faktor kekentalan minyak, dan kehadiran partikel asing lainnya. Faktor-faktor ini dapat tersebar merata, meningkatnya volume minyak yang mengalami tekanan akan mengakibatkan penurunan tegangan penyebab dan kegagalan.

2.6 Mekanisme Partial Discharge

Secara umum *Partial Discharge* (PD) dapat terjadi pada bagian *internal* atau *external* isolasi saat produksi, pemasangan, dan pemeliharaan yang kurang optimal. PD *internal* di indikasikan ketidaksempurnaan terdapat berupa rongga atau gelembung berisi udara, gas, atau material lain yang terpendam didalam isolasi, sedangkan peluahan permukaan atau PD *external* terjadi di udara luar karena polusi, endapan/tetes air, dan retak/kasarnya permukaan isolasi, lalu korona disebabkan adanya ionisasi medium atau pelepasan elektron dari ikatannya pada permukaan kasar atau runcing pada sekeliling konduktor dengan ditandai dengan keluarnya cahaya plasma *luminous* berwarna ungu muda, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 PD internal dan PD eksternal (permukaan dan korona)

PD dalam isolasi cair terjadi dengan adanya medan listrik tinggi. Elektron dipercepat oleh medan listrik dan mendapatkan energi. Elektron ini mampu fer energi ke molekul lain yang bertabrakan di sekitarnya terutama tunggal. Kemudian, ionisasi atau degradasi molekul yang bertabrakan



dapat terjadi. Disosiasi elektrolit yang ditingkatkan dalam medan listrik menyebabkan pembentukan ion dalam sebagian besar cairan.

Konsekuensi dari proses PD dapat berupa pemotongan ikatan molekul cair yang mendegradasi dan memecah molekul menjadi lebih pendek. Kemudian, fasa gas dalam dielektrik cair dapat dibentuk dan rongga berisi gas dapat dihasilkan di area terjadinya PD. Tekanan gas di rongga ini awalnya sangat tinggi karena transisi fase sejumlah cairan isolasi ke dalam fase gas. Tekanan tinggi akan berkembang dan berkurang hingga tekanan di dalam sama dengan tekanan di luar cairan. Fenomena antarmuka (*interface*) logam-cair juga merupakan salah satu penyebab utama peningkatan konduktivitas dalam cairan isolasi. Antara permukaan logam-cair dianggap sebagai wilayah akumulasi. Ion dapat meninggalkan wilayah ini dengan meloloskan diri dari penghalang potensial kekuatan dielektrik.

Arus injeksi ke dalam sebagian besar cairan tergantung pada tegangan yang diberikan. Pada bahan isolasi cair rongga yang terjadi berbentuk gelembung udara, sedangkan pada bahan isolasi padat, rongga yang terdapat pada bahan isolasi tersebut biasanya diisi oleh udara/gas yang mempunyai permeabilitas bahan lebih rendah dari sekelilingnya.

Mekanisme terjadinya PD dapat dijelaskan lebih mendalam dengan menggunakan ilustrasi seperti pada Gambar 2.3, pada rongga udara yang terdapat pada bahan isolasi ini terjadi efek kapasitansi secara sebagian.

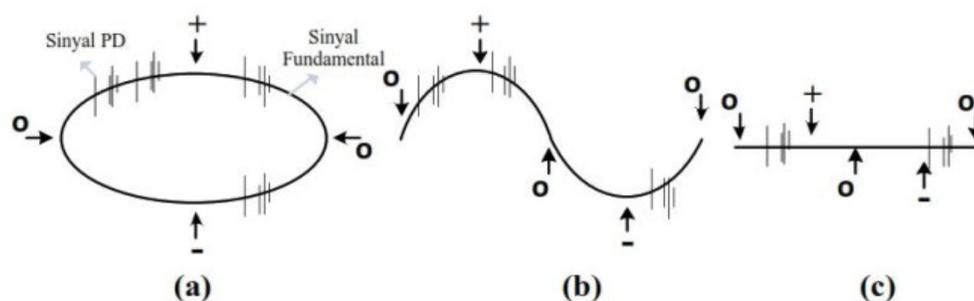
Efek kapasitansi yang terjadi mempunyai kekuatan bahan yang lebih rendah, sehingga menyebabkan intensitas medan yang lebih besar pada rongga tersebut. Intensitas medan yang besar ini bisa menyebabkan busur api. Busur api ini menandakan loncatan muatan pada rongga tersebut.

