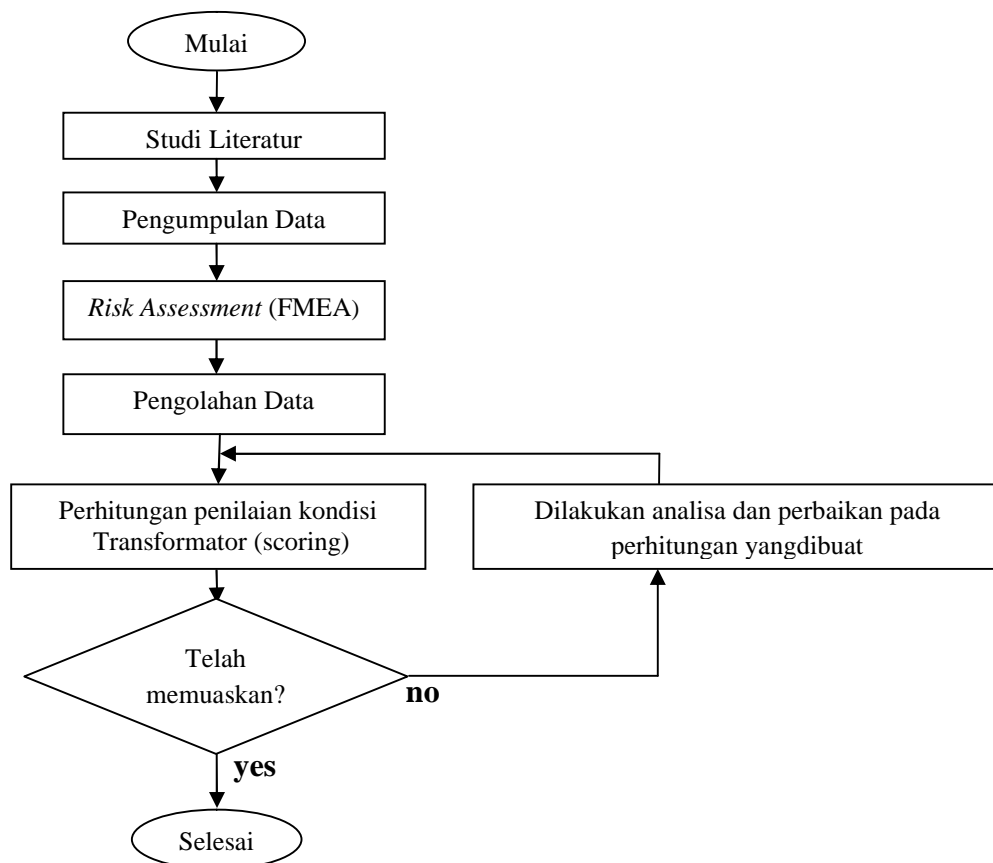


### BAB III METODE PENELITIAN

Dalam menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini, diambil beberapa langkah yang tergabung menjadi sebuah metode analisis. Berikut ini adalah uraian detail langkah-langkah dalam metode analisis yang digunakan pada tugas akhir ini, yang digambarkan dalam *flowchart* sebagai berikut :



Gambar 3.1 *flowchart* metodologi penelitian

Metode penelitian dalam penyusunan Tugas Akhir, meliputi beberapa tahap, yaitu:

#### 3.1 Studi Literatur

Pada langkah ini, penulis mengumpulkan dan mempelajari sumber-sumber informasi yang menjadi dasar ilmiah dari analisa pada tugas akhir ini. Diantaranya berasal dari jurnal , browsing internet, buku pedoman dan standarisasi peralatan, serta wawancara dengan nara sumber, *handbook*, skripsi maupun makalah yang berhubungan dengan transformator tenaga, khususnya tentang penilaian kondisi transformator tenaga. Tahapan ini dilakukan guna

menambah pengetahuan penulis, sehingga dapat menguasai ilmu yang hendak digunakan untuk melakukan analisa. Pengetahuan tersebut meliputi teori tentang analisa kegagalan transformator dan penilaian kondisinya yaitu Transformator Tenaga GI Segoromadu

### 3.2 Pengumpulan Data

Dalam hal ini data-data yang dikumpulkan adalah data-data yang akan digunakan dalam perhitungan dan analisa. Pengumpulan data merupakan proses pengadaan data. Data yang akan dikumpulkan harus mempunyai validitas dan reabilitas yang baik. Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan cara pengambilan data ke lapangan berupa data teknis transformator tenaga, beserta hasil pengukuran data parameter-parameter yang akan digunakan untuk penelitian pada Transformator Tenaga GI Segoromadu data.

Data yang diperlukan meliputi :

- Data Teknis Peralatan

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan 3 buah trafo sebagai objek penelitian, yaitu:

- a. Trafo 1



Gambar 3.2 Trafo 1 150/70KV

Tabel 3.1 *Name Plate* Trafo 1

DATA UMUM			
Nama GI	Segoromadu	Tahun Buat	1977
Nama Bay	IBT-1 150/70KV 50MVA	Tanggal Operasi	1978
Serial Number	217311-01	Status	Operasi
Phasa	RST	Buatan	France

DATA TEKNIS			
Merk	Alsthom Savoisienne	Type	17 position reversing switch
Daya (MVA)	50	BIL	650
Vrated primer(KV)	150	Standart	IEC PUB 76- 1976
Vrated sekunder(KV)	70	Vmax Primer(KV)	157
Vrated tersier(KV)		Vmax sek.(KV)	70
Arus Primer (A)	206	Temp.rise winding	60 C
Arus sekunder(A)	412	Temp.rise oil	60 C
Arus tersier		Setting Temp.Oil	A=80 C T= 90 C
Vector	Ynyn0(d11)	Setting Temp.HV	A=90 C T= 100 C
Coolling	OFAF	Setting Temp.LV	A=90 C T= 100 C
Jenis Minyak	Diala B	Berat minyak	15 Ton
Jenis kertas	Cellulosa paper	Berat Total	68 Ton
Kelas Isolasi	B		

b. Trafo 2



Gambar 3.3 Trafo 2 150/20KV

Tabel 3.2 Name Plate Trafo 2

DATA UMUM			
Nama GI	Segoromadu	Tahun Buat	2011
Nama Bay	Trafo-2 150/20KV 60MVA	Tanggal Operasi	2011
Serial Number	3011100039	Status	Operasi
Phasa	RST	Buatan	Belgium

DATA TEKNIS			
Merk	PAUWELS	Type of Oil	NYNAS NITRO LIBRA
Daya (MVA)	60	Setting Temp.Oil	A=80 C T= 90 C
Vrated primer(KV)	150	Setting Temp.HV	A=90 C T= 100 C
Vrated sekunder(KV)	20	Setting Temp.LV	A=90 C T= 100 C
Tap Canger	MR VV III400Y- 76KV+ED100	Berat Total	116200 Kg
Connection symbol	Nyyn0(d)		
TAP	HV	LV	SHORT CIRCUIT IMPEDANCE(%)
1	165000	20000	13,172
2	150000	20000	12,408
3	135000	20000	11,939

c. Trafo 3



Gambar 3.4 Trafo 3 150/20KV

Tabel 3.3 Name Plate Trafo 3

DATA UMUM			
Nama GI	Segoromadu	Tahun Buat	1993
Nama Bay	Trafo 3 150/20KV 60MVA	Tanggal Operasi	22-8-1994
Serial Number	9340616	Status	Operasi
Phasa	RST	Buatan	indonesia
DATA TEKNIS			
Merk	PASTI	Type	ORF 60/275
Daya (MVA)	60	BIL	650
Vrated primer(KV)	150	Standart	IEC PUB 76
Vrated	20	Vmax Primer(KV)	165,70

sekunder (KV)			
Vrated tersier (KV)		Vmax sek. (KV)	20,7
Arus Primer (A)	230,9	Temp.rise winding	58 C
Arus sekunder (A)	1732	Temp.rise oil	53 C
Arus tersier		Setting Temp.Oil	A=80 C T= 90 C
Vector	YNyn0 (d11)	Setting Temp.HV	A=90 C T= 100 C
Coolling	ONAN/ONAF	Setting Temp.LV	A=90 C T= 100 C
Jenis Minyak	SheeL Diala B	Berat minyak	23,60 Ton
Jenis kertas	Cellulosa paper	Berat Belitan	59,85 Ton
Kelas Isolasi	B	Berat Total	103,40 Ton

➤ Data pemeliharaan

Data pemeliharaan yang dibutuhkan adalah hasil-hasil inspeksi, yaitu:

a. Inspeksi Level 1

Inspeksi level 1 dilaksanakan oleh petugas Gardu Induk dengan periode inspeksi harian, mingguan dan bulanan. Inspeksi dilaksanakan dengan panca indera (visual, suara, bau, panas) dan alat uji sederhana (noise level meter, thermovisi, multimeter) dengan trafo dalam kondisi beroperasi. Inspeksi ini bertujuan untuk mendapatkan indikasi awal kondisi trafo. Komponen yang diinspeksi meliputi seluruh kondisi main tank, bushing, panel trafo, OLTC, penunjukan counter, pondasi, struktur mekanik, indikasi oil level, penunjukan suhu, riwayat gangguan dan sistem pemadam kebakaran

b. Inspeksi Level 2

Inspeksi yang dilakukan dalam kondisi bertegangan (*Online measurement*). Hasil pemeliharaan yang dibutuhkan antara lain:

- Hasil Uji Minyak – DGA
- Hasil uji minyak - Karakteristik minyak
- Hasil uji karakteristik minyak meliputi : Kandungan air & asam, BDV (*Breakdown Voltage*, IFT (*Interfacial Tension*)).

- Hasil uji Thermovisi

c. Inspeksi Level 3

Inspeksi yang dilakukan dalam kondisi tidak bertegangan bertegangan (*Offline measurement*). Hasil pemeliharaan yang dibutuhkan adalah:

- Hasil Uji Tangen Delta
- Hasil Uji Tahanan Isolasi
- Ratio Belitan

### **3.3 Risk assessment (FMEA)**

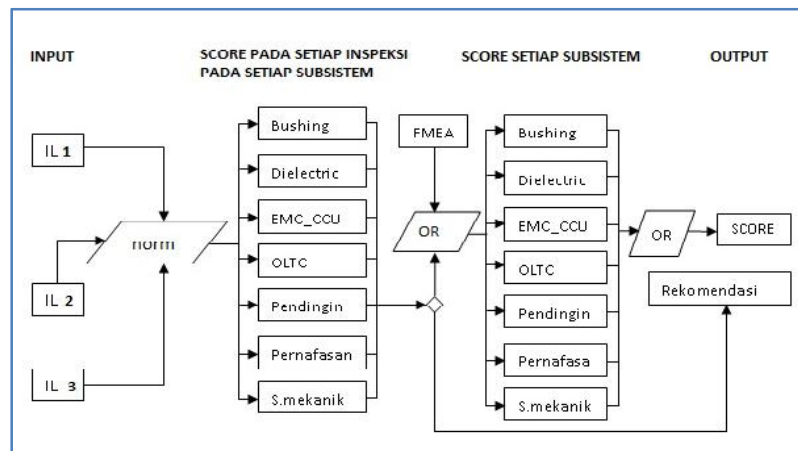
Membuat *Risk assessment* berdasarkan FMEA Transformator Tenaga yang dikutip dari buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga milik PLN. *Risk assessment* disini berarti penilaian terhadap kemungkinan-kemungkinan resiko yang bisa terjadi pada obyek tersebut. Dalam *risk assessment* ini kita menentukan kemungkinan-kemungkinan resiko yang terjadi pada obyek serta penyebabnya.

### **3.4 Pengolahan Data**

Data yang telah diperoleh dikelompokkan sesuai parameter subsistem masing-masing transformator tenaga dan diolah atau dihitung dengan menggunakan Microsoft excel 2007. Hasil olah data ini berupa *score* atau nilai kondisi 3 buah transformator tenaga di GI Segoromadu. Setelah melakukan pengolahan data yang hasilnya adalah berupa score akan diketahui kondisi masing-masing trafo di GI segoromadu dan bisa ditarik kesimpulan yang menggambarkan bagaimana kondisi sebenarnya transformator tenaga di GI segoromadu. Hasil Kesimpulan tersebut bisa dijadikan rekomendasi yang dapat digunakan sebagai acuan usulan tindak lanjut (misalnya: pelaksanaan inspeksi lanjutan, investigasi, *direct shutdown* bahkan bisa dijadikan sebagai acuan penggantian transformator.

### 3.5 Perhitungan penilaian kondisi (*scoring*)

Langkah- langkah *scoring* di jelaskan seperti gambar dibawah ini:



Gambar 3.5 konsep general scoring transformator tenaga

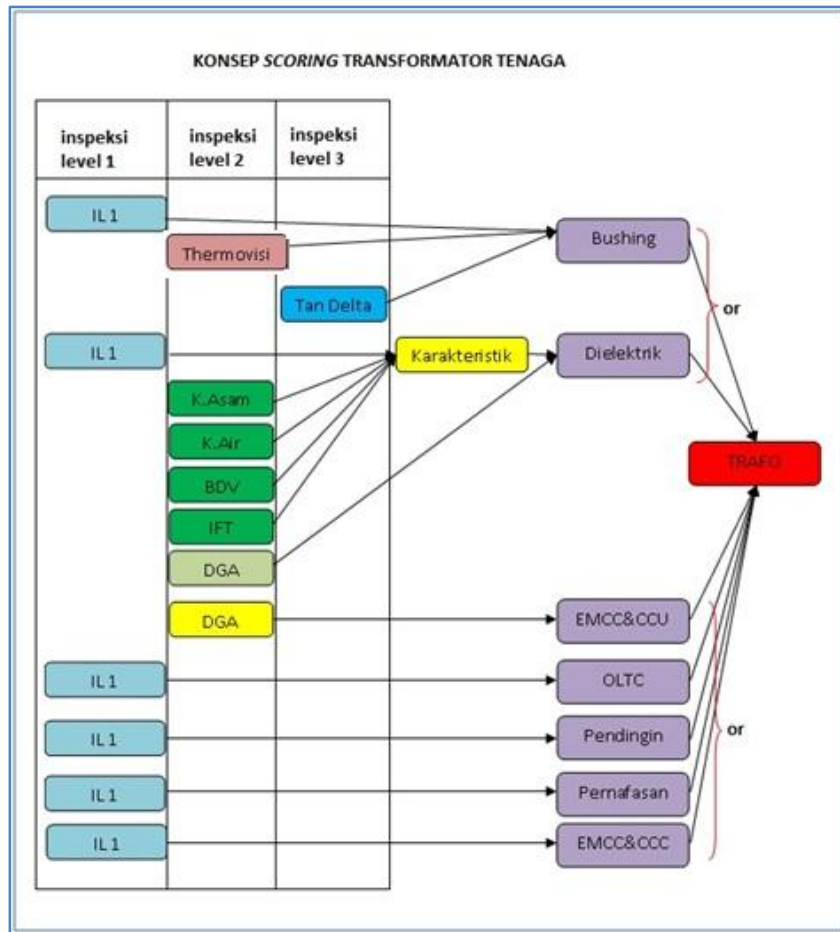
➤ Input merupakan data yang diambil dari hasil inspeksi yaitu Inspeksi Level 1, Level 2, dan Level 3.

