

## ANALISA KEGAGALAN TRANSFORMATOR TENAGA BERDASARKAN FMEA (*FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*) SEBAGAI DASAR PERHITUNGAN PENILAIAN KONDISI (*SCORING*) TRANSFORMATOR TENAGA (STUDI KASUS TRAFU GI SEGOROMADU GRESIK)

Miqdarurridlo (10632007)

Jurusan Teknik Elektro –Universitas Muhammadiyah Gresik

[miqdarurridlo91@gmail.com](mailto:miqdarurridlo91@gmail.com)

Jl. Sumatra No.101 Gresik, 61121 Jawa Timur, Indonesia

### Abstrak

*Transformator tenaga merupakan salah satu alat yang terpenting dalam sistem transmisi kelistrikan oleh karena itu diperlukan pemeliharaan dengan cara mengetahui nilai kondisi transformator secara menyeluruh. Namun, belum ada metoda yang secara terperinci dan tepat mengetahui kondisi transformator daya melalui seluruh gabungan data uji yang tersedia. Permasalahan ini menyebabkan tingkat kesimpulan yang berbeda.*

*Untuk menentukan tingkat unjuk kerja trafo digunakan metode penilaian kondisi (scoring). Penilaian dilakukan dengan cara menganalisa kegagalan transformator dengan berdasarkan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). FMEA merupakan suatu cara untuk menganalisa penyebab/model kegagalan (failure modes) yang dapat terjadi pada suatu sistem yang selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan komponen komponen yang akan diperiksa dan dipelihara. Dalam hal ini dicari mode kegagalan dengan membagi menjadi beberapa subsistem, setelah itu ditentukan parameter apa yang berpengaruh dalam menyebabkan kegagalan. Selanjutnya dilakukan penentuan nilai batas untuk menentukan level kondisi berdasarkan standar yang telah ditetapkan.. Metode ini diterapkan pada penilaian kondisi Transformator Tenaga yang terpasang di GI Segoromadu Gresik.*

*Dari hasil analisa melalui Inspeksi Level 1,Level 2, maupun Level 3, secara umum Transformator Tenaga di GI segoromadu telah mengalami penurunan kondisi terutama pada Trafo 1 dan Trafo 3 Hasilnya adalah didapatkan hasil scoring yaitu: Trafo 1 = 5,88, Trafo 2 = 8,73,Trafo 3 = 4,83.*

**Kata kunci :** *Transformator Tenaga, analisa kegagalan transformator, FMEA, penilaian kondisi,*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat akan tersedianya tenaga listrik yang *reliable* (handal) dan memiliki *availability* (ketersediaan) tinggi adalah wajib hukumnya, salah satu faktor yang mempengaruhi tercapainya target tersebut yaitu performa transformator tenaga yang merupakan salah satu peralatan tunggal yang memiliki nilai aset paling tinggi, terdiri dari hampir 60 % dari total investasi serta merupakan peralatan paling penting dalam penyaluran energy. Untuk meningkatkan performa transformator tenaga perlu dilakukan analisis terhadap resiko

kegagalan tranformator, dibutuhkan antisipasi dengan pemantauan dan pemeliharaan kondisi transformator, serta suatu analisa yang bisa menyajikan informasi mengenai diagnosis kondisi transformator.

Banyak metode untuk penilaian kondisi transformator, namun belum ada metoda yang secara terperinci dan tepat mengetahui kondisi transformator daya melalui seluruh gabungan data uji yang tersedia. Permasalahan ini menyebabkan tingkat kesimpulan yang berbeda, sesuai kebutuhan pengujian, atau penilaian yang tidak menyeluruh terhadap kondisi kesehatan

transformator. Diagnosa kondisi transformator menggunakan metoda *scoring* transformer ini bertujuan mengukur kondisi transformator secara menyeluruh berdasarkan dari berbagai hasil pengujian dan kriteria kondisi yang terkait dengan faktor-faktor degradasi jangka panjang yang secara kumulatif berpengaruh pada masa hidup operasi transformator, diharapkan gangguan yang mungkin terjadi dapat diidentifikasi pada tahap awal sehingga dapat dilakukan langkah-langkah preventif untuk mencegah terjadinya gangguan yang berakibat pada kegagalan trafo serta dapat mencegah atau membatasi kerusakan transformator tenaga, sehingga mencegah putusnya suplai energi listrik ke konsumen.

