

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. *Thermal aging* terbukti berpengaruh signifikan terhadap pembentukan gas terlarut pada minyak isolasi transformator berbasis minyak biji karet. Pