

Assesment Kondisi dan Manajemen  
Resiko Transformator Daya Pada Gardu  
Induk 150 Kv Di PT PLN (Persero) P3B  
Region Jawa-Timur Dan Bali  
Berdasarkan Hasil Pengujian Kualitas  
Minyak Isolasi

*By Amirullah Amirullah*

**Assesment Kondisi dan Manajemen Resiko Transformator Daya Pada Gardu Induk  
150 Kv Di PT PLN (Persero) P3B Region  
Jawa-Timur Dan Bali Berdasarkan Hasil Pengujian  
Kualitas Minyak Isolasi**

**Amirullah<sup>1)</sup>**

**Ricca Puspitasari<sup>2)</sup>**

Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya<sup>1)</sup>  
Jl. Ahmad Yani 114 Surabaya

Alumnus Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya<sup>2)</sup>,  
Karyawan PT. PLN (Persero) P3B Region Jawa-Timur dan Bali, Jl. Suningrat 45 Taman Sidoarjo  
Bagian Pemeliharaan Gardu Induk

Email: ricca@pln.co.id

**Abstrak**

*Tujuan penelitian adalah menentukan assesment kondisi dan manajemen resiko sejumlah transformator daya berdasarkan hasil pengujian kualitas minyak isolasi. Penelitian dilakukan pada sejumlah transformator daya Unit Pelayanan Teknik (UPT) Gardu Induk (GI) 150 kV di PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban (P3B) Region Jawa Timur dan Bali (RJTB). Penelitian dilakukan melalui pengujian terhadap kondisi dan kualitas minyak isolasi transformator daya di Laboratorium PT. PLN (Persero) P3B RJTB menggunakan Metode Dissolved Gas Analysis (DGA). Hasil pengujian terhadap minyak transformator digunakan untuk menentukan rekomendasi tindakan yang akan dilakukan oleh PT. PLN (Persero) P3B RJTB. Rekomendasi tindakan tersebut antara-lain; Purification (Filtering), Reklamasi, Filtering dan Reklamasi, serta penggantian minyak transformator daya. Penelitian juga akan menentukan tingkat manajemen resiko setiap rekomendasi tindakan yang diambil terhadap transformator daya di setiap UPT dan Sub Region dengan menggunakan pendekatan ekonomis. Sampel minyak isolasi transformator daya diambil pada 9 (sembilan) UPT dan Sub Region di lingkungan PT. PLN (Persero) P3B RJTB antara-lain: UPT Surabaya, UPT Gresik, UPT Mojokerto, UPT Malang, UPT Probolinggo, UPT Madiun, UPT Kediri, UPT Jember, dan Sub Region Bali. Hasil penelitian adalah berdasarkan asesment kondisi minyak isolasi diperoleh bahwa 71,59% transformator daya berada pada kondisi baik dan 26,85% berada pada kondisi sedang. Penelitian juga menghasilkan rekomendasi tindakan terhadap minyak isolasi transformator daya antara-lain pengujian rutin (64,2%), filtering (3,12%), reklamasi (27,24%), filtering dan reklamasi (5,06%) dan penggantian minyak isolasi (0,39%). Sedangkan berdasarkan analisis manajemen resiko terhadap transformator daya di UPT GI 150 kV PT. PLN (Persero) PLN RJTB diperoleh bahwa biaya terkecil dihasilkan oleh UPT Probolinggo dan biaya terbesar dihasilkan oleh UPT Surabaya.*

**Kata-Kunci:** Transformator Daya, Assesment Kondisi, Manajemen Resiko, Minyak Isolasi, Metode Dissolved Gas Analysis.

**5 PENDAHULUAN**

Transformator daya merupakan salah satu peralatan yang mempunyai peranan sangat penting di dalam sistem transmisi tenaga listrik. Pada transformator daya sering terjadi gangguan. Gangguan dalam yang terjadi pada transformator dapat menyebabkan turunnya nilai keandalan suatu transformator. Pengujian pada transformator daya antara lain pengujian *Dissolved Gas Analysis* (DGA), pengujian

tegangan tembus minyak, pengujian tahanan isolasi, dan lain-lain yang kemudian dianalisis dengan menggunakan pendekatan statistik yaitu Metode Markov (Farida, Liliyana, et. Al, 2010). Keandalan kinerja suatu transformator tenaga yang baik akan menjamin kontinuitas pemenuhan energi listrik. Faktor yang paling dominan dalam pemeliharaan transformator daya terletak pada sistem isolasi (padat dan cair). Pengujian isolasi cair (minyak)

harus dilakukan secara rutin untuk mendapatkan kinerja transformator daya yang baik. Salah satu metode pengujian minyak isolasi transformator daya adalah Metode DGA dan karakteristik (Myers, S.D. et.al, 1981). Untuk memperoleh hasil uji DGA dan karakteristik minyak transformator daya, maka minyak isolasi tersebut harus dilakukan pengujian di laboratorium. Tujuan penelitian adalah menentukan assesment kondisi dan manajemen resiko sejumlah transformator daya berdasarkan hasil pengujian kualitas minyak isolasi. Penelitian dilakukan pada sejumlah transformator daya Unit Pelayanan Teknik (UPT) Gardu Induk (GI) 150 kV di PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban (P3B) Region Jawa Timur dan Bali (RJTB). Penelitian dilakukan melalui pengujian terhadap kondisi dan kualitas minyak isolasi transformator daya di Laboratorium PT. PLN (Persero) P3B RJTB menggunakan Metode *Dissolved Gas Analysis* (DGA). Hasil pengujian terhadap minyak transformator digunakan untuk menentukan rekomendasi tindakan yang akan dilakukan oleh PT. PLN (Persero) P3B RJTB. Rekomendasi tindakan tersebut antara-lain; *Purification (Filtering)*, Reklamasi, *Filtering* dan Reklamasi, serta penggantian minyak transformator daya. Penelitian juga akan menentukan tingkat manajemen resiko setiap rekomendasi tindakan yang diambil terhadap transformator daya di setiap UPT dan Sub Region dengan menggunakan pendekatan ekonomis. Sampel minyak isolasi transformator daya diambil pada 9 (sembilan) UPT dan Sub Region di lingkungan PT. PLN (Persero) P3B RJTB antara-lain: UPT Surabaya, UPT Gresik, UPT Mojokerto, UPT Malang, UPT Probolinggo, UPT Madiun, UPT Kediri, UPT Jember, dan Sub Region Bali.

## KAJIAN PUSTAKA

### 2.1. Pengertian Transformator

Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan daya atau 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 (Gambar 1) (PT PLN P3B, 2010). Arus yang mengalir pada belitan primer akan menginduksi inti besi transformator sehingga didalam inti besi akan mengalir fluks magnet dan fluks magnet ini akan menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial [3].

### 2.2. Pendingin

Suhu pada transformator yang sedang beroperasi akan dipengaruhi oleh kualitas tegangan jaringan, losses pada transformator itu sendiri dan suhu lingkungan. Suhu operasi yang tinggi akan mengakibatkan rusaknya isolasi kertas pada transformator. Oleh karena itu pendinginan yang efektif sangat diperlukan. Minyak isolasi transformator selain merupakan media isolasi juga berfungsi sebagai pendingin. Pada saat minyak bersirkulasi, panas yang berasal dari belitan akan dibawa oleh minyak sesuai jalur sirkulasinya dan akan didinginkan pada sirip-sirip radiator. Adapun proses pendinginan ini dapat dibantu oleh adanya kipas dan pompa sirkulasi guna meningkatkan efisiensi pendinginan.

### 2.3. Konservator (*Oil Preservation & Expansion*)

Saat terjadi kenaikan suhu operasi pada transformator, minyak isolasi akan memuai sehingga volumenya bertambah. Sebaliknya saat terjadi penurunan suhu operasi, maka minyak akan menyusut dan volume minyak akan turun. Konservator digunakan untuk menampung minyak pada saat transformator mengalami kenaikan suhu [3].



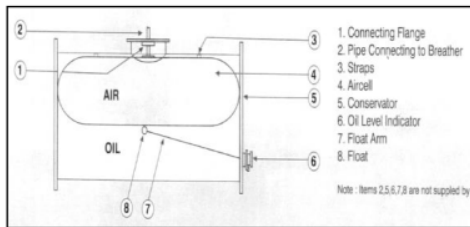
Gambar 1. Konservator

Seiring dengan naik turunnya volume minyak di konservator akibat pemuaian dan penyusutan minyak, volume udara didalam konservator pun akan bertambah dan berkurang. Penambahan atau pembuangan udara didalam konservator akan berhubungan dengan udara luar. Agar minyak isolasi transformator tidak terkontaminasi oleh kelembaban dan oksigen dari luar, maka udara yang akan masuk kedalam konservator akan difilter melalui silicagel.



Gambar 2. Silica Gel

Untuk menghindari agar minyak transformator tidak berhubungan langsung dengan udara luar, maka saat ini konservator dirancang dengan menggunakan breather bag/rubber bag, yaitu sejenis balon karet yang dipasang didalam tangki konservator.



Gambar 3. Konstruksi konservator dengan rubber bag

#### 2.4. Minyak Transformator

Minyak transformator adalah minyak mineral yang diperoleh dengan pemurnian minyak mentah. Selain berasal dari minyak mineral, minyak transformator dapat juga dibuat dari minyak organik, misalnya: minyak transformator Piranol, Silikon. Ketika terjadi gangguan internal pada transformator seperti overheating (panas berlebih) atau partial discharge, maka isolasi pada transformator tersebut akan mengalami dekomposisi (penguraian) [3].



Gambar 4. Minyak Isolasi Transformator

10

Fungsi dari minyak transformator adalah sebagai berikut :

1. Insulator  
Mengisolasi kumparan di dalam transformator agar tidak terjadi loncatan bunga api listrik (hubungan pendek) akibat tegangan tinggi.
2. Pendingin  
Mengambil panas yang ditimbulkan sewaktu transformator berbeban lalu melepaskannya.
3. Pelindung  
Agar komponen-komponen dalam transformator terlindung dari korosi dan oksidasi.

Oleh karena itu, minyak transformator harus memenuhi persyaratan: (1) Kekuatan isolasi harus tinggi, (2) Penyalur panas yang baik, berat jenis kecil agar partikel-partikel dalam minyak dapat mengendap dengan cepat, (3) Viskositas rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendingin menjadi lebih baik, (4) Titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap, (5) Tidak merusak isolasi padat.

Treatment merupakan tindakan korektif yang dilakukan berdasarkan hasil pemeriksaan kondisi bertegangan, pengukuran kondisi bertegangan, pengukuran kondisi padam, dan pemeriksaan peralatan kondisi padam [4].

1. Purification/Filtering
  - a. Berdasarkan IEEE  
Pembersihan minyak terhadap kontaminasi tidak terlarut, kandungan air, dan gas terlarut secara mekanikal seperti menggunakan proses vakum atau filter.
  - b. Berdasarkan IEC  
Proses menghilangkan kandungan air dan partikel padat serta kontaminan dengan lainnya melakukan proses secara fisik. Proses purification / filtering ini dilakukan apabila berdasarkan hasil kualitas minyak diketahui bahwa pengujian kadar air dan tegangan tembus berada pada kondisi buruk.
2. Reklamasi
  - a. Berdasarkan IEEE  
Perbaikan penggunaan minyak dengan cara menghilangkan kontaminasi dan hasil dari pemburukan minyak seperti polar, asam/acid, atau material koloid secara kimiawi atau menggunakan "penyerap" seperti Fuller's Earth.
  - b. Berdasarkan IEC  
Proses menghilangkan kontaminan polar yang larut dan tidak larut dari minyak dengan melakukan proses secara kimiawi (menggunakan Fuller's Earth) dan physical. Proses reklamasi dilengkapi dengan melewatkan minyak pada fuller earth yang berfungsi untuk menyerap asam dan produk-produk oksidasi pada minyak. Reklamasi dilakukan apabila berdasarkan

hasil kualitas minyak diketahui bahwa pengujian kadar asam berada pada kondisi buruk. <sup>2</sup>

### 3. Penggantian minyak

Penggantian minyak dilakukan berdasarkan rekomendasi hasil pengujian kualitas minyak dan diperhitungkan secara ekonomis.

<sup>3</sup>

## 2.5. Manajemen Resiko

Manajemen resiko adalah suatu pendekatan terstruktur/metodologi dalam mengelola ketidakpastian yang berkaitan dengan ancaman; suatu rangkaian aktivitas manusia termasuk: Penilaian resiko, pengembangan strategi untuk mengelolanya dan mitigasi resiko dengan menggunakan pemberdayaan/pengelolaan sumberdaya. Strategi yang dapat diambil antara lain adalah memindahkan resiko kepada pihak lain, menghindari resiko, mengurangi efek negatif resiko, dan menampung sebagian atau semua konsekuensi resiko tertentu. Manajemen resiko tradisional terfokus pada resiko-resiko yang timbul oleh penyebab fisik atau legal (seperti bencana alam atau kebakaran, kematian, serta tuntutan hukum. Manajemen resiko keuangan, di sisi lain, terfokus pada resiko yang dapat dikelola dengan menggunakan instrumen-instrumen keuangan.

Manajemen resiko menjadi <sup>7</sup> penting karena perbedaan sikap seseorang ketika menghadapi resiko. Ada orang yang berusaha untuk menghindari resiko, namun ada juga yang sebaliknya sangat senang menghadapi resiko sementara yang lain mungkin tidak terpengaruh dengan adanya resiko. Pemahaman atas sikap orang terhadap resiko ini dapat membantu untuk mengerti betapa resiko itu penting untuk ditangani dengan baik. Langkah-langkah dalam manajemen resiko adalah: (1) Identifikasi Resiko, (2) Analisa Resiko, (3) Pengelolaan Resiko, (4) Implementasi Resiko, (5) Monitoring Resiko.

## 2.6. Pengujian Kualitas Minyak Transformator

Pengujian kualitas minyak transformator dilakukan untuk mengetahui kelayakan minyak transformator sebagai isolasi dan rekomendasi tindakan yang harus dilakukan untuk mengembalikan kualitas isolasi minyak. Adapun parameter-parameter pengujian karakteristik yaitu:

### 1. Kadar air

<sup>8</sup> adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat didalam minyak transformator transformator serta mengetahui saturasi kandungan air yang terkoreksi pada isolasi kertas.

### 2. Kadar asam

<sup>8</sup>

Merupakan jumlah kalium hidroksida (KOH) yang dibutuhkan (dalam mg) untuk menetralkan 1 gram minyak sampel.

### 3. Tegangan antar permukaan

Adalah pengukuran tegangan antar permukaan minyak dengan air. Nilai Tegangan antar permukaan adalah besarnya daya yang dibutuhkan untuk menarik sebuah cincin kecil ke atas sejauh 1 cm melalui permukaan antara <sup>4</sup> dan minyak (ASTM D-971).

### 4. Warna

Untuk mendeteksi kecepatan penurunan atau kontaminasi yang serius.

### 5. <sup>4</sup> ash point (titik nyala api).

Temperatur minimum dimana minyak menghasilkan uap yang cukup untuk dibakar bersama udara. *Flash point* merupakan indikator ketidakstabilan minyak.

### 6. <sup>2</sup> tegangan tembus (*breakdown voltages*)

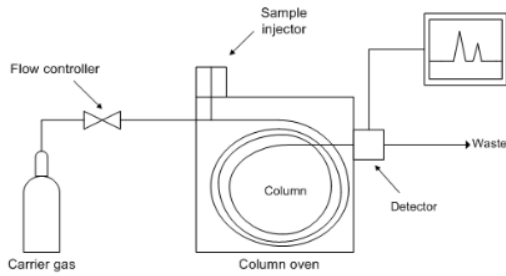
Pengujian tegangan tembus dilakukan untuk mengetahui kemampuan minyak isolasi dalam menahan stress tegangan.

## 2.7. Dissolved Gas Analysis

Komponen utama transformator seperti, tangki, besi inti, konduktor, kertas isolasi, isolasi *pressboard*, minyak transformator dsb, merupakan reaktor kimia (*chemical reactor*), yang sewaktu-waktu dapat memproduksi gas apabila menerima stress melebihi batas toleransinya. Untuk itu diperlukannya pengujian yang dapat mendeteksi gas-gas terlarut yang terdapat di minyak transformator yaitu dengan melakukan <sup>8</sup> pengujian gas terlarut atau dikenal dengan *dissolved gas analysis* (DGA). Pengujian gas terlarut adalah suatu analisa secara kualitatif maupun kuantitatif gas terlarut pada minyak transformator transformator, serta untuk mengetahui dan menganalisa ketidaknormalan yang terjadi <sup>2</sup> pada bagian dalam atau internal transformator. Gas gas yang dideteksi dari hasil pengujian DGA adalah H<sub>2</sub> (*hidrogen*), CH<sub>4</sub> (*Methane*), N<sub>2</sub> (*Nitrogen*), O<sub>2</sub> (*Oksigen*), CO (*Carbon monoksida*), CO<sub>2</sub> (*Carbondioksida*), C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (*Ethylene*), C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> (*Ethane*), C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (*Acetylene*).