Studi diambil dari trafo-trafo yang terpasang di GI Segoromadu yaitu Trafo 1 150/70KV 50MVA, Trafo 2 150/20KV 60MVA dan Trafo 3 150/20KV 60MVA.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menganalisa kegagalan transformator tenaga di GI segoromadu dengan menggunakan FMEA?
2. Bagaimana menentukan *score* atau nilai kondisi transformator tenaga di GI segoromadu ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisa kegagalan transformator tenaga di GI segoromadu Gresik dengan menggunakan FMEA.
2. Menentukan *score* atau penilaian kondisi transformator tenaga di GI segoromadu.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teori Kegagalan Isolasi

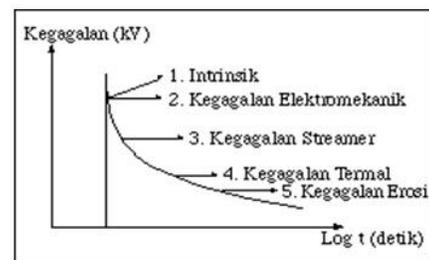
Kegagalan isolasi disebabkan beberapa sebab, antara lain isolasi tersebut sudah lama terpakai, berkurangnya kekuatan dielektrik dan karena isolasi tersebut dikenakan tegangan lebih[2]. Pada dasarnya tegangan pada isolasi merupakan suatu tarikan atau tekanan (*strees*) yang harus dilawan oleh gaya dalam isolasi itu sendiri agar isolasi tidak gagal.

Isolasi berfungsi untuk memisahkan bagian-bagian yang mempunyai beda tegangan agar supaya diantara bagian-bagian tersebut tidak terjadi lompatan listrik (*flash-over*) atau percikan (*spark-over*). Kegagalan isolasi pada peralatan tegangan tinggi yang terjadi pada saat peralatan sedang beroperasi bisa menyebabkan kerusakan alat sehingga *continuitas* sistem menjadi terganggu.

Kegagalan Isolasi bisa terjadi pada:

1. Bahan Isolasi Padat

Mekanisme kegagalan pada bahan isolasi padat meliputi kegagalan asasi (intrinsik), elektro mekanik, streamer, thermal dan kegagalan erosi.. Mekanisme kegagalan bahan isolasi padat terdiri dari beberapa jenis sesuai fungsi waktu penerapan tegangannya (Gambar 1).



Gambar 1: Grafik Kegagalan Isolasi.

2. Isolasi Zat Cair

Jika suatu tegangan dikenakan terhadap dua elektroda yang dicelupkan kedalam cairan (isolasi) maka terlihat adanya konduksi arus yang kecil. Jika tegangan dinaikkan secara kontinyu maka pada titik kritis tertentu akan terjadi lucutan diantara kedua elektroda.

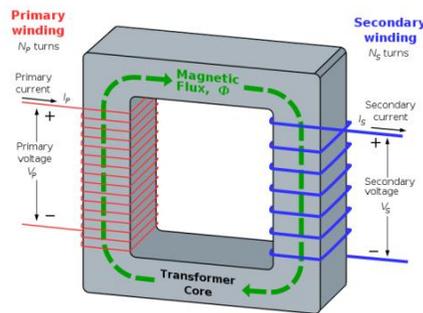
3. Campuran Zat Cair-Padat

Kegagalan isolasi cair-padat (isolasi kertas dicelup dalam minyak) biasanya disebabkan oleh pemburukan. Pemburukan yang dapat menyebabkan kegagalan isolasi cair-padat adalah pemburukan karena pelepasan dalam (*internal discharge*) dan pemburukan elektro-kimiawi.