➤ Batasan (*Norm*) hasil pengujian/pengukuran

*Norm* yang ditentukan oleh standard, *guide* dan panduan pabrik 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

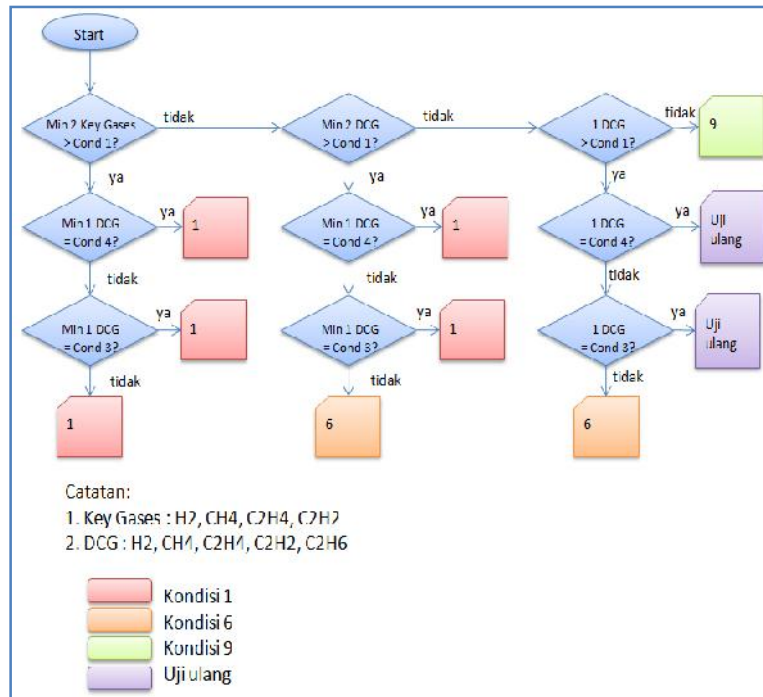


Gambar 3.6 Konsep detail scoring transformator tenaga

a. **Norm penentuan tingkat kondisi trafo berdasarkan hasil pengujian DGA (SK DIR 114)**

Diagram alir di Gambar 3.6 memperlihatkan proses penentuan kondisi sub sistem *electromagnetic circuit* dan *current carrying unit* (EMC & CCU) trafo berdasarkan data hasil pengujian DGA. Proses ini bertujuan untuk mengkategorikan apakah trafo (berdasarkan kondisi sub sistem EMC dan CCU) dalam kondisi *baik* (normal), *cukup* (perlu perhatian), *buruk* (kritis) atau perlu dilakukan pengujian ulang karena hasil pengujian DGA tidak valid.





Gambar 3.7 Diagram alir penentuan kondisi berdasarkan hasil pengujian DGA.

Pada gambar di atas dapat diketahui bahwa trafo berada pada kondisi baik apabila tidak ada key gas maupun DCG (*dissolved combustible gas*) yang melebihi level kondisi 1. Trafo akan dikatakan berada pada kondisi sedang apabila ada 1 atau lebih DCG berada pada kondisi 2.

Trafo berada pada kondisi buruk apabila salah satu dari kondisi ini tercapai :

- Minimum 2 key gases berada pada kondisi lebih dari 1, atau
- Minimum 2 DCG berada pada kondisi lebih dari 1 dan minimum satu gas berada pada kondisi 3 atau 4.
- Pengujian DGA perlu diulang apabila hasil pengujian menunjukkan hanya 1 gas DCG yang berada pada kondisi 3 atau 4

### Total Dissolved Combustible Gas (TDCG)

Konsentrasi gas terlarut yang terdeteksi oleh gas kromatografi akan dibandingkan dengan referensi angka pada tabel diagnosa yang diterbitkan oleh IEEE sebagai ambang batas level abnormal.

### Gas Kunci (Key Gas Analysis)

Gas gas yang dilihat pada metoda ini adalah gas gas yang terbentuk dari proses penurunan kualitas minyak & kertas selulosa yaitu H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, CO, CO<sub>2</sub>. kecuali CO dan CO<sub>2</sub> semua gas tersebut terbentuk dari pemburukan minyak itu sendiri sedangkan CO dan CO<sub>2</sub> terbentuk dari pemburukan isolasi kertas.