Gambar 5. Gas Extractor tipe head space



Gambar 6. Skema Chromatography

### 2.7.1 Pembentukan Gas Akibat Dekomposisi Minyak

Dalam kondisi tekanan thermal dan elektrik, molekul hidrokarbon minyak mineral dapat terpecah dan membentuk hidrogen aktif dan potongan-potongan hidrokarbon. Potongan-potongan hidrokarbon ini dapat berkombinasi satu sama lain membentuk gas, seperti hidrogen ( $H_2$ ), metana ( $CH_4$ ), etana ( $C_2H_6$ ), etilen ( $C_2H_4$ ), asetilen ( $C_2H_2$ ). Banyaknya setiap gas tergantung dari temperatur pada stressed point disekitarnya. Gas gas tersebut terbentuk larut dalam minyak, atau terakumulasi sebagai gas bebas jika pembentukannya dalam jumlah besar dan waktu yang cepat [4].

#### 1. Gangguan Thermal

Pemburukan minyak transformator pada suhu  $150^\circ C$  sampai  $500^\circ C$  menghasilkan rata rata molekul gas ringan dalam jumlah bear seperti Hidrogen ( $H_2$ ) dan metana ( $CH_4$ ) dan sedikit molekul gas yang lebih berat etilen ( $C_2H_4$ ) dan etana ( $C_2H_6$ ).

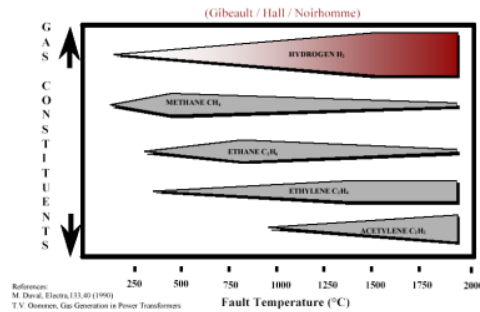
#### 2. Gangguan Elektrik

##### a. Low Intensity Discharges

Low intensity discharges seperti partial discharges dan arcing level rendah pada umumnya menghasilkan hidrogen.

##### b. High Intensity Arcing

Saat elektrik discharge mencapai kondisi Arcing atau bagian discharge berkelanjutan suhu bias mencapai  $700^\circ C - 1800^\circ C$  kehadiran asetilen sangatlah tegas.



Gambar 7. Karakteristik Thermal Stress

### 2.7.2. Pengujian Kualitas Minyak Transformator

Karakteristik isolasi minyak transformator merupakan salah satu hal utama yang perlu dilakukan suatu pengujian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi kualitas minyak transformator, agar minyak transformator tetap memiliki kualitas yang baik.

### 2.7.3. Pengujian Dissolved Gas Analysis (DGA)

Pengujian DGA digunakan untuk mendeteksi jenis gangguan yang terjadi di internal transformator dan menentukan tindakan yang harus diambil pada transformator tersebut.

### METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan melalui prosedur:

1. Mengumpulkan sampel minyak isolasi transformator daya dari 9 (sembilan) UPT dan Sub-Region GI 150 kV di PT. PLN RJTB. UPT dan Sub Region tersebut antara-lain: UPT Surabaya, UPT Gresik, UPT Mojokerto, UPT Malang, UPT Kediri, UPT Probolinggo, UPT Jember, UPT Madiun, dan Sub Region Bali.
2. Menguji sampel minyak isolasi transformator daya dari setiap UPT dan Sub Region di Laboratorium PT. PLN (Persero) P3B RJTB. Pengujian dilakukan dengan Metode DGA dan pengujian karakteristik minyak.
3. Menentukan kondisi akhir minyak isolasi transformator daya dari setiap UPT dan Sub-Region. Kondisi akhir minyak isolasi transformator daya ada 3 (tiga) yaitu baik, sedang, dan buruk.
4. Jika kondisi minyak isolasi transformator daya baik maka rekomendasi tindakan adalah pengujian rutin. Jika kondisi minyak isolasi transformator daya sedang maka rekomendasi tindakan adalah filtering, reklamasi, serta filtering dan reklamasi. Selanjutnya jika kondisi minyak transformator daya buruk maka

rekomendasi tindakan adalah pergantian minyak.

