

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian *Breakdown Voltage* (BDV) dan *Dissolved Gas Analysis* (DGA) pada tiga unit transformator, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kondisi Transformator

Berdasarkan hasil pengujian *Dissolved Gas Analysis* (DGA) pada tiga unit transformator di PT Lontar Papyrus, ditemukan perbedaan yang cukup mencolok pada kondisi minyak isolasi sebelum dan sesudah proses purifikasi. Sebelum dilakukan purifikasi, kandungan gas-gas hasil degradasi seperti etilena (C_2H_4), etana (C_2H_6), dan karbon monoksida (CO) cukup tinggi, yang menjadi indikator adanya gangguan termal pada sistem. Pada Trafo Unit 1, kandungan CO tercatat sebesar 172 ppm, CO_2 sebesar 4419 ppm, C_2H_6 sebesar 36 ppm, dan C_2H_4 sebesar 14 ppm. Trafo Unit 2 menunjukkan kadar C_2H_4 sebesar 70 ppm dan C_2H_6 sebesar 63 ppm, sedangkan pada Trafo Unit 3, kadar C_2H_6 mencapai 165 ppm dan C_2H_4 sebesar 15 ppm. Ketiga trafo juga mengandung gas H_2 , CH_4 , dan C_2H_2 , namun masih berada di bawah ambang batas bahaya. Total kandungan gas mudah terbakar (TDCG) pada ketiga unit masih tergolong aman, yaitu 230 ppm pada Trafo 1, 182 ppm pada Trafo 2, dan 213 ppm pada Trafo 3, sesuai dengan standar IEEE C57.104-2008. Melalui interpretasi metode *Key Gas*, diketahui bahwa Trafo Unit 1 mengalami gangguan *overheating* pada bahan selulosa, Trafo Unit 2 mengalami *overheating* umum, dan Trafo Unit 3 menunjukkan tanda-tanda *overheating* ringan. Sementara itu, hasil analisis menggunakan metode *Rasio Roger* menunjukkan bahwa Trafo 1 dalam kondisi normal (kode 0-0-0), Trafo 2 mengalami gangguan termal bersuhu rendah (kode 0-0-1), dan Trafo 3 mengalami gangguan termal dengan suhu kurang dari $700^\circ C$ (kode 0-1-0). Namun, metode *Rasio Doernenburg* memberikan hasil *undetermined* pada ketiga unit, yang mengindikasikan bahwa metode ini kurang akurat dalam mengidentifikasi jenis kerusakan secara spesifik. Analisis menggunakan *Duval Triangle* menunjukkan bahwa ketiga transformator berada di zona T3, yang menandakan adanya gangguan termal berat dengan suhu di atas $700^\circ C$. Setelah dilakukan purifikasi, hasil pengujian menunjukkan penurunan signifikan pada seluruh parameter gas. Kandungan CO pada Trafo 1 menurun drastis dari 172 ppm menjadi 2 ppm, sedangkan CO_2 turun dari 4419 ppm menjadi 306 ppm. Penurunan serupa juga terlihat pada Trafo 2 dan 3, di mana kadar C_2H_4 dan C_2H_6 mengalami penurunan yang signifikan. Total gas mudah terbakar (TDCG) pun menurun menjadi 22 ppm

untuk Trafo 1, 79 ppm untuk Trafo 2, dan 71 ppm untuk Trafo 3. Interpretasi dengan metode *Key Gas* setelah purifikasi menunjukkan bahwa ketiga trafo berada dalam kondisi normal. Namun, hasil *Duval Triangle* pasca-purifikasi menunjukkan bahwa Trafo 1 dan 3 masih mengindikasikan adanya gangguan listrik dan termal, sementara Trafo 2 tetap berada pada kategori gangguan termal dengan suhu di atas 700°C. Meskipun demikian, seluruh nilai yang terukur masih berada dalam batas aman, menandakan keberhasilan proses purifikasi dalam memperbaiki kondisi minyak isolasi yang bisa menjaga transformator agar dapat bekerja dengan optimal.

2. Hubungan Antara Hasil *Breakdown Voltage* dan *Dissolved Gas Analysis*

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terdapat hubungan yang signifikan antara hasil analisis DGA dan nilai uji tegangan tembus (BDV) dalam menentukan kelayakan operasional minyak transformator. Sebelum purifikasi, trafo dengan kadar gas *degradasi* tinggi seperti C_2H_4 , C_2H_6 , dan CO menunjukkan nilai BDV yang rendah, yaitu 28 kV untuk Trafo 1, 18,7 kV untuk Trafo 2, dan 25 kV untuk Trafo 3. Kondisi ini mencerminkan penurunan kemampuan dielektrik akibat gangguan termal yang teridentifikasi melalui DGA. Setelah purifikasi, terjadi penurunan signifikan konsentrasi gas-gas tersebut, yang diiringi oleh peningkatan nilai BDV secara drastis, misalnya BDV Trafo 1 naik menjadi 72 kV, Trafo 2 menjadi 80,1 kV, dan Trafo 3 menjadi 40,3 kV. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan gas *degradasi* selaras dengan peningkatan kemampuan isolasi minyak. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa DGA dan uji BDV saling melengkapi dan dapat digunakan bersama-sama untuk menilai kelayakan operasional minyak trafo secara akurat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis serta temuan selama kegiatan ini, terdapat beberapa saran yang dapat diajukan untuk meningkatkan kualitas pelaksanaan maupun perbaikan di masa mendatang.

1. Pengembangan analisis lanjutan di lokasi pengujian mengingat belum adanya analisis lebih mendalam atas data hasil pengujian DGA dan BDV di Lontar Papyrus, disarankan agar pihak terkait mulai melakukan pengolahan data secara sistematis dan terstandar. Ini dapat meningkatkan pemahaman terhadap kondisi transformator serta mendukung pengambilan keputusan teknis yang lebih tepat.
2. Peningkatan kapasitas alat dan sistem pendukung analisis laboratorium di Lontar Papyrus sebaiknya dilengkapi dengan sistem pendukung

analisis berbasis perangkat lunak, seperti integrasi antara hasil DGA dengan pemetaan grafik *Duval Triangle* secara otomatis, serta pelaporan nilai BDV dalam format tren. Hal ini akan mempermudah interpretasi kondisi minyak secara *real-time*.

3. Rutin melakukan pengujian sebelum dan sesudah purifikasi studi ini menunjukkan bahwa pengujian sebelum dan sesudah purifikasi memberikan informasi yang sangat penting dalam mengevaluasi efektivitas perawatan transformator. Oleh karena itu, pengujian ini sebaiknya dijadikan prosedur tetap dalam setiap kegiatan pemeliharaan *preventif*.
4. Perluasan kajian pada jenis minyak dan variasi umur trafo penelitian selanjutnya dapat diperluas dengan membandingkan kinerja berbagai jenis minyak isolasi serta mempertimbangkan variabel umur transformator, sehingga diperoleh pemahaman lebih luas mengenai pengaruh faktor-faktor tersebut terhadap kualitas isolasi dan *degradasi* minyak.