### 2.2 Transformator Tenaga

Transformator Tenaga merupakan peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan, secara

induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan tegangan lain pada frekuensi yang sama (IEC 60076 -1 tahun 2011)[8]. Trafo menggunakan prinsip elektromagnetik yaitu hukum ampere dan induksi faraday, dimana perubahan arus atau medan listrik dapat membangkitkan medan magnet dan perubahan medan magnet / fluks medan magnet dapat membangkitkan tegangan induksi (Pamudji, 2014:1). Arus AC yang mengalir pada belitan primer membangkitkan flux magnet yang mengalir melalui inti besi yang terdapat diantara dua belitan, flux magnet tersebut menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial / tegangan induksi.(Gambar 2).



Gambar 2 Prinsip kerja transformator

## 2.2 Bagian Transformator

### a. Electromagnetic Circuit (Inti besi).

Inti besi digunakan sebagai media jalannya flux yang timbul akibat induksi arus bolak balik pada kumparan yang mengelilingi inti besi sehingga dapat menginduksi kembali ke kumparan yang lain. Dibentuk dari lempengan – lempengan besi tipis berisolasi yang di susun sedemikian rupa.

### b. Winding ( Belitan )

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 magnetic.

### c. Bushing

Bushing merupakan sarana penghubung antara belitan dengan jaringan luar. Bushing terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi

oleh isolator. Isolator tersebut berfungsi sebagai penyekat antara konduktor bushing dengan body main tank transformator

### d. Pendingin

Salah satu Penyebab utama munculnya kegagalan pada transformator adalah adanya panas berlebih. Panas berlebih biasanya ditimbulkan oleh berbagai faktor seperti pembebanan berlebih, rugi histeris, arus *eddy*, adanya proses oksidasi yang menghasilkan karat, air, dan lain-lain. Oleh karena itu transformator memerlukan sistem pendingin untuk mengontrol panas yang timbul. Panas yang berlebih akan memacu reaksi berantai yang akan mempercepat penurunan usia dan kualitas kerja sistem isolasi baik pada minyak isolator maupun isolator kertas.

### e. Oil preservation & expansion (Konservator)

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.

### f. Dielectric (Minyak isolasi transformator & Isolasi kertas )

Minyak isolasi pada transformator berfungsi sebagai media isolasi, pendingin dan pelindung belitan dari oksidasi. Sedangkan Isolasi kertas berfungsi sebagai isolasi, pemberi jarak, dan memiliki kemampuan mekanis.

### g. Tap Changer

Kestabilan tegangan dalam suatu jaringan merupakan salah satu hal yang dinilai sebagai kualitas tegangan. Transformator dituntut memiliki nilai tegangan output yang stabil sedangkan besarnya tegangan input tidak selalu sama. Dengan mengubah banyaknya belitan pada sisi primer diharapkan dapat merubah ratio antara belitan primer dan sekunder dan dengan demikian tegangan output/sekunder pun dapat disesuaikan dengan kebutuhan sistem berapapun tegangan input/primernya.

Penyesuaian ratio belitan ini disebut Tap changer.

### 2.3. Pemeliharaan Transformator Tenaga.

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan.

#### 2.3.2 Jenis-jenis Pemeliharaan Transformator Tenaga.

##### a. *In Service Inspection*

adalah kegiatan inspeksi yang dilakukan pada saat transformator dalam kondisi bertegangan / operasi, dengan tujuancuntuk mendeteksi secara dini ketidaknormalan yang mungkin terjadi didalam trafo tanpa melakukan pemadaman

##### b. *In Service Measurement*

adalah kegiatan pengukuran / pengujian yang dilakukan pada saat transformator sedang dalam keadaan bertegangan / operasi, dengan untuk mengetahui kondisi trafo lebih dalam tanpa melakukan pemadaman.

##### c. *Shutdown testing / measurement*

Adalah pekerjaan pengujian yang dilakukan pada saat transformator dalam keadaan padam. Pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi.

### 2.4 FMEA (*Failure mode and Effect Analysis*)

FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah suatu metode untuk menganalisa penyebab kegagalan pada suatu peralatan (Pamudji 2014:17). FMEA merupakan pendekatan sistematis yang menerapkan suatu metode pentabelan untuk membantu proses pemikiran yang digunakan oleh *engineers* untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial dan efeknya dengan cara membagi suatu sistem menjadi beberapa subsistem yang kemudian diikuti dengan penentuan jenis gejala yang dapat diamati[8].

