

**REKOMENDASI DAN PREVENTIF PEMELIHARAAN**  
**TRANSFORMATOR BERDASARKAN HASIL**  
**PENGUJIAN DISSOLVED GAS ANALYSIS**

**1. Data 1**

Rekomendasi		
Low	Medium	High
Continue Operation	Continue Operation	Continue Operation
Preventif		
Low	Medium	High
CO dalam limit Low dilakukan resampling berkala dalam rentang waktu 4-8 bulan.	CO dalam limit Medium dilakukan resampling berkala dalam rentang waktu 2- 4 bulan.	CO dalam limit High dilakukan resampling berkala dalam rentang waktu 1-2 bulan.

**2. Data 2, Data 3, Data 4, dst.**

**A. Partial Discharge (PD)**

Rekomendasi
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prioritaskan metode pengukuran yang non-invasif dan mudah, seperti metode Ultrasonik atau TEV (Transient Earth Voltage).</li> <li>2. Perbaikan atau penggantian isolator yang retak atau rusak.</li> <li>3. Cek tekanan gas isolasi secara rutin untuk memastikan tidak ada penurunan yang signifikan. <b>Note :</b> Jika tekanan gas menurun, lakukan pengisian ulang gas isolasi Nitrogen sesuai Sprosedur (2,5 bar)</li> <li>4. Pastikan transformator dan ruang isolasi bebas dari kelembaban berlebih (30°C - 40°C) .</li> </ol>
Preventif
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lakukan pengukuran PD secara periodik (6 – 12 Bulan) menggunakan peralatan standar PD detector.</li> <li>2. Lakukan pengecekan pada kondisi rongga gas dan isolasi padat secara visual untuk memastikan tidak ada kerusakan fisik, korosi, atau kebocoran.</li> <li>3. Lakukan pemeriksaan suhu operasional transformator (60°C - 65°C) agar tidak melewati batas aman.</li> </ol>

## B. Corona (C)

Rekomendasi
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Monitoring rutin Dissolved Gas Analysis menggunakan metode Duval Triangle untuk mendeteksi gas yang khas pada corona / partial discharge, yaitu peningkatan gas metana (CH<sub>4</sub>) dengan dominasi rendah asetilena (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) dan etilena (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>). Indikasi ini menandakan adanya pelepasan muatan kecil dalam isolasi (<i>partial discharge</i> ringan).</li><li>2. Peningkatan kualitas minyak isolasi melalui pengujian breakdown voltage dan filtrasi rutin (3 - 6 bulan), sebab minyak murni dan bersih membantu mengurangi kemungkinan arcing dan corona.</li><li>3. Pengawasan lingkungan sekitar trafo agar terhindar dari sumber polutan atau kelembaban tinggi yang mempercepat degradasi isolasi.</li></ol>
Preventif
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Pemeriksaan visual dan pembersihan berkala pada permukaan isolator, bushing, sambungan terminal, dan area yang berpotensi terjadi discharge korona. Debu, kotoran, atau kelembapan bisa memperparah/resiko corona.</li><li>2. Pengecekan dan pengencangan sambungan listrik agar tidak terjadi kontak longgar yang meningkatkan risiko pelepasan muatan ringan.</li><li>3. Pelaksanaan pemeliharaan preventif terjadwal dengan interval monito ( 3 - 6 bulan).</li></ol>

## C. Stray Gassing (S)

Rekomendasi
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Telusuri riwayat beban trafo, suhu minyak, dan suhu belitan — stray gassing sering muncul akibat fluktuasi suhu atau beban tinggi non-kronis.</li><li>2. Lakukan evaluasi apakah terdapat <i>overload</i> ringan atau pencapaian suhu hotspot yang tinggi yang tidak berdampak langsung tapi memicu pelepasan gas ringan.</li><li>3. Degassing minyak bila level gas mendekati batas operasional.</li><li>4. Pendinginan tambahan jika suhu operasional terlalu tinggi secara lokal.</li><li>5. Lakukan monitoring DGA secara berkala untuk memastikan pola gas tetap stabil dan tidak berkembang ke <i>area fault</i>.</li></ol>
Preventif

1. Periksa kondisi fisik trafo: apakah ada tanda-tanda degradasi termal ringan, kotoran, atau seal bocor.
2. Lakukan uji kualitas minyak (tan delta, water content) untuk mengetahui apakah minyak mulai menua atau teroksidasi.
3. Filtering minyak untuk memperlambat penuaan dan menurunkan potensi pelepasan gas.

#### **D. Discharge With Thermal Component (DT)**

Rekomendasi
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Telusuri riwayat beban, suhu minyak, dan suhu belitan untuk memastikan apakah terjadi overload atau suhu yang melebihi batas.</li> <li>2. Periksa apakah terdapat lonjakan beban mendadak atau suhu yang abnormal dalam beberapa periode terakhir.</li> <li>3. Optimasi pendinginan dengan memperbaiki sistem pendingin atau menambah pendingin tambahan agar suhu operasional kembali aman.</li> <li>4. Mengurangi beban operasi jika memungkinkan untuk menghindari peningkatan panas berlebih.</li> <li>5. Tingkatkan frekuensi monitoring DGA untuk memantau perkembangan gas dan memastikan terjadi pemburukan kondisi.</li> </ol>
Preventif
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lakukan inspeksi fisik menyeluruh pada trafo, terutama pada bagian isolasi padat dan minyak. Cari tanda-tanda kerusakan, retak atau deformasi.</li> <li>2. Uji kualitas minyak secara komprehensif (tan delta , kandungan air , keasaman dan kontaminan lainnya).</li> <li>3. Perbaikan atau penggantian isolasi pada area yang dicurigai mengalami discharge dengan kerusakan termal.</li> <li>4. Penggantian atau pengolahan minyak ( degassing, filtering, atau penggantian) untuk menghilangkan kontaminan dan gas yang terbentuk.</li> </ol>

#### **E. Low Energy Discharge ( Arcing Ringan) D1**

Rekomendasi
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lakukan DGA secara rutin: Monitoring kandungan gas utama seperti metana (CH4), etilena (C2H4) dan asetilena(C2H2 ) ,untuk mendeteksi perubahan komposisi yang mengarah ke arcing ringan.</li> </ol>

- |  |
|--|
| <p>2. Optimalkan sistem pentanahan: Pastikan grounding trafo dalam kondisi baik guna menekan potensi loncatan listrik.</p> <p>3. Rekondisi minyak bila perlu: Jika setelah filtrasi kualitas minyak masih buruk atau kandungan gas D1 tak menurun, lakukan penggantian minyak isolasi.</p> |
|--|

Preventif
-----------

- |  |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>Pantau parameter lain: Selain DGA, cek juga suhu, kebocoran minyak, kebersihan permukaan trafo, dan kondisi busbar/bushing secara visual.</li> <li>Bersihkan isolator dan bushing: Pastikan tidak ada debu, karbon, atau sisa arcing pada isolasi, bushing, dan terminal trafo.</li> <li>Perbaiki atau ganti bagian yang rusak: Segera lakukan perbaikan pada isolasi yang menunjukkan tanda degradasi atau bekas arcing ringan.</li> <li>Kencangkan sambungan listrik: Pastikan semua terminal, baut, dan sambungan kabel tidak longgar karena koneksi longgar dapat memicu arcing.</li> <li>Pengujian tegangan tembus minyak: Lakukan pengujian breakdown voltage pada minyak trafo secara berkala. Jika hasil di bawah standar (umumnya 70% dari nilai pabrikan atau &lt; 50 kV), lakukan filtrasi atau ganti minyak.</li> </ol> |
|--|

#### F. High Energy Discharge (Arcing Berat) D2

Rekomendasi
<ol style="list-style-type: none"> <li>Lakukan DGA secara rutin: Monitoring kandungan gas utama seperti metana (CH4), etilena (C2H4) dan asetilena(C2H2) ,untuk mendeteksi perubahan komposisi yang mengarah ke arcing ringan.</li> <li>Perbaikan terminal dan sambungan: Pastikan tidak ada sambungan longgar atau terbakar akibat arcing berat</li> <li>Pembersihan komponen: Bersihkan sisa karbon, debris, dan partikel logam yang dihasilkan dari pelepasan arcing.</li> <li>Periksa warna minyak: Minyak yang menghitam/gelap menandakan dekomposisi akibat arcing berat dan perlu segera diganti.</li> <li>Periksa efektivitas sistem pendingin: Pastikan radiator, kipas, dan sirkulasi minyak bekerja optimal untuk menghindari kenaikan suhu ekstrem.</li> <li>Pastikan relay proteksi bekerja baik: Sistem proteksi seperti Buchholz relay, tekanan lebih maupun pemutus arus harus berfungsi untuk meminimalisir kerusakan akibat fault berat.</li> </ol>

Preventif
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gunakan infrared thermography: Deteksi early hotspot akibat arcing. Pemindaian termal bermanfaat untuk mendeteksi area yang terpapar suhu tinggi sebelum terjadi kerusakan lebih lanjut.</li> <li>2. Inspeksi internal trafo: Lakukan shutdown terkontrol dan buka cover utama untuk inspeksi visual bagian dalam. Cari tanda fusi logam atau karbonisasi berat pada isolasi.</li> <li>3. Pengujian tegangan tembus minyak: Lakukan breakdown voltage test sesuai standar IEC 60156-95 dengan batasan IEC 60422:2024. Segera lakukan filtrasi atau penggantian minyak jika nilai di bawah rekomendasi.</li> </ol>

#### G. Thermal Fault < 300 °C (T1)

Rekomendasi
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rutin melakukan monitoring analisa gas terlarut Dissolved Gas Analysis yang dianalisis dengan metode Duval Triangle untuk mendeteksi awal thermal fault T1 (&lt; 300°C). Monitoring berkala membantu mengidentifikasi indikasi panas berlebih ringan yang dapat merusak isolasi minyak dan kertas trafo.</li> <li>2. Pengendalian suhu operasi trafo agar tetap dalam batas normal, termasuk pemeriksaan sistem pendingin (radiator, kipas, sirkulasi minyak) untuk menghindari peningkatan suhu akibat beban lebih atau sirkulasi minyak terganggu.</li> <li>3. Memastikan sistem grounding dan proteksi berfungsi dengan baik untuk menghindari gangguan listrik sekunder yang meningkatkan risiko thermal fault. Periksa efektivitas sistem pendingin: Pastikan radiator, kipas, dan sirkulasi minyak bekerja optimal untuk menghindari kenaikan suhu ekstrem.</li> <li>4. Melakukan evaluasi beban trafo dan operasional, hindari operasi berlebih yang dapat meningkatkan suhu kerja trafo melampaui batas aman.</li> <li>5. Jika hasil DGA menunjukkan nilai gas dengan pola T1 (thermal fault &lt; 300 °C) pada Duval Triangle, tingkatkan pengujian dan lakukan pemantauan agar gangguan tidak berkembang menjadi fault medium atau high thermal fault.</li> <li>6. Implementasi jadwal preventive maintenance terprogram meliputi DGA, pemeriksaan visual, pengujian isolasi, dan perawatan sistem pendingin untuk</li> </ol>

menjaga kondisi trafo tetap optimal dan mencegah perkembangan thermal fault menjadi kerusakan serius.

#### Preventif

1. Pemeriksaan fisik dan pembersihan bagian terminal, bushing, dan sambungan untuk memastikan tidak ada kontak longgar atau kotoran yang dapat menyebabkan pemanasan lokal dan penurunan isolasi.
2. Pengujian dan perawatan minyak isolasi secara berkala dengan pengujian tegangan tembus minyak dan filtrasi minyak apabila terjadi penurunan kualitas akibat degradasi termal. Minyak yang berfungsi dengan baik akan mengurangi risiko pembentukan hotspot termal pada trafo.

### H. Thermal Fault 300-700 °C (T2)

#### Rekomendasi

1. Rutin melakukan monitoring dan analisa gas terlarut minyak trafo secara berkala dengan metode Duval Triangle. Konsentrasi gas yang meningkat pada rentang ini menandakan adanya pemanasan lokal menengah yang perlu segera ditindak lanjuti.
2. Evaluasi dan optimasi sistem pendinginan trafo, seperti radiator, kipas angin, dan sirkulasi minyak isolasi. Karena thermal fault medium biasanya muncul akibat pendinginan yang tidak optimal sehingga temperatur internal trafo naik melebihi batas aman.
3. Evaluasi dan pengaturan beban trafo agar tidak melebihi kapasitas desain, karena beban berlebih mempercepat kenaikan temperatur sampai rentang fault medium.
4. Pastikan grounding dan sistem proteksi trafo berfungsi optimal guna mencegah arus gangguan yang dapat memicu peningkatan temperatur lokal.
5. Tingkatkan frekuensi pengujian dan inspeksi bila trennya menunjukkan kenaikan gas thermal T2, untuk mencegah berkembangnya gangguan menjadi thermal fault tingkat tinggi ( $>700^{\circ}\text{C}$ ).

#### Preventif

1. Pengujian kualitas minyak isolasi secara berkala, termasuk uji tegangan tembus (breakdown voltage) dan filtrasi atau penggantian minyak jika terjadi degradasi. Minyak yang baik membantu mencegah pembentukan hotspot dan menjaga isolasi trafo tetap efektif.

2. Inspeksi fisik berkala pada terminal, busbar, dan sambungan kelistrikan untuk mendeteksi kontak longgar, kotoran, atau oksidasi yang bisa menimbulkan panas lokal dan memicu fault thermal.
3. Pengencangan sambungan mekanis dan elektris secara rutin untuk mencegah hotspot akibat kontak buruk atau sambungan longgar yang menjadi pemicu thermal fault medium.
4. Perbaikan atau penggantian komponen isolasi yang terindikasi rusak akibat pemanasan, misalnya isolasi kertas yang berubah warna coklat atau mengeras, agar tidak terjadi kerusakan lebih parah

## I. Thermal Fault > 700°C (T3)

Rekomendasi
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lakukan inspeksi internal trafo secara menyeluruh dalam waktu dekat setelah indikasi high thermal fault terdeteksi, karena suhu di atas 700°C sangat berpotensi menyebabkan kerusakan serius pada isolasi kertas dan minyak sehingga dapat memicu kegagalan total trafo.</li> <li>2. Lakukan shut down terkontrol sesegera mungkin untuk menghindari kerusakan yang lebih parah dan risiko kegagalan mendadak pada sistem kelistrikan. High thermal fault merupakan keadaan kritis memerlukan penanganan cepat.</li> <li>3. Periksa sistem pendingin dan pastikan berfungsi optimal, namun pada fault tingkat ini, pendinginan biasanya tidak cukup dan fokus utama adalah perbaikan komponen yang terdampak.</li> <li>4. Pantau frekuensi dan kualitas pengujian DGA secara lebih intensif ke depan, gunakan metode Duval Triangle sekaligus metode pendukung untuk memastikan tidak ada perkembangan fault</li> <li>5. Pastikan proteksi trafo (relay, Buchholz relay, proteksi tekanan) bekerja optimal untuk mendeteksi dan memutus arus pada kondisi gangguan tinggi secara cepat.</li> <li>6. Evaluasi beban operasi trafo dan perencanaan penggantian atau upgrade jika diperlukan untuk menghindari pengoperasian di atas kapasitas yang memperparah thermal fault.</li> </ol>
Preventif

1. Penggantian atau rekondisi isolasi internal trafo yang sudah mengalami degradasi berat akibat overheating, seperti isolasi kertas yang terkarbonisasi atau minyak yang telah mengalami dekomposisi termal parah
2. Pemeriksaan dan penggantian minyak isolasi dilakukan secara menyeluruh, karena minyak bisa mengalami degradasi serius pada suhu tinggi dan kehilangan kemampuan dielektrik. Pengujian breakdown voltage dan filtrasi minyak harus dilaksanakan segera.
3. Perbaikan sambungan listrik dan terminal yang mengalami kerusakan atau hotspot akibat panas berlebih harus dilakukan untuk mencegah gangguan berulang.

Manager Teknis



PT. SERVO INDONESIA PERKASA

M.Saiful Fauzan

