

# EVALUASI KANDUNGAN GAS (DGA) DENGAN METODE KROMATOGRAFI GAS TERHADAP NILAI TEGANGAN TEMBUS PADA MINYAK JARAK YANG TELAH MELALUI PROSES TRANSESTERIFIKASI SEBAGAI ALTERNATIF MINYAK TRANSFORMATOR

Rahmawati<sup>1\*</sup>, Ega Priyo Raharjo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, \*Email : etikmahyuddin@yahoo.com

*Abstrak*-Minyak transformator diperoleh melalui proses pemurnian minyak bumi. Minyak transformator ini berfungsi sebagai isolasi dan sebagai media pendingin. Minyak bumi ini dikhawatirkan jika dipakai terus menerus lama kelamaan akan habis karena sifat dari mineral bumi yang tidak terbarukan. Oleh karena alasan tersebut perlu adanya alternatif lain sebagai pengganti minyak bumi ini untuk dipakai sebagai minyak isolasi didalam transformator. Salah satu minyak yang berhasil diteliti adalah minyak yang berasal dari ekstrak biji buah jarak yang diolah menjadi biodisel. Minyak jarak ini sebelumnya dilakukan proses pemurnian dengan tujuan mendapatkan minyak murni yang sesuai dengan standar minyak transformator. Proses pemurnian dilakukan dengan proses transesterifikasi. Penelitian kandungan gas pada minyak jarak menggunakan metode kromatografi gas yaitu sebuah alat yang digunakan untuk mengekstrak nilai kandungan gas dari sampel minyak dan berdasarkan hasil yang diperoleh terjadi penurunan nilai kandungan gas selama proses pemurnian sebesar H<sub>2</sub> 10 ppm, CH<sub>4</sub> 2 ppm, CO 0 ppm (tetap), CO<sub>2</sub> 1425 ppm, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 0 ppm, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 17 ppm, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 0 ppm, O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> tidak terdeteksi. Dari hasil pengujian kandungan gas minyak jarak berada dibawah standar yang ditetapkan IEEE. Pengujian tegangan tembus juga mengalami penurunan dari 15,2 KV/2,5 mm dan setelah dimurnikan menjadi 1,24 KV/2,5 mm, faktor yang mempengaruhi menurunnya nilai tegangan tembus minyak jarak yaitu kandungan H<sub>2</sub>O yang tinggi hingga tahap akhir proses pemurnian yaitu sebesar 1267,78 ppm.

*Kata kunci:* Minyak Transformator, Kegagalan Minyak Transformator, DGA, Kromatografi Gas, Tegangan tembus.

*Abstract*-Transformer oil is obtained through the process of petroleum refining. This transformer oil serves as insulation and as a cooling medium. Petroleum is feared if used continuously over time will run out, due to the nature of the earth's non-renewable mineral. By reason of the need for an alternative as a substitute for petroleum is used as insulating oil in transformers. One of the oils studied were successful oil derived from the fruit seed extract is processed into biodiesel distance. Castor oil was previously performed the purification process in order to get pure oil in accordance with standard transformer oil. The refining process is done with the transesterification process. Research on the gas content of castor oil using gas chromatography method is a tool used to extract the value of the gas content of the oil samples and the results obtained by a decline in the value of gas content during the purification process for H<sub>2</sub> 10 ppm, CH<sub>4</sub> 2 ppm, CO 0 ppm (fixed), CO<sub>2</sub> 1425 ppm, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 0 ppm, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 17 ppm, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 0 ppm, O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> are not detected. From the test results gas content of castor oil is below established standards IEEE. Testing also decreased breakdown voltage of 15.2kV/2,5mm and after purified to 1.24KV/2.5 mm, factors affecting the decline in the value of breakdown voltage castor oil is a high content of H<sub>2</sub>O until the final stages of the purification process is at 1267.78 ppm.

*Keywords.* Oil Transformer, Transformer Oil Failure, DGA, Gas Chromatography, Breakdown Voltage

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan industri dan kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat harus diimbangi dengan sumber energi yang memadai. Pada saat ini listrik merupakan salah satu bagian penting dalam kehidupan sehari-hari baik dalam sektor perindustrian maupun

kehidupan masyarakat. Dalam pengolahan menjadi energi listrik, sebagian memakai sumber energi yang bersasal dari mineral bumi, sebagai contoh yaitu batu bara dan minyak bumi. Adapun produk hasil pengolahan minyak bumi dimanfaatkan untuk bahan bakar PLTD dan minyak isolasi untuk transformator.

Transformator merupakan salah satu komponen penting dalam sistem kelistrikan. Bagian-bagian didalam transformator juga berperan penting untuk mendukung sebuah sistem kelistrikan berjalan dengan baik, salah satu komponen itu ialah minyak isolasi. Minyak isolasi dalam transformator berperan sebagai pengaman yang memisahkan bagian-bagian bertegangan di dalam transformator, serta sebagai pendingin untuk membantu menyerap panas dari transformator ketika terjadi kenaikan temperatur.

Minyak isolasi dalam transformator berasal dari minyak bumi yang pada suatu saat nanti jika dipakai terus menerus akan habis karena sifatnya yang tidak terbarukan. Oleh karena itu perlu adanya solusi dari masalah ini yaitu dengan menemukan alternatif lain sebagai pengganti mineral bumi ini.

Penelitian tentang minyak penggantinya pun sudah banyak dilakukan, salah satunya minyak yang berasal dari hasil ekstraksi biji buah jarak yang dibuat menjadi biodiesel. Tanaman jarak yang banyak kita temui di sekitar tempat tinggal kita sangat mudah untuk dibudidayakan di wilayah Negara kita ini karena dapat beradaptasi dengan baik, baik di daerah yang kering maupun daerah dengan tingkat curah hujan yang cukup tinggi.

Minyak jarak ini setelah diteliti diharapkan mampu memenuhi persyaratan sebagai minyak transformator, yakni harus memenuhi kriteria, mempunyai sifat isolasi listrik yang tinggi, menjadi penyalur panas yang baik, mempunyai viskositas yang rendah sehingga menjadi pendingin yang baik, titik nyala tinggi, tidak mudah menguap, serta tidak merusak bahan isolasi padat dan gulungan.

#### A. Tujuan

Penulisan jurnal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kandungan gas yang terlarut dengan metode kromatografi gas serta mendapatkan nilai tegangan tembus pada minyak jarak yang telah dimurnikan melalui proses Transesterifikasi, juga untuk mengetahui apakah minyak jarak ini sudah memenuhi syarat sebagai alternatif pengganti minyak isolasi transformator.

#### B. Manfaat

Manfaat penulisan jurnal ini yaitu melihat kelayakan minyak jarak untuk dipakai sebagai pengganti minyak transformator berdasarkan parameter kandungan gas yang terdapat dalam minyak jarak.

#### C. Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka perumusan masalahnya adalah sebagai berikut :  
 “Melihat kandungan gas (DGA) dengan metode kromatografi gas serta mengevaluasi terhadap besar nilai tegangan tembus pada minyak jarak yang telah melalui proses transesterifikasi sebagai alternatif minyak transformator“

#### D. Pembatasan Masalah

Masalah yang dibahas pada jurnal ini adalah mengetahui kandungan gas terlarut dengan metode kromatografi gas pada minyak jarak yang telah melalui

proses transesterifikasi. Penelitian tentang kandungan gas yg terdahulu pada minyak transformator menggunakan standar ASTD 3612 Metode C-headspace sampling. Pengujian tegangan tembus pada minyak jarak dengan HV Tester

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Pengertian Transformator

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya/tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Transformator menggunakan prinsip hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz dalam menyalurkan daya, dimana arus bolak-balik yang mengalir mengelilingi suatu inti besi maka inti besi itu akan berubah menjadi magnet. Dan apabila magnet tersebut dikelilingi oleh suatu belitan maka pada kedua ujung belitan tersebut akan terjadi beda potensial

Penggunaan dalam sistem tenaga memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan. Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban. Untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian yang lain. Untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian.

### B. Bagian-Bagian Transformator

#### 1. Inti Besi

Inti besi digunakan sebagai media jalannya fluks yang timbul akibat induksi arus bolak-balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain.

#### 2. Kumparan Transformator

Belitan terdiri dari batang tembaga berisolasi yang mengelilingi inti besi, dimana saat arus bolak-balik mengalir pada belitan tembaga tersebut, inti besi akan terinduksi dan menimbulkan flux magnetik.

#### 3. Minyak transformator

Minyak didalam transformator tenaga yang berfungsi sebagai isolasi dan media pendingin

#### 4. Bushing

Merupakan sebuah konduktor yang diselubungi isolator yang menghubungkan trafo ke jaringan luar.

#### 5. Tangki konservator

Merupakan suatu peralatan dalam sebuah transformator yang berfungsi untuk menampung minyak selama kenaikan suhu.

#### 6. Radiator

Peralatan yang berfungsi sebagai pendingin untuk sebuah transformator

#### 7. Tap changer

Peralatan yang berfungsi menyesuaikan lilitan primer dari tegangan input yang bertujuan untuk mendapatkan tegangan output yang stabil

#### 8. NGR

Suatu peralatan yang berfungsi sebagai media pentanahan atau grounding untuk transformator.

### C. Minyak Transformator

Minyak transformator adalah minyak mineral yang diperoleh dengan pemurnian minyak mentah. Sebagai bahan isolasi, minyak transformator harus mempunyai tegangan tembus yang tinggi. Selain itu minyak ini berfungsi sebagai media pendingin yaitu untuk mengantisipasi kenaikan temperatur (suhu) pada transformator, adanya kenaikan temperatur yang terlalu tinggi bisa merusak isolasi kertas pada gulungan (*coil*) di dalam transformator, dan suhu yang terlalu panas dapat menurunkan tahanan isolasi yang dapat mengakibatkan hubungan singkat antara fasa dengan fasa dan fasa dengan *body* di dalam transformator sehingga dapat merusakkan transformator. Sedangkan fungsi minyak sebagai media isolasi adalah merupakan sesuatu yang mutlak untuk menghindari terjadinya *short circuit* atau hubungan singkat di dalam transformator baik antara fasa maupun sisi fasa dengan *body*, dimana hubungan singkat tersebut akan mengakibatkan transformator meledak.

### D. Syarat – Syarat Minyak Transformator

Syarat minyak trafo menurut SPLN 49 – 1 : 1982 harus memenuhi kriteria berikut ini yaitu :

1. Kejernihan (*appearance*)
2. Masa Jenis (*density*)
3. Viskositas Kinematik (*kinematic viscosity*)
4. Titik Nyala (*flash point*)
5. Titik Tuang (*pour point*)
6. Angka Kenetralan (*neutralization number*)
7. Korosi Belerang (*corrosive sulphur*)
8. Tegangan Tembus (*breakdown voltage*)
9. Faktor Kebocoran Dielektrik (*dielectric dissipation factor*)
10. Stabilitas / kemantapan oksidasi (*Oxydation stability*)
11. Kandungan air (*water content*)
12. Tahanan jenis (*resistivity*)
13. Tegangan antar muka (*interfacial tension*)
14. Kandungan gas (*gas content*)

### E. Sifat-Sifat Material Bahan Isolasi Cair

#### 1. Sifat Kimia

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

#### 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.

#### 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 didalam 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. Kandungan air dan oksigen yang tinggi akan mengakibatkan korosi, menghasilkan asam, endapan dan cepat menurunkan usia transformator. Kandungan air dalam transformator 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.

#### 2. Sifat Fisika

Sifat- sifat fisika minyak transformator yang penting antara lain sebagai berikut :

- a. Kejernihan (*Appearance*)
- b. Mempunyai Massa jenis (*Density*)
- c. Viskositas Kinematik (*Kinematic Viscosity*)
- d. Mempunyai Titik Nyala (*Flash Point*)
- e. Mempunyai Titik Tuang (*Pour Point*)
- f. Mempunyai Tegangan Antar Muka (*Interfacial Tension*)
- g. Daya melarutkan (*Solvent Power*).

#### 3. Sifat Listrik

Agar minyak dapat berfungsi dengan isolasi yang baik maka diperlukan adanya perhatian pada sifat listriknya. Karakteristik yang perlu diketahui adalah.

#### a. Tegangan Tembus (*Breakdown Voltage*)

Tegangan tembus adalah tegangan dalam kV yang diperlukan untuk menembus lapisan minyak setebal 1 cm diantara 2 buah elektroda dan dinyatakan dalam kV/cm dalam kondisi suhu kamar. Tegangan tembus yang rendah menunjukkan adanya kontaminasi seperti air, kotoran atau partikel yang tidak dikehendaki. Metode uji yang dipakai adalah standar IEC 156

#### b. Tahanan jenis (*Resistivity*)

Nilai tahanan jenis yang tinggi menunjukkan minyak tidak mengandung bahan-bahan yang bersifat penghantar listrik. Tahanan jenis dari minyak isolasi berhubungan langsung dengan bahan isolasi dari trafo. Bila suhu kerja trafo mengalami kenaikan maka tahanan jenis isolasi minyak akan turun dan juga berhubungan dengan kadar asam, bilamana kadar asam semakin rendah maka tahanan jenis isolasi minyak akan semakin besar.

#### c. Faktor Kebocoran Dielektrik (*Dielectric Dissipation Factor*)

Faktor kebocoran dielektrik ( $\tan \delta$ ). Karakteristik  $\tan \delta$  merupakan alat yang berharga untuk mengevaluasi efisiensi dielektrik dan cukup peka untuk mendeteksi serta menilai kerusakan dielektrik karena telah dipergunakan untuk waktu yang lama.

#### F. Kegagalan Minyak Transformator

Kegagalan isolasi disebabkan oleh pemakaian yang cukup lama serta berkurangnya kekuatan dielektrik karena tegangan lebih. Berikut ini dijelaskan beberapa hal yang berpengaruh pada kegagalan minyak transformator :

1. Partikel Padat  
partikel debu yang tercampur dalam minyak lama kelamaan akan terpolarisasi dan membentuk jembatan dimana arus listrik dapat mengalir dan menyebabkan pemanasan didalam transformator
2. Uap Air  
Didalam minyak trafo terkandung air, air ini jumlahnya akan bertambah banyak seiring pemakaian dan membentuk jembatan dan kanal-kanal dimana akan terpolarisasi dan menyebabkan kegagalan transformator
3. Kegagalan Gelembung  
Didalam minyak terbentuk gelembung-gelembung gas yang terjadi karena dekomposisi pada minyak dan juga adanya pengaruh medan listrik yang kuat antara elektroda sehingga menghubungkan gelembung tersebut hingga membentuk jembatan yang menjadi awal terjadinya kegagalan.

#### G. Minyak Jarak Pagar

Jarak pagar merupakan tanaman semak yang tumbuh cepat. Tanaman ini tahan kekeringan dan dapat tumbuh di tempat bercurah hujan 200 milimeter per tahun hingga 1.500 milimeter per tahun. Minyak jarak ini berasal dari biji buah jarak yang di pres untuk mendapatkan sarinya.

#### H. Proses Pemurnian Minyak Jarak

Proses pemurnian pada minyak jarak bertujuan untuk mendapatkan minyak jarak murni yang mana akan digunakan sebagai alternatif minyak transformator. Berikut langkah-langkah proses pemurnian minyak jarak pagar :

- a. *Degumming*  
Merupakan proses penghilangan getah/ lendir dalam minyak
- b. *Bleaching*  
Merupakan proses pemucatan warna minyak atau proses untuk menghilangkan zat warna yang tidak diperlukan dari minyak
- c. Deodorisasi  
Merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan bau dan rasa dari minyak
- d. Netralisasi  
Merupakan proses untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak dengan cara

mereaksikan asam lemak bebas dengan basa atau pereaksi lainnya

#### e. Transesterifikasi

Merupakan suatu proses reaksi organik dimana senyawa ester di ubah kesenyawa ester lain melalui pertukaran gugus alkohol dari gugus ester dengan gugus alkil dari senyawa lain. Dalam reaksi ini senyawa ester direaksikan dengan alkohol sehingga reaksi ini biasa disebut reaksi alkoholis.

#### I. DGA Test

DGA secara harfiah dapat diartikan sebagai analisis kondisi transformator yang dilakukan berdasarkan jumlah gas terlarut pada minyak trafo. DGA pada dunia industri dikenal juga sebagai tes darah atau *blood test* pada transformator. Uji DGA dilakukan pada suatu sampel minyak diambil dari unit transformator kemudian gas-gas terlarut (*dissolved gas*) tersebut diekstrak. Gas yang telah diekstrak lalu dipisahkan, diidentifikasi komponen-komponen individualnya, dan dihitung kuantitasnya (dalam satuan *Part Per Million* – ppm). Gas yang didapat kemudian diklasifikasikan menurut batas kondisi gas yang ditetapkan yaitu :

TABEL 1  
BATAS KONSENTRASI GAS INDIVIDUAL STANDART  
IEEE C57.104-1991

Kondisi gas terlarut				
Jenis Gas	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3	Kondisi 4
H <sub>2</sub>	100	100 – 700	701 - 1800	> 1800
CH <sub>4</sub>	120	121 – 400	401 - 1000	> 1000
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	35	36 -50	51 - 80	> 80
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	50	51 – 100	101- 200	> 200
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	65	66 -100	101 - 150	> 150
CO	350	351 – 570	571 - 1400	> 1400
CO <sub>2</sub>	2500	2500 - 4000	4001 - 10000	> 10000

TABEL 2  
KONDISI TRANSFORMATOR BERDASARKAN  
STANDART IEEE C57.104-1991

Kondisi 1	Pada kondisi ini mengindikasikan bahwa operasi trafo normal.
Kondisi 2	Pada kondisi ini menandakan komposisi gas sudah melebihi batas normal. Bila salah satu gas sudah melebihi batas level, harus diinvestigasi secara cepat.

Kondisi 3	Pada level ini mengindikasikan pemburukan tingkat tinggi. Bila salah satu gas melebihi batasan level, harus diinvestigasi dengan cepat. Lakukan tindakan untuk mendapatkan trendgangguan.
Kondisi 4	Pada level ini mengindikasikan pemburukan yang sangat tinggi. Melanjutkan operasi trafo akan mengarah pada kerusakan trafo.

**J. Metode uji kromatografi gas**

Kromatografi gas adalah suatu alat yang digunakan untuk memisahkan dan mendeteksi jenis-jenis gas yang telah diekstrak dari minyak sampel. Dalam minyak transformator terdapat berbagai macam gas, yang terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar (*combustible gas*) dan gas-gas yang tidak mudah terbakar (*uncombustible gas*). Sifat dari beberapa jenis gas terlarut dalam transformator bisa dilihat dalam tabel berikut :

TABEL 3  
JENIS GAS YANG TERLARUT DALAM MINYAK TRANSFORMATOR

Jenis gas	Simbol	Sifat
Hidrogen	H <sub>2</sub>	Uncombustible
Oksigen	O <sub>2</sub>	Uncombustible
Nitrogen	N <sub>2</sub>	Uncombustible
Metana	CH <sub>4</sub>	Combustible
Karbon Monoksida	CO	Uncombustible
Karbon dioksida	CO <sub>2</sub>	Uncombustible
Etana	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Combustible
Etena	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Combustible
Etuna	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Combustible

**K. Pengaruh Kandungan Gas Terhadap Kinerja Transformator**

Di dalam minyak transformator terdapat zat-zat pengotor yang mempengaruhi kinerja transformator seperti partikel padat, air, dan gelembung-gelembung gas. Hal-hal tersebut sangat mempengaruhi pemburukan minyak transformator hingga bisa sampai menyebabkan kegagalan sebuah transformator. Zat pengotor tersebut akan timbul seiring pemakaian sebuah transformator oleh karena itu perlu adanya pengecekan terhadap minyak transformator.

Salah satu zat yang mempengaruhi kinerja transformator yang dibahas disini adalah kandungan gas yang terdapat dalam minyak transformator. Gas ini sudah ada sejak awal minyak dipakai untuk isolasi transformator adapun jenis gas ini sifatnya ada yang mudah terbakar dan ada yang tidak mudah terbakar, seiring pemakaian sebuah transformator jumlah gas-gas yang terdapat didalam minyak menjadi bertambah banyak.

Adapun peningkatan jumlah kandungan gas dalam minyak transformator lama kelamaan akan membentuk gangguan karena adanya gas yang mudah terbakar yang sangat membahayakan contohnya gas metan. Jenis fault

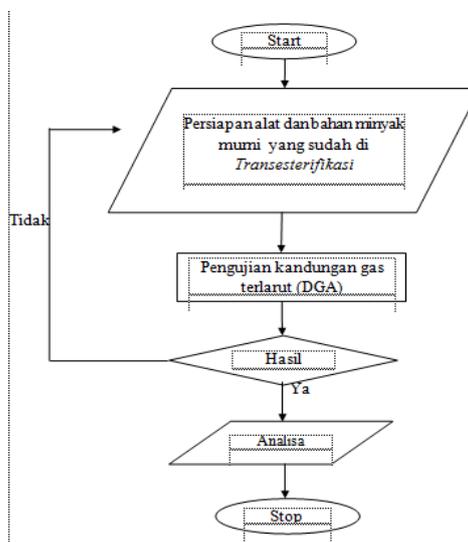
gas jika terkandung dalam jumlah banyak akan menyebabkan kegagalan karena dalam gas tersebut akan terbentuk jembatan yang menghubungkan kedua elektroda karena pengaruh medan listrik dan terpolarisasi sehingga dapat menurunkan kemampuan minyak transformator untuk menahan tegangan tembus yang melewatinya dengan kata lain sangat mudah terjadi kegagalan minyak isolasi Untuk standar minyak transformator terdapat ambang batas yang diijinkan berdasarkan IEEE C57-104.1991 tentang kandungan gas di dalam minyak transformator terlihat mulai dari kondisi 1 sampai dengan 4, kondisi tersebut mewakili tindakan apa yang harus dilakukan jika jumlah gas sudah mencapai level tertentu.

Jumlah konsentrasi gas masuk dalam kategori membahayakan jika berada dalam kondisi 3 dan 4, dimana dalam kondisi ini minyak transformator mengalami pemburukan serius hingga akan menyebabkan kegagalan isolasi didalam sebuah transformator. Jika hal ini terjadi maka minyak isolasi ini tidak dapat dengan baik menjadi pemisah bagian-bagian yang bertegangan didalam transformator.

**III. METODELOGI PENELITIAN**

**A. Prosedur Penelitian**

Tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian ini sehingga mendapatkan kandungan gas adalah :



Gambar 1. Flowchart prosedur penelitian

**B. Waktu dan Tempat Penelitian**

Pengujian mengenai tentang minyak jarak ini akan dilaksanakan pada bulan april sampai dengan juni, tempat penelitian yang dipakai untuk penelitian yaitu untuk proses pemurnian minyak dilakukan di laboratorium Energi RUNAS PEPT UNSRI dan pengujian kandungan gas dan tegangan tembus dilakukan di laboratorium PLN Puslitbang Jakarta.

**C. Alat dan Bahan Penelitian**

Dalam penelitian ini alat yang digunakan untuk pengujian digunakan kromatografi *gas Morgan Schaffer* dan pengujian tegangan tembus menggunakan alat *HV Tester* :



Gambar 2. Alat Uji Kandungan Gas dan Tegangan Tembus

Bahan yang digunakan adalah minyak jarak sebelum dimurnikan dan minyak jarak yang telah dimurnikan (minyak setelah transesterifikasi) :



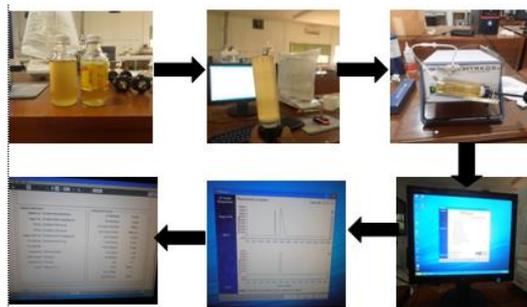
Gambar 3. Minyak Jarak Mentah dan Minyak Jarak Hasil Transesterifikasi

**D. Proses Pengujian Kandungan Gas dan Tegangan Tembus**

Pada tahap ini bahan minyak jarak di uji nilai kandungan *fault* gas yang terdapat didalamnya dengan menggunakan alat kromatografi *Morgan Schaffer* yaitu alat yang digunakan untuk mengekstrak kandungan gas didalam minyak jarak selain itu juga diuji ketahanan minyak jarak untuk menahan tegangan tembus yang mana nilainya dapat diketahui dengan menggunakan alat *HV Tester*

**1. Pengujian Kandungan Gas**

1. Tekan tombol *power* pada kromatografi gas MS dan hidupkan komputer
2. Tarik beberapa sampel ke dalam *syringe*. Sampel diambil 100 mL
3. Kocok *syringe* hingga terbentuk gelembung-gelembung udara dan kemudian tempatkan *syringe* pada holder *GC*
4. Ambil alat penyaring minyak, dan pasang pada alat analisis kemudian sambungkan dengan kepala *syringe*
5. Jalankan program PPM report pada komputer sambil mengisi data sampel yang diperlukan, kemudian pada program klik ikon *purge* untuk analisa minyak sampel
6. Hasil akan keluar setelah proses selesai dilakukan.