5. Melakukan analisis manajemen resiko dari rekomendasi tindakan terhadap minyak isolasi transformator daya di 9 (sembilan) UPT dan Sub Region PT. PLN (Persero) P3B RJTB dengan menggunakan pendekatan ekonomis.
6. Menentukan biaya dari rekomendasi tindakan yang diambil di 9 (sembilan) UPT dan Sub Region GI 150 kV PT. PLN (Persero) P3B RJTB berdasarkan Persamaan 1.

$$\begin{aligned} & \text{Biaya} = \text{Biaya Filtering} + \text{Biaya Reklamasi} \\ & + \dots\dots \\ & \quad \text{Biaya Filtering dan Reklamasi} \\ & + \dots\dots \\ & \quad \text{Biaya Pergantian Minyak} \end{aligned} \quad (1)$$

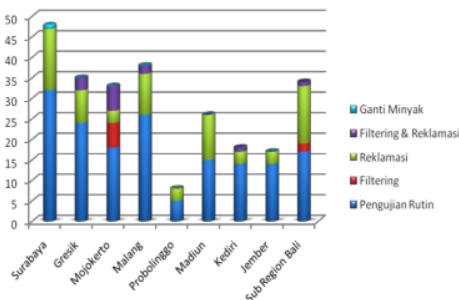
7. Menentukan biaya rekomendasi tindakan terbesar dan terkecil yang harus dilakukan oleh PT. PLN (Persero) P3B RJTB terhadap minyak isolasi transformator daya.

Adapun diagram alir metode penelitian ditunjukkan pada Gambar 16.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil Pengujian

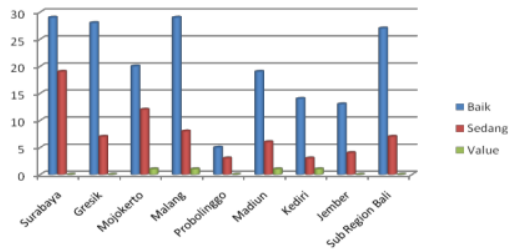
Gambar 17 dan Tabel 18 menunjukkan hasil assesment dan pengujian laboratorium terhadap minyak isolasi transformator daya di 9 (sembilan) UPT dan Sub Region PT. PLN (Persero) P3B RJTB.



Gambar 8. Hasil Assesment Transformator

Berdasarkan hasil assesment minyak isolasi transformator pada 9 (sembilan) UPT dan Sub-Region PT PLN (Persero) P3B RJTB pada Tabel 18 menunjukkan bahwa 71,59% kondisi minyak baik, 26,85% kondisi minyak sedang.

Gambar 18 dan Tabel 19 menunjukkan hasil rekomendasi tindakan terhadap minyak isolasi transformator daya di 9 (sembilan) UPT dan Sub Region PT. PLN (Persero) P3B RJTB.



Gambar 9. Hasil Rekomendasi Tindakan terhadap Minyak Transformator

Berdasarkan hasil rekomendasi tindakan terhadap minyak isolasi transformator pada 9 (sembilan) UPT dan Sub-Region PT PLN (Persero) P3B RJTB pada Tabel 19 menunjukkan bahwa 64,2% transformator harus melakukan pengujian rutin, 3,12% melakukan filtering, 27,24% melakukan reklamasi, 5,06 % melakukan filtering dan reklamasi serta melakukan 0,39% penggantian minyak.

### 4.2. Analisis Manajemen Resiko Minyak Isolasi

Analisis manajemen resiko dilakukan untuk mengetahui nilai ekonomis dari setiap rekomendasi tindakan yang dilakukan terhadap minyak transformator di 9 (sembilan) UPT dan Sub Region GI 150 kV PT. PLN (Persero) P3B RJTB. UPT GI 150 kV Surabaya merupakan salah satu UPT dan Sub Region di wilayah kerja PT. PLN (Persero) P3B RJTB. Rekomendasi tindakan terhadap minyak transformator di UPT GI 150 kV Surabaya adalah reklamasi dan pergantian minyak transformator. Biaya dari rekomendasi tindakan di UPT tersebut adalah sebagai berikut.