### 2.5. Norm atau Batasan

adalah referensi nilai yang dipakai untuk memilah-milah apakah item dalam kondisi baik, moderat atau buruk. Norm dibuat dengan mempertimbangkan berbagai sumber, yaitu: Standar internasional, misalnya: IEEE, IEC, ANSI, CIGRÉ dan Standar nasional, misalnya: SPLN.

### 2.6 FMEA Transformator Tenaga

Hal utama yang dilakukan pada tahapan penyusunan FMEA Transformator Teenaga adalah penentuan sub system:

- a. Sub sistem Bushing
- b. Sub sistem Dielektrik (isolasi minyak & kertas)
- c. Sub sistem EMC(*Electromagnetic Circuit*) & CCU(*Current Carying Unit*)
- d. Sub sistem OLTC (*On Load Tap Changer*)
- e. Sub sistem Pendingin
- f. Sistem Pernafasan
- g. Subsistem Struktur mekanik

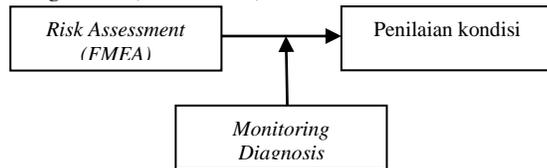
### 2.7 Penilaian Kondisi Transformer (*Scoring*).

Penilaian Kondisi merupakan suatu metode penilaian terhadap suatu obyek yang berdasarkan pada kondisi fisik dan fungsi obyek yang diamati. Penilaian kondisi berhubungan erat dengan *Condition Based Maintenance*, dimana obyek yang diamati kondisinya ini kemudian ditentukan tingkat unjuk kerjanya lalu kemudian diamati diberikan *maintenace* berdasarkan kondisinya tersebut. Secara umum penilaian kondisi memberikan sebuah penilaian kondisi atas fenomena-fenomena yang terjadi dan berpengaruh pada parameter yang terukur pada obyek.

Didalam Penilaian Kondisi terdapat 2 aspek yang terlibat yaitu *risk assessment* dan *monitoring diagnosis*. *Risk assessment* disini berarti penilaian terhadap kemungkinan-kemungkinan resiko yang bisa terjadi pada obyek tersebut. Dalam *risk assessment* ini kita menentukan kemungkinan-kemungkinan resiko yang terjadi pada obyek serta penyebabnya.

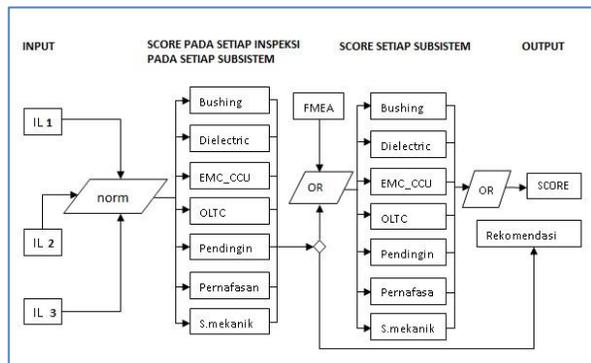
Aspek lain yang penting dalam penilaian kondisi adalah *monitoring diagnosis*.

*Monitoring diagnosis* berarti melakukan suatu pemantauan terhadap parameter-parameter yang berpengaruh pada suatu obyek dan kemudian menentukan fenomena apa yang terjadi. Berikut adalah hubungan antara *condition assessment*, *risk assessment*, dan *monitoring diagnosis* (Gambar 3).



Gambar 3 Bagan hubungan *scoring*

Dalam menghitung nilai *scoring*, nilai setiap parameter dicari berdasarkan batas standar internasional yang dipakai dan rumus. Setiap nilai parameter yang telah didapat kemudian dijumlahkan semua untuk mendapat nilai akhir *scoring*. *Scoring* trafo dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif dengan jumlah klasifikasi yang bergantung pada kemampuan kita untuk menentukan batasan klas. Indeks kondisi ini digunakan sejak asesmen tingkat awal hingga asesmen tingkat lanjut. Karena itu yang kita pakai adalah indeks kondisi yang bersifat kuantitatif (Gambar 4).