Selanjutnya Busur api akan teredam dan mulai melakukan pengisian muatan sampai menemukan rongga lagi untuk melepaskannya kembali. Fenomena pelepasan muatan yang singkat dan pengisian yang lama ini terjadi secara berulang seperti ini disebut sebagai peluahan sebagian (*partial discharge*). Apabila terjadi secara terus

maka akan dapat merusak bahan isolasi. Dalam melakukan pendeteksian li pada level tegangan tertentu yang disebut sebagai Tegangan Ambang (*n Voltage*) dan tidak terjadi pada level tegangan tertentu yang disebut



Tegangan Punah (*Extinction Voltage*) apabila tegangan pada sumber yang diterapkan adalah sinusoidal. Syarat terjadinya PD yaitu adanya elektron (muatan) dan jika tekanan medan listrik yang diterapkan melebihi nilai kritis insepasi PD tidak akan ada peluahan sampai sebuah elektron penyebab kebanjiran elektron (*avalanche*) timbul untuk menginisiasi PD. Ketersediaan (*availability*) dari elektron penyebab ini merupakan proses yang stokastik, yang merupakan penyebab dari ciri stokastik dari PD. Aliran elektron dan ion menghasilkan arus peluahan berbentuk impuls. Apabila arus ini diintegrasikan maka diperoleh muatan peluahan. Peluahan akan mengemisikan radiasi terutama dalam kisaran ultra violet (UV). Intensitas UV sangat tergantung dari besar dan jumlah PD. PD merupakan fenomena impuls yang menghasilkan impuls mekanik yang akan merambat dalam bentuk gelombang akustik. Dalam kondisi khusus seperti pada (GIS) gelombang akustik cukup kuat dan dapat dideteksi dalam rangka diagnosis kondisi. PD juga mengemisikan gelombang electromagnet yang dapat dideteksi dengan antenna. PD juga menghasilkan panas yang akan menaikkan temperatur di sekitar lokasi terjadinya PD. Sinyal PD dinyatakan dalam besar muatan (q) satuan pico coloumbs, pC dan sudut phase $\Phi I = 360 (ti/T)$ dari tegangan dimana PD terjadi. Besarnya nilai PD, dipengaruhi oleh tegangan terapan serta nilai kapasitansi, dalam hal ini nilai kapasitansi dipengaruhi oleh keberadaan void, ukuran void, serta jenis bahan isolasi yang digunakan.



Gambar 2.4 Pola diagram Partial Discharge (a) elips, (b) sinusoidal, dan (c) linear



ain itu adanya banyak sinyal gangguan yang terdeteksi pada detektor erau, bisa menimbulkan kesalahan persepsi dan berkurangnya sensitifitas an dalam pengujian. Gangguan yang dimaksudkan ini beraneka macam

salah satunya mungkin bisa disebabkan oleh derau dari lingkungan maupun ketidaksempurnaan sistem. Pada suatu siklus tertentu PD disertai dengan komponen fundamental Pola peluahan elektrik disajikan dalam bentuk pulsa, oleh sebab itu lebar pulsa pada detektor peluahan elektrik sangat menentukan bentuk diagram yang ditampilkan menampilkan bentuk pulsa yang terjadi pada detektor dengan pulsa lebar (*wideband*) pada diagram elips, sinusoidal, dan linear