Gambar 4. Proses Pengujian Tegangan Tembus

**2. Pengujian Tegangan Tembus**

1. Memasukkan contoh minyak uji ke dalam wadah gelas secara perlahan-lahan agar tidak menimbulkan gelembung-gelembung udara.
2. Minyak uji terpasang pada tempatnya 10 menit sebelum pengujian.
3. Mengkalibrasi pengukuran tegangan pada posisi nol ke tegangan 2 – 5 kV/s pada alat ukur.
4. Contoh pengujian minyak dilakukan 2 kali percobaan dengan ketebelan yang berbeda, setiap interval pengukuran dilakukan dengan selang waktu 2 menit.
5. Memutuskan suplai tegangan ketika terjadi tegangan tembus pada kedua elektroda dalam minyak uji.
6. Mencatat hasil percobaan kedalam tabel pengamatan



Gambar 5. Proses Pengujian Tegangan Tembus

**IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Selama proses pemurnian ada beberapa komponen yang diuji, seperti nilai viskositas minyak jarak dilakukan pada saat minyak telah diproses *deguming*, *bleaching*, deodorisasi, dan angka keasaman setelah ketiga proses tersebut kemudian dilanjutkan dengan proses netralisasi. Hasil yang diperoleh bisa dilihat dalam tabel berikut :

TABEL 4  
HASIL PENGUJIAN

Nama sampel	Nilai viskositas	Nilai Kandungan
Minyak Jarak Pagar ( <i>Jatropha Curcas L</i> )	2, 5498 cSt	0,06 mg NaOH/gr

**A. Pengujian Kandungan Gas dengan GC MS**

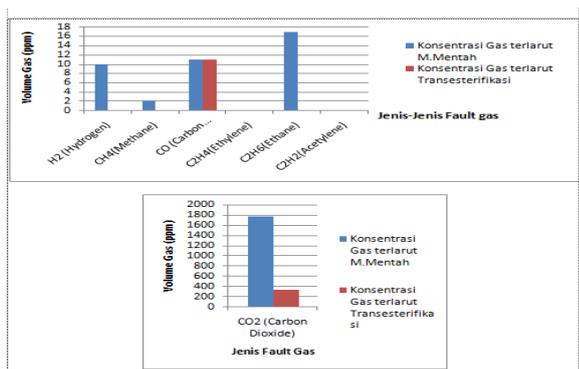
Pada pengujian kandungan gas ini dipakai alat kromatografi gas yang berfungsi untuk mengekstraksi

fault gas yang terdapat didalam minyak sampel dan jika kita lihat ada beberapa jenis gas yang sangat berbahaya yang harus dihindari dalam pengetesan kali ini seperti gas metan yang bersifat mudah terbakar gas ini jika jumlahnya bertambah banyak akan menyebabkan kegagalan isolasi pada sebuah transformator. Pada saat pengambilan sampel harus diperhatikan tingkat kemurnian sampel karena dapat mempengaruhi akurasi hasil pengujian. Dengan menggunakan kromatografi gas *Morgan Schaffer* merk Myrkos analisa *fault* gas terbagi menjadi 2 bagian yaitu *channel A* yang khusus menganalisa jenis senyawa : Ne, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan CO, selanjutnya *channel B* yang menganalisa jenis senyawa : H<sub>2</sub>O CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>. Jenis gas yang terdeteksi akan tampak pada waktu yang ditentukan misalnya gas Ne akan muncul pada waktu retensi kurang dari 20.00 detik dan tinggi kurva Ne ditentukan antara beda tegangan gas pembawa (argon) dengan gas yang dideteksi (misal Ne) hal tersebut juga berlaku untuk jenis gas-gas lain.

Dibawah ini merupakan tabel hasil penelitian kandungan gas pada minyak jarak sebelum dimurnikan dan setelah dimurnikan.

TABEL 5  
HASIL PENELITIAN KANDUNGAN GAS PADA MINYAK JARAK SEBELUM DIMURNIKASN DAN SETELAH DIMURNIKAN

No	Suhu	volume	Konsentrasi Gas terlarut (Gc)		
			Jenis gas	M.Mentah (ppm)	Transesterifikasi (ppm)
1	28°	100 mL	H <sub>2</sub> (Hydrogen)	10	0
			CH <sub>4</sub> (Methane)	2	0
			CO (Carbon Monoxide)	11	11
			CO <sub>2</sub> (Carbon Dioxide)	1764	339
			C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (Ethylene)	0	0
			C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (Ethane)	17	0
			C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> (Acetylene)	0	0
			O <sub>2</sub> (Oxygen)	-	-
			N <sub>2</sub> (Nitrogen)	-	-



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Minyak Jarak

Dari tabel yang diperoleh setelah pengujian dengan menggunakan alat kromatografi gas *Morgan Schaffer* bisa dilihat jenis *fault* gas yang terdeteksi beserta konsentrasinya yang menurun, dan bisa kita ketahui minyak jarak tersebut ternyata mempunyai *fault* gas yang kecil dan berada dibawah standar kandungan gas individual yang ditetapkan oleh IEEE c57-104.1991, hal ini menunjukkan berdasarkan parameter kandungan gas minyak jarak ini tidak membahayakan jika dipakai sebagai alternatif minyak transformator ( tidak akan menyebabkan kegagalan).

Adanya penurunan nilai kandungan gas pada minyak yang telah dimurnikan ini dikarenakan pada saat proses pemurnian terjadi pengeringan menggunakan oven sehingga gas-gas tersebut yang sebelumnya ada dan mempunyai nilai tertentu menjadi berkurang nilainya, bisa dikatakan gas tersebut menguap selama proses pemurnian. Namun ketika kita lihat ada senyawa lain yang jumlah kandungannya meningkat yaitu H<sub>2</sub>O nilainya sebelum dimurnikan 370.99 ppm dan setelah dimurnikan sebesar 1267.78 ppm, peningkatan ini terjadi pada saat proses pengeringan, air (tak kasat mata) yang terdapat pada minyak menguap menjadi uap air dan ketika minyak dikeluarkan dari oven ada perbedaan suhu antara minyak dalam gelas sehingga membentuk uap air disekeliling dinding gelas ukur yang kemudian kembali menjadi partikel air dan tercampur lagi dengan minyak jarak.