Gambar 4. Konsep umum *scoring*

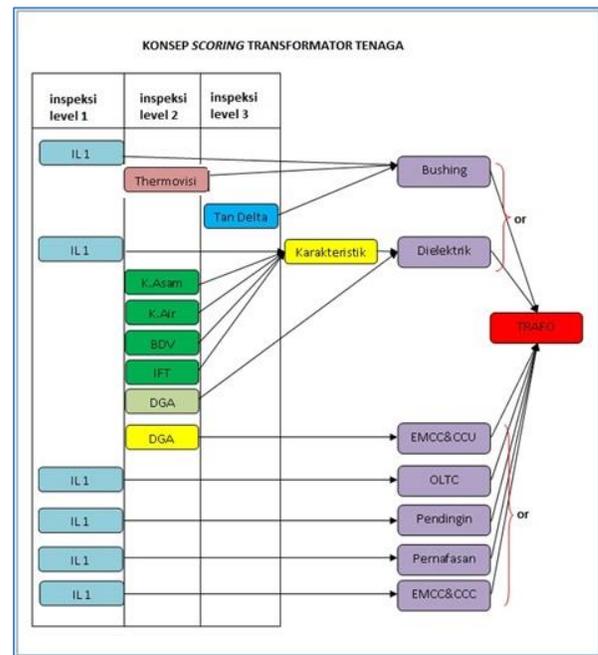
- Input merupakan data yang diambil dari hasil inspeksi yaitu Inspeksi Level 1, Level 2, dan Level 3.
- Batasan (*Norm*) hasil pengujian.

*Norm* yang ditentukan oleh standard, *guide* dan panduan pabrikan umumnya hanya membedakan 2 (dua) kondisi item, yaitu: baik

atau buruk, serta dibuat berdasarkan kondisi lingkungan (iklim dan jaringan kelistrikan) yang berbeda dengan Indonesia. Sementara kita menganut sistem 3 (tiga) kategori kondisi yaitu Baik, Sedang, Buruk. Oleh karena itu, norm yang layak dipakai seharusnya yang juga diturunkan dari pengalaman lapangan dan informasi *aging* pada kondisi lingkungan di PLN.

Maka dalam perhitungan atau *scoring* ini dibagi menjadi 3 (tiga) klas dengan kode indeks kondisi sebagai berikut:

- klas baik : kode indeks kondisi 9
- klas moderat : kode indeks kondisi 6
- klas buruk : kode indeks kondisi 1



Gambar 5 Konsep detail *scoring*

### III HASIL SCORING

#### 3.1 Hasil *scoring* pada subsistem Bushing

*Norm* yang digunakan:

1. inspeksi Level 1: sesuai kondisi visual
2. Inspeksi Level 2 (*Thermovision*)

Tabel 1. Standart *Thermovisi* berdasarkan SPLN.

Kategori	$ \Delta T _{max}$	keterangan
9	<20	Normal
6	21-40	Pengukuran Ulang
1	>41	Perbaikan

3. Inspeksi Level 3( Tangen Delta).

Tabel 2. Standart *Tangen Delta* berdasarkan SPLN.

Test	Method	9	6	1
Tan Delta	C1	< 0,5 %	0,5 – 0,7 %	> 1 %

Hasil *Scoring* Subsistem Bushing:

Tabel 3. Hasil *Scoring* Subsistem Bushing.