2.7 Spektrofotometer Inframerah

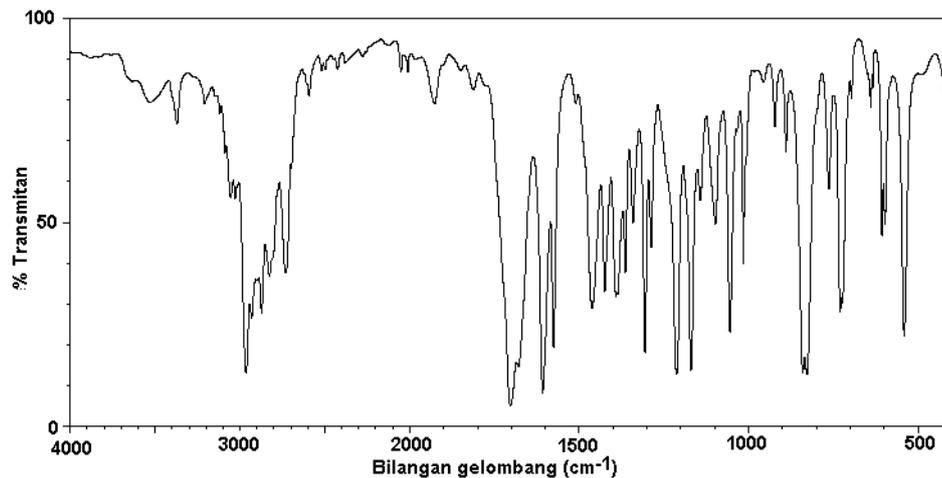
Jika suatu frekuensi tertentu dari radiasi inframerah dilewatkan pada sampel suatu senyawa organik maka akan terjadi penyerapan frekuensi oleh senyawa tersebut. Detektor yang ditempatkan pada sisi lain dari senyawa akan mendeteksi frekuensi yang dilewatkan pada sampel yang tidak diserap oleh senyawa. Banyaknya frekuensi yang melewati senyawa (yang tidak diserap) akan diukur sebagai persen transmittansi.

Persen transmittansi 100 berarti tidak ada frekuensi IR yang diserap oleh senyawa. Pada kenyataannya, hal ini tidak pernah terjadi. Selalu ada sedikit dari frekuensi ini yang diserap dan memberikan suatu transmittansi sebanyak 95%. Transmittansi 5% berarti bahwa hampir seluruh frekuensi yang dilewatkan diserap oleh senyawa. Serapan yang sangat tinggi ini akan memberikan informasi penting tentang ikatan dalam senyawa ini (Dachriyanus, 2004)

2.7.1 Bentuk spektrum inframerah

Spektrum yang dihasilkan berupa grafik yang menunjukkan persentase transmittansi yang bervariasi pada setiap frekuensi radiasi inframerah. atuan frekuensi yang digunakan pada garis horizontal (aksis) dinyatakan dalam bilangan gelombang, yang didefinisikan sebagai banyaknya gelombang dalam tiap satuan Panjang.





Gambar 2.5 Spektrum Inframerah (Dachriyanus,2004)

Pada pertengahan garis horizontal bisa saja terjadi perubahan skala. Perubahan skala terjadi pada sekitar 2000 cm^{-1} dan sangat jarang terjadi perubahan skala pada sekitar 1000 cm^{-1} . Perubahan skala ini tidak akan mempengaruhi interpretasi spektrum inframerah karena yang dibutuhkan hanya nilai satuan yang ditunjuk skala horizontal.

2.7.2 Penyebab terjadinya serapan frekuensi inframerah

Setiap frekuensi cahaya, termasuk inframerah, mempunyai energi tertentu. Apabila frekuensi cahaya yang dilewatkan diserap oleh senyawa yang diinvestigasi, berarti energi tersebut ditransfer pada senyawa. Besarnya energi yang diserap senyawa akan mempengaruhi kondisi molekul senyawa tersebut. Energi radiasi inframerah berhubungan dengan energi yang dibutuhkan untuk terjadinya vibrasi dari suatu ikatan.