#### 1. Reklamasi

Reklamasi merupakan tindak lanjut yang dilakukan secara online dengan mensirkulasi, mengosongkan serta memberikan zat tambahan kedalam minyak transformator. Dalam perhitungan ekonomis sesuai kebutuhan pekerjaan yaitu:

- a. Transportasi peralatan = Rp. 5.000.000,-
- b. Perlengkapan peralatan = Rp. 10.000.000,-
- c. Minyak transformator (2 drum) = Rp. 10.000.000,-
- d. Personil (5 orang) = Rp. 2.000.000,-
- e. Lain-lain = Rp. 1.000.000,-

Maka untuk melaksanakan reklamasi terhadap 15 transformator  $\times$  Rp. 28.000.000,- = Rp. 420.000.000,-

2. Penggantian Minyak Transformator

Penggantian minyak transformator dilakukan apabila setelah dilakukan tindakan *filtering* dan reklamasi nilai hasil uji kualitas minyak transformator tetap jelek dan *trending* hasil uji menunjukkan peningkatan secara cepat. Perhitungan ekonomis untuk penggantian minyak transformator dengan kapasitas minyak sebesar 18.000 kg adalah:

- a. Pembelian minyak 82,62 drum =  
Rp. 413.100.000,-
- b. Transportasi peralatan =  
Rp. 5.000.000,-
- c. Perlengkapan peralatan =  
Rp. 10.000.000,-
- d. Personil (10 orang) =  
Rp. 10.000.000,-
- e. Lain-lain =  
Rp. 1.000.000,-

Biaya total penggantian minyak adalah Rp. 439.100.000,-. Perhitungan diatas belum termasuk nilai dari energi yang tidak tersalurkan selama dilakukan penggantian minyak. Berdasarkan data beban harian diperoleh:

Beban per hari = 675,9 MWh

Waktu pengerjaan= 7 hari

Harga per kWh = Rp. 600

Jumlah energi yang tidak terjual adalah:

$$\frac{\text{beban/ bulan}}{30} \times 7 = \frac{20276.5}{30} \times 7 = 4731.2 \text{ MWh}$$

Nilai ekonomis yang hilang sebesar :  
4731,2 x Rp. 600 = Rp. 2.838.720 (\*dalam ribuan)

Dengan demikian untuk penggantian minyak dibutuhkan biaya sebesar Rp. 439.100.000,- dan potensi energi tidak terjual sebesar 4731,2 MWh atau jika dikonversi menjadi rupiah nilainya adalah Rp. 2.838.720.000,-.

Jika biaya energi tidak terjual tidak masuk dalam perhitungan, maka berdasarkan Persamaan 1 biaya total rekomendasi tindakan yang dilakukan terhadap minyak isolasi transformator daya di UPT GI 150 kV Surabaya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Biaya total} &= \text{Biaya Reklamasi} + \dots \\ \text{Biaya Pergantian Minyak} &= \text{Rp. 420.000.000,-} + \text{Rp. 439.100.000,-} \\ &= \text{Rp. 859.000.000,-} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka biaya dari rekomendasi tindakan di UPT dan Sub Region lain dapat ditentukan dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 7. Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa biaya total rekomendasi tindakan terbesar terdapat di UPT GI 150 kV Surabaya sebesar Rp. 859.100.000,-, sedangkan biaya terkecil terdapat di UPT GI 150 kV Probolinggo sebesar Rp. 102.000.000,-.

Perbedaan biaya rekomendasi tindakan pada minyak isolasi transformator daya tergantung pada biaya transportasi dan jumlah transformator yang dilakukan tindak lanjut. Kondisi lain yang perlu dipertimbangkan dalam perhitungan manajemen resiko transformator dapat dilihat dari keandalan transformator daya dengan indicator antara-lain: N-1 tidak terpenuhi, tingkat mutu pelayanan berkurang, pengaruh terhadap kondisi isolasi transformator, kinerja transformator berkurang. Berdasarkan hal tersebut maka assessment kondisi dan analisis manajemen resiko transformator harus dilakukan untuk mengetahui kinerja serta rekomendasi tindakan yang akan dilakukan terhadap transformator tersebut. Tujuannya adalah agar hasil pengujian ini menjadi referensi, evaluasi, dan informasi sedini mungkin bagi PT PLN (Persero) P3B RJTB untuk mengetahui kondisi transformator daya di wilayah kerjanya.