T/R BAY	IL1 BUSHING	IL2						IL3						SCORE BUSHING	
		THERMO BUSHING PRIMER			THERMO BUSHING SEKUNDE R			TD BUSHING PRIMER			TD BUSHING SEKUNDE R				
		R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T		
TRF#1 150.70KV	3,75	6	6	6	6	6	6	1	1	1	6	1	1	6	4,40
TRF#2 150.20KV	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
TRF#3 150.20KV	3,47	6	6	6	6	6	6	1	1	1	1	1	1	6	4,38

3.2 Hasil *scoring* pada subsistem Dielectric

*Norm* yang digunakan:

1. inspeksi Level 1: sesuai kondisi visual
2. Inspeksi Level 3

a. Pengujian Kadar air

Tabel 4. standart pengujian kadar air

Tegangan	Bagus	Cukup	Buruk
500 kV	< 5	5-10	> 10
150 kV	< 5	5-15	> 15
70 kV	< 10	5-25	> 25

b. Pengujian suhu minyak

Tabel 5. standart pengujian suhu minyak

Kategori	Suhu Minyak	Keterangan
9	< 70	Baik
6	71-99	Sedang
1	> 100	Jelek, Berbahaya

c. Pengujian *interfacial Tension* (IFT):

Tabel 6. standart pengujian *interfacial Tension*

Kategori	Kadar asam	IFT
9	< 0,05	20-43
6	0,051-0,1	17-34
1	> 0,11	15-27

d. Pengujian Tegangan Tembus:

Tabel 7. standart pengujian tegangan tembus.

Tegangan	Bagus	Cukup	Buruk
500 kV	> 60	50-60	< 50
150 kV	> 50	40-50	< 40
70 kV	> 40	30-40	< 30

Hasil *Scoring* Subsistem Dielektrik:

Tabel 8. Hasil *Scoring* Subsistem Dielektrik.

T/R BAY	IL1 DIELEKTRIK	KADAR AIR	SUHU MINYAK	KADAR ASAM	BDV	IFT	SCORE DIELEKTRIK
TRF#1 150.70KV	7,16667	1	6	1	1	6	4,8
TRF#2 150.20KV	9	9	9	9	9	9	7,9
TRF#3 150.20KV	6,16667	1	6	1	1	1	3,3

3.3 Hasil *scoring* pada subsistem EMC & CCU

*Norm* yang digunakan adalah Inspeksi Level 3:

a. Pengujian DGA(Dissolved Gas Analysis)

Tabel 9. standart pengujian DGA

Status	Batas konsentrasi key gas terlarut (dissolved key gas) [µL/L (ppm)]							TDCG
	Hidrogen (H <sub>2</sub> )	Metana (CH <sub>4</sub> )	Asetilen (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> )	Etilen (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	Etana (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Karbon monoksida(CO)	Karbon dioksida(CO <sub>2</sub> )	
Baik	<100	<120	<1	<50	<65	<350	<2500	<720
Sedang	101-700	121-400	2-9	51-100	66-100	351-570	2500-4000	721-1920
Buruk	>701	>401	>10	>101	>101	>571	>4001	>1921

b. Pengujian Tahanan Isolasi(*Indeks Polarisasi*)

Tabel 10. standart pengujian *Indeks Polarisasi*.

Kategori	IP	Keterangan
9	>1,26	Baik
6	1,0 – 1,25	Sedang
1	< 1,0	Jelek, Berbahaya

Hasil *Scoring* Subsistem EMC & CCU:

Tabel 11. Hasil *Scoring* Subsistem EMC & CCU

T/R BAY	H2	CH4	CO	CO2	C2H4	C2H6	C2H2	TDCG	TAHANAN ISOLASI	IP	SCORE EMC CCU
TRF#1 150.70KV	6	6	1	6	6	6	1	1	9	6	4,8
TRF#2 150.20KV	9	9	1	9	9	9	9	6	9	6	7,9
TRF#3 150.20KV	6	1	1	1	6	1	1	1	9	6	3,3

### 3.4 Hasil *scoring* pada subsistem OLTC

Norm yang digunakan:

1. inspeksi Level 1: sesuai kondisi visual
2. Inspeksi Level 3 (Ratio Belitan)

Tabel 12. standart pengujian Ratio Belitan

Kategori	Ratio	Keterangan
9	<0,49	Baik
6	0,5-0,99%	Sedang
1	>1%	Jelek, Berbahaya

Hasil *Scoring* Subsistem OLTC:

Tabel 13. Hasil *Scoring* Subsistem OLTC

T/R Bay	Merk	Type	Serial Id	Buatan	Tahun Buat	Operasi	OLTC		
							IL1	RATIO	SCORE
TRF#1 150/70KV	ALSTHOM	97	21731101	FRANCE	1976	01/01/1977	7,5	1	4,25
TRF#2 150/20KV	PAUWELS	22	H 66880 02	FRANCE	2011	02/05/2011	9	9	9
TRF#3 150/20KV	PASTI	9	934.0606	INDONESIA	1993	01/01/1993	6,25	1	3,625

### 3.5 Hasil *scoring* pada subsistem Pendingin

Norm yang digunakan:

1. inspeksi Level 1: sesuai kondisi visual

Hasil *Scoring* Subsistem Pendingin:

Tabel 14. Hasil *Scoring* Subsistem Pendingin.

T/R Bay	Merk	Type	Serial Id	Buatan	Tahun Buat	Operasi	SCORE PENDINGIN
TRF#1 150/70KV	ALSTHOM	97	21731101	FRANCE	1976	01/01/1977	9
TRF#2 150/20KV	PAUWELS	22	H 66880 02	FRANCE	2011	02/05/2011	9
TRF#3 150/20KV	PASTI	9	934.0606	INDONESIA	1993	01/01/1993	7,5

### 3.6 Hasil *scoring* pada subsistem Pernafasan

Norm yang digunakan:

1. inspeksi Level 1: sesuai kondisi visual

Hasil *Scoring* Subsistem Pernafasan:

Tabel 15. Hasil *Scoring* Subsistem.

T/R Bay	Merk	Type	Serial Id	Buatan	Tahun Buat	Operasi	SCORE PERNAFASAN
TRF#1 150/70KV	ALSTHOM	97	21731101	FRANCE	1976	01/01/1977	7,5
TRF#2 150/20KV	PAUWELS	22	H 66880 02	FRANCE	2011	02/05/2011	9
TRF#3 150/20KV	PASTI	9	934.0606	INDONESIA	1993	01/01/1993	6

### 3.7 Hasil *scoring* pada subsistem S.Mekanik

Norm yang digunakan:

1. inspeksi Level 1: sesuai kondisi visual

Hasil *Scoring* Subsistem S. Mekanik:

Tabel 16. Hasil *Scoring* Subsistem S.Mekanik.

T/R Bay	Merk	Type	Serial Id	Buatan	Tahun Buat	Operasi	SCORE S.MEKANIK
TRF#1 150/70KV	ALSTHOM	97	21731101	FRANCE	1976	01/01/1977	7,5
TRF#2 150/20KV	PAUWELS	22	H 66880 02	FRANCE	2011	02/05/2011	9
TRF#3 150/20KV	PASTI	9	934.0606	INDONESIA	1993	01/01/1993	6

### 3.7 Hasil *scoring* total

Tabel 17. Hasil *Scoring* total.

T/R BAY	BUSHING	DIELEKTRIK	EMC CCU	OLTC	PENDINGIN	PERNAFASAN	S.MEKANIK	SCORE TOTAL
TRF#1 150/70KV	4,40	3,69	4,8	4,25	9	7,5	7,5	5,88
TRF#2 150/20KV	9	9	7,9	9	9	9	9	8,84
TRF#3 150/20KV	4,38	2,69	3,3	3,625	7,5	6	6	4,78

## IV. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

a. b. Dari analisa kondisi didapatkan hasil *scoring* yaitu:

**Trafo 1 = 5,88**

Dari hasil analisa rendahnya hasil *scoring* trafo 1 disebabkan beberapa hal, yaitu:

- Kebocoran bushing primer phase S
- Hasil thermo bushing menunjukkan panas.
- Hasil Uji Tan Delta pada Bushing > 1%.
- Kondisi silicagel maintank berwarna putih
- Hasil Uji Kadar air, Kadar asam, dan BDV dibawah standart
- Hasil Uji DGA banyak yang dibawah standart
- Hasil uji ratio dibawah standart.
- Ada rembesan pada maint tank.