Tabel 3.4. Klasifikasi konsentrasi gas terlarut (dissolved gas)

Status	Batas konsentrasi key gas terlarut (dissolved key gas) [ $\mu$ L/L (ppm)]							
	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> )	Etane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	Karbon monoksida (CO)	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	TDCG
bagus	<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. . Norm penentuan tingkat kondisi minyak trafo berdasarkan hasil pengujian

#### kadar air

Tabel 2 menunjukkan acuan penentuan tingkat kondisi minyak trafo berdasarkan hasil pengujian kadar air. Berdasarkan tabel ini, trafo dapat dikategorikan menjadi kondisi *bagus*, *cukup* atau *buruk* berdasarkan kondisi sub sistem dielektriknya.

Tabel 3.5. Klasifikasi kondisi minyak trafo berdasarkan 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

**c. Norm penentuan tingkat kondisi minyak trafo berdasarkan hasil pengujian kadar asam dan IFT**

Hasil pengujian terhadap kondisi oksidasi pada minyak isolasi melalui kadar asam minyak divalidasi dengan bantuan hasil pengujian *interfacial tension* (IFT). Jika hasil pengujian kadar asam dan IFT masuk ke dalam salah satu kategori validitas hasil pengujian di Tabel 3, maka hasil pengujian tersebut dianggap valid.

Tabel 3.6 . Klasifikasi validitas data antara pengujian kadar asam dan IFT (*Revisi SK Dir 114*).

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

Setelah data pengujian dinyatakan valid, maka kondisi minyak trafo dapat ditentukan berdasarkan pengujian kadar asam (mg KOH/g) dengan acuan di Tabel 3.6.

Tabel 3.7. Klasifikasi kondisi minyak trafo berdasarkan pengujian kadar asam

Bagus	Cukup	Buruk
< 0,06	0,06-0,09	> 0,1

**d. Norm penentuan tingkat kondisi minyak trafo berdasarkan hasil pengukuran tegangan tembus**

Kondisi minyak trafo dapat pula ditentukan berdasarkan nilai tegangan tembusnya (dalam satuan kV/2,5 mm) dengan batasan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 3.8 Klasifikasi kondisi minyak trafo berdasarkan hasil pengukuran tegangan tembus.

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

e. **Norm penentuan tingkat kondisi trafo berdasarkan hasil pengukuran suhu klem dan konduktor**

Permasalahan pada transformator dapat diindikasikan oleh adanya pemanasan setempat pada klem dan konduktor. Adanya selisih panas antara antar klem dan konduktor dapat diketahui dengan rumus:

$$|\Delta T|_{max} = (I_{max}/I_{beban})^2 \times |\Delta T|$$

Dimana  $|\Delta T|$  adalah selisih suhu klem dan konduktor

Tabel 3.9 Kondisi berdasarkan selisih suhu antara klem dan konduktor.

Kategori	T max	keterangan
9	< 20	Normal
6	21-40	Pengukuran Ulang
1	> 41	Perbaikan

f. **Norm penentuan tingkat kondisi trafo berdasarkan nilai maksimum hasil pengukuran tangen delta belitan dan bushing**

Salah satu penentu tingkat kondisi trafo adalah nilai tangen delta belitan trafo dan tangen delta bushing. Nilai maksimum tangen delta yang diijinkan untuk belitan trafo dan bushing berturut-turut diperlihatkan pada Tabel 7 dan Tabel 8. Di atas nilai tersebut maka trafo dinyatakan bermasalah.

Tabel 3.10. Klasifikasi kondisi trafo berdasarkan nilai maksimum tangen delta belitan trafo (*revisi SK Dir 114*).

Item	Batasan
Trafo Baru	Max 0,5%
Trafo Operasi	Max 1 %

Tabel 3.11. Klasifikasi kondisi trafo berdasarkan nilai maksimum tangen delta bushing  
(revisi SK Dir 114).

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

- Selanjutnya norm-norm di atas di buat rumus dalam bentuk Excel sebagai dasar perhitungan untuk score pada setiap inspeksi pada setiap sub sistem.
- Setelah score inspeksi selesai dihitung selanjutnya adalah perhitungan score setiap sub sistemnya.
- Dan yang terakhir adalah score akhir dari seriap parameter-parameter atau sub sistem.