**Kesimpulan**

Kesimpulan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kondisi transformator diperlukan pengujian kualitas minyak isolasi dengan Metode *Dissolved Gas Analysis* (DGA).
2. Asessment berfungsi untuk mengevaluasi dan menganalisa hasil pengujian untuk menentukan kualitas minyak isolasi transformator.
3. Hasil asessment minyak isolasi transformator pada 9 (sembilan) UPT dan Sub-Region PT PLN (Persero) P3B RJTB menunjukkan bahwa 71,59% kondisi minyak baik dan 26,85% kondisi minyak sedang.
4. Hasil rekomendasi tindakan terhadap minyak isolasi transformator pada 9 (sembilan) UPT dan Sub-Region PT PLN (Persero) P3B RJTB menunjukkan bahwa 64,2% transformator harus melakukan pengujian rutin, 3,12% melakukan *filtering*, 27,24% melakukan reklamasi, 5,06 % melakukan *filtering* dan reklamasi serta 0,39% melakukan penggantian minyak.
5. Berdasarkan biaya total rekomendasi tindakan di 9 (sembilan) UPT dan Sub-Region PT PLN (Persero) P3B RJTB diperoleh bahwa biaya terbesar terdapat di UPT GI 150 kV Surabaya sebesar Rp. 859.100.000,-, sedangkan biaya terkecil terdapat di UPT GI 150 kV Probolinggo sebesar Rp. 102.000.000,-.

**Saran**

Pengujian pada minyak isolasi transformator perlu dilakukan secara berkala untuk mengetahui kinerja transformator tersebut. Pemeliharaan berdasarkan *Condition Base Maintenance* (CBM) juga harus dilakukan agar dapat memberikan rekomendasi tindakan terhadap suatu transformator dengan cepat dan sedini mungkin tanpa harus menunggu pemeliharaan rutin.



**Daftar Pustaka**

- [1] Farida, Lailiyana, I.G.N Satriyadi H, I Made Yulistya Negara, "Analisis Kualitas Minyak Transformator Daya 150 kV/70 kV di GI Banaran berdasarkan Hasil Pengujian Isolasi Minyak Menggunakan Metode Stokastik", Tugas Akhir Sarjana (S1) ITS Surabaya, 2010.
- [2] IEEE Power Engineering society, " *IEEE Guide for the Interpretation of Gases Generated in Oil Immersed Transformers*", IEEE Standards Board, Std C57.102,1991.
- [3] Myers, S.D., Kelly, JJ and Parish, RH., "A *Guide to Transformer Maintenance*", Transformer Institute of S.D Myers Inc Akron, Ohio, 1981.
- [4] PT PLN (Persero) P3B, "Panduan *Pemeliharaan Transformator*", PT PLN 2010.

# Assesment Kondisi dan Manajemen Resiko Transformator Daya Pada Gardu Induk 150 Kv Di PT PLN (Persero) P3B Region Jawa-Timur Dan Bali Berdasarkan Hasil Pengujian Kualitas Minyak Isolasi

ORIGINALITY REPORT

# 20%

SIMILARITY INDEX

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="https://repository.umsu.ac.id">repository.umsu.ac.id</a> Internet	136 words — 4%
2	<a href="https://dokument.pub">dokument.pub</a> Internet	122 words — 4%
3	<a href="https://issuu.com">issuu.com</a> Internet	103 words — 3%
4	<a href="https://electro05fh.blogspot.com">electro05fh.blogspot.com</a> Internet	60 words — 2%
5	<a href="https://digilib.its.ac.id">digilib.its.ac.id</a> Internet	55 words — 2%
6	<a href="https://nanopdf.com">nanopdf.com</a> Internet	54 words — 2%
7	<a href="https://cuapcuapcomputer.wordpress.com">cuapcuapcomputer.wordpress.com</a> Internet	48 words — 1%
8	<a href="https://adoc.pub">adoc.pub</a> Internet	32 words — 1%

---

9	<a href="http://misterchand89.blogspot.com">misterchand89.blogspot.com</a> Internet	24 words — 1%
10	<a href="http://jurnal.unismabekasi.ac.id">jurnal.unismabekasi.ac.id</a> Internet	19 words — 1%
11	<a href="http://gudangilmu79.blogspot.com">gudangilmu79.blogspot.com</a> Internet	16 words — < 1%
12	<a href="http://idr.uin-antasari.ac.id">idr.uin-antasari.ac.id</a> Internet	8 words — < 1%
13	<a href="http://urekurekantangan.blogspot.com">urekurekantangan.blogspot.com</a> Internet	8 words — < 1%

---

EXCLUDE QUOTES      OFF  
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY   ON

EXCLUDE SOURCES      OFF  
EXCLUDE MATCHES      OFF