**Trafo 2 = 8,73**

Untuk trafo 2 tidak ada banyak *failure*, hanya perlu perbaikan-perbaikan kecil untuk meningkatkan hasil *scoring*nya seperti hasil TDCG (*Total Dissolved Combustible Gas*) sudah berada dikategori sedang, peru dilakukan fiter minyak isolasi agar hasil uji TDCG kembali normal.

**Trafo 3 = 4,83**

Dari hasil analisa rendahnya hasil *scoring* trafo 3 disebabkan beberapa hal, yaitu:

- Kebocoran bushing primer phase T
- Hasil thermo kondisi sedang
- Hasil Uji Tan Delta pada Bushing > 1%
- Kondisi silicagel maintank berwarna putih
- Hasil Uji Kadar air, Kadar asam, dan BDV dibawah standart
- Hasil Uji DGA banyak yang dibawah standart
- Kondisi silica gel OLTC berwarna putih.
- Hasil uji ratio dibawah standart
- Rembesan pada maint tank
- Motor kipas pendingin ada yang mati

Agar nilai scoring bisa naik, subsistem-subsistem yang mengalami penurunan nilai, agar secepatnya dilakukan perbaikan sesuai rekomendasi sebelum *failure* bertambah besar dan memperburuk kondisi transformator tenaga.

- c. Secara umum kondisi Transformator Tenaga di GI Segoromadu menurut analisa hasil Inspeksi Level 1, Level 2, maupun Level 3, telah mengalami penurunan kondisi terutama pada Trafo 1 dan Trafo 3.
- d. Diagnosa kondisi transformator dengan menggunakan metoda *scoring* trafo ini bisa diketahui kondisi transformator secara menyeluruh terhadap kondisi kesehatan transformator tenaga berdasarkan dari berbagai hasil pengujian dan kriteria kondisi yang terkait dengan faktor-faktor degradasi jangka panjang yang secara kumulatif berpengaruh pada masa hidup operasi transformator.
- e. Dengan melihat kondisi inspeksi visual, on-line measurement, off-line measurement serta pengujian proteksi maka perlu disusun suatu kajian resiko khususnya untuk trafo 1 dan trafo 3 demi menjaga kontinuitas penyaluran energi listrik.
- f. Berdasarkan *score* yang didapat maka disarankan untuk melaksanakan inspeksi lanjutan, baik itu pengujian dengan interval setiap bulan, *direct shutdown* maupun perencanaan untuk penggantian trafo 1 dan 3.

#### 4.2 Saran

1. Analisa kondisi transformator seperti ini agar bisa diaplikasikan ditempat lain untuk mengetahui kondisi real transformator tenaga dengan cepat dan akurat.
2. Untuk penelitian selanjutnya dalam menentukan indeks kondisi transformator tenaga, bisa ditambahkan historical gangguan transformator tenaga sebagai parameter – parameter untuk menentukan *scoring* transformator tenaga.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Ariawan, Putu R. (2009). *Kegagalan Bahan Isolasi*. Bali : UDAYANA
2. Chumaidy, Adib. (2010). *Analisa Kegagalan Minyak Isolasi Pada Transformator Daya Berbasis Kandungan Gas Terlarut*. Jakarta: ISTN
3. Faishal, Muhammad. (2007). *Analisa Jenis Kegagalan Transformator Tenaga Berdasarkan Hasil Uji DGA Dengan Metode Roger's Ratio PLTU Tambak Lorok*. Semarang : UNDIP
4. Halow, James, H. (2004) *Electrical Power Transformer Engineering*. USA : CRC Press.
5. Hardityo, Rahmat (2008) *Deteksi Dan Analisis Indikasi Kegagalan Transformator Dengan Metode Analisis Gas Terlarut*. Depok : UI
6. Iskhan, Dahlan, (2010). *Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik Transformator Tenaga*. Jakarta : PT.PLN (Persero)
7. Solikhudin, M. (2013). *Studi Penyebab Kegagalan Transformator Tenaga*. Depok : UI
8. Pamudji, Nur. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*. Jakarta : PT.PLN (Persero).