**B. Pengujian Tegangan Tembus**

Pada pengujian tegangan tembus kali ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan minyak jarak menahan tegangan lebih yang berkaitan fungsi minyak sebagai isolasi yaitu itu untuk memisahkan bagian-bagian yang bertegangan dalam transformator yang relatif bekerja pada tegangan tinggi.

Berikut bisa dilihat nilai tegangan tembus setelah dilakukan pengujian dengan HV *Tester* :

TABEL 6  
NILAI TEGANGAN TEMBUS

Minyak Mentah (KV)	Minyak Transesterifikasi (KV)
13.8 KV	1.4 KV
16.6 KV	1.08 KV
$V_b = 15.2 \text{ KV}$	$V_b = 1.24 \text{ KV}$



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Tegangan Tembus

### C. Evaluasi Nilai Kandungan Gas Terhadap Nilai Tegangan Tembus

Pada proses kegagalan isolasi kandungan gas yang terbentuk pada minyak membentuk jembatan dan kanal-kanal diantara dua kutub elektroda, kemudian terpolarisasi yang merupakan awal terjadi kegagalan isolasi. Dalam hal ini ada sebagian jenis gas yang sifatnya mudah terbakar seperti gas metan ( $\text{CH}_4$ ), gas metan ini didalam minyak jarak nilai yang diperoleh tidak terlalu besar yaitu 2 ppm jauh dari standar yaitu sebesar 120 ppm oleh karena itu berdasarkan kandungan gas minyak ini tidak akan menyebabkan kegagalan isolasi. Selain faktor kandungan gas ada faktor lain yang menyebabkan berkurangnya kemampuan minyak isolasi menahan tegangan tembus yang nilainya bisa dilihat pada waktu pengujian yaitu kandungan  $\text{H}_2\text{O}$ .

Jika dilihat dari parameter kandungan gas dengan menggunakan kromatografi gas nilai yang diperoleh pada tiap-tiap gas pada minyak mentah nilainya berada dibawah standar yang ditetapkan IEEE tentang batas konsentrasi gas individual dan setelah dilakukan proses pemurnian (transesterifikasi) ada beberapa jenis gas yang nilainya berkurang, hal ini menunjukkan bahwa proses transesterifikasi berhasil mengurangi nilai kandungan gas pada minyak jarak. Selain itu nilai tegangan tembus pada saat awal minyak mentah dan hingga pengujian setelah tahap transesterifikasi nilai yang didapatkan juga menurun. Hubungan penurunan kandungan gas terhadap nilai tegangan tembus yang diperoleh pada saat dilakukan pengujian, *fault* gas yang terdeteksi tidak seharusnya mempengaruhi berkurangnya kekuatan minyak jarak menahan tegangan tembus hal ini dikarenakan kandungan gas yang mudah maupun tidak mudah terbakar yang terdeteksi diperoleh nilai yang kecil yang mana tidak akan membahayakan atau aman karena nilai nya jauh berada dibawah standar yang ditetapkan. Selain gas ada senyawa lain yaitu kandungan  $\text{H}_2\text{O}$  (Air) yang diperoleh pada pengujian nilainya semakin meningkat selama proses pemurnian dari 370.99 ppm menjadi 1267,78 ppm, hal ini karena uap air yang terbentuk selama proses pengeringan semakin bertambah banyak dan menyatu kembali dengan minyak jarak hal ini faktor utama yang menyebabkan nilai tegangan tembus minyak jarak menurun drastis . Kandungan  $\text{H}_2\text{O}$  (Air) yang tinggi yang terbentuk setelah proses pengeringan dengan oven sehingga terbentuk uap air dan adanya penambahan NaOH air ini menjadi larutan elektrolit kuat yaitu ion  $\text{O}^-$  sebagai anion dan  $\text{H}^+$  sebagai kation. Ketika diberi beda potensial, anion bergerak menuju anoda (+) sedangkan kation bergerak menuju katoda (-). Aliran ion inilah yang menyebabkan larutan elektrolit dapat menghantarkan arus listrik yang menjadi jembatan kemudian terpolarisasi hingga menyebabkan kegagalan isolasi.

Penurunan nilai dari tegangan tembus ini bisa diketahui bahwa minyak jarak ini belum memenuhi standar untuk dijadikan alternatif minyak transformator karena belum mencapai standar tegangan tembus minyak transformator yaitu sebesar 30 KV dengan kata lain minyak jarak ini belum layak karena nilai tegangan

tembusnya yang diperoleh hingga akhir tahap pemurnian yang sangat kecil sebesar 1,2 KV/2,5 mm.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh selama penelitian, kandungan gas dengan menggunakan kromatografi gas didapatkan bahwa pada minyak jarak nilai *fault* gas yang terdeteksi pada minyak jarak mengalami penurunan nilai kandungan gas yang besarnya  $\text{H}_2$  10 ppm,  $\text{CH}_4$  2 ppm,  $\text{CO}$  0 ppm (tetap),  $\text{CO}_2$  1425 ppm,  $\text{C}_2\text{H}_4$  0 ppm,  $\text{C}_2\text{H}_6$  17 ppm,  $\text{C}_2\text{H}_2$  0 ppm,  $\text{O}_2$  tidak terdeteksi, dan  $\text{N}_2$  juga tidak terdeteksi hal ini menunjukkan bahwa kandungan gas dapat dikurangi dengan melakukan proses pemurnian (*purifikasi*), berdasarkan standar minyak jarak ini berada dibawah standar yang ditetapkan IEEE (nilai tidak mencapai yang tertera dalam tabel kondisi 1 sampai 4 batas konsentrasi gas individual pada minyak transformator) dari segi kandungan gas minyak jarak ini setelah dilakukan pengujian tidak membahayakan (kandungan gas metan sedikit) jika dipakai sebagai alternatif minyak transformator. Terjadi penurunan nilai kandungan gas selama proses pemurnian dibarengi dengan penurunan nilai tegangan tembus yang diperoleh dari pengujian minyak mentah sebesar 15,2 KV/2,5 mm dan minyak transesterifikasi sebesar 1,24 KV/2,5 mm. Penurunan nilai kandungan gas ini semakin baik dan seharusnya tidak menurunkan nilai tegangan tembus akan tetapi ada faktor lain yang mengurangi nilai tegangan tembus minyak jarak. Faktor lain yang mempengaruhi berkurangnya nilai tegangan tembus adalah terdapatnya kandungan  $\text{H}_2\text{O}$  (Air) yang cukup banyak sampai pada akhir proses pemurnian yaitu sebesar 1267,78 ppm, selama proses pemurnian kandungan  $\text{H}_2\text{O}$  bertambah karena pada saat setelah minyak dikeringkan terjadi perbedaan suhu antara minyak dalam gelas ukur dengan suhu ruangan sekitar yang menyebabkan terbentuknya uap air disekitar dinding gelas yang kemudian uap ini kembali menjadi air dan menyatu dengan minyak, yang mana kita tahu partikel air dapat menyebabkan kegagalan (*breakdown*) minyak isolasi didalam transformator. Dan diketahui bahwa nilai yang telah diperoleh berdasarkan kandungan gas minyak jarak ini sudah cukup baik namun untuk nilai tegangan tembus nilainya belum mencapai batas standar yang ditentukan yaitu sekitar 30 KV yang artinya minyak jarak ini belum memenuhi standar sebuah minyak bisa dijadikan alternatif minyak transformator.

### B. Saran

Untuk penelitian mengenai kandungan gas dan tegangan tembus selanjutnya penulis menyarankan :

1. Pada saat proses pemurnian sebaiknya minyak jarak ini jangan sampai terkontaminasi dengan zat-zat lain yang merupakan bagian dari prosedur percobaan karena mempengaruhi kualitas kemurnian minyak.
2. Kandungan air yang terlalu banyak didalam minyak jarak yang terbentuk pada saat pengeringan sebaiknya pada penelitian

selanjutnya agar lebih dikurangi dengan cara distilasi vacum dan dilakukan dalam kurun waktu yang cukup lama.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arippriantoni. 2013. *Evaluasi Kebocoran Dielektrik Pada Minyak Jarak yang Telah Melalui Proses Degumming, Bleaching, Deodorisasi, Netralisasi dan Distilasi Sebagai Alternatif Minyak Transformator*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Sriwijaya. Palembang
- [2] Chumaidy, Adib. *Analisa Kegagalan Minyak Isolasi Pada Transformator Daya Berbasis Kandungan Gas Terlarut*. Jakarta :ISTN
- [3] Efendi, Budi Lukman. 2011. *Analisa Gas Mudah Bakar Terlarut Pada Minyak Transformator Berdasarkan Faktor Pembebanan Dan Beban harmonik dengan Metode Roger Ratio*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok ; Jawa Barat
- [4] Hardityo, Rahmat. 2008. *Deteksi Dan Analisis Indikasi Kegagalan Transformator Dengan Metode Gas Terlarut*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok ; Jawa Barat
- [5] Kelly, J.J, Myers, S.D, Parrish, R.H. 1999. *A Guide to Transformer Maintenance*. United State of America.
- [6] Manurung, Renita. 2006. *Transesterifikasi Minyak Nabati*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan
- [7] Muhaimin, Drs. 1999. *Bahan-Bahan Listrik*. Jakarta : Penerbit Pradnya Paramita.
- [8] Nasution, Zulkifli. 2005. *Proses Pembuatan Minyak Jarak Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Laporan Penelitian. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- [9] PLN, 2009. *Pedoman O&M Trafo Tenaga*. Jakarta.
- [10] Setiabudy, Rudy. 2007 *Material Teknik Listrik*. Jakarta : UI Press.
- [11] SPLN 49 - 1 : 1982. *Minyak Isolasi – Pedoman Penerapan Spesifikasi dan Pemeliharaan Minyak Isolasi*. Perusahaan Umum Listrik Negara. 1982.
- [12] Syah, Andi Nur Alam. 2006. *Biodiesel Jarak Pagar*. Jakarta : Agromedia Pustaka.
- [13] Tadjuddin. 1998. *Analisa Kegagalan Minyak Transformator*. Elektro Indonesia. Edisi ke Dua Belas.
- [14] Zuhail. 1982. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: Penerbit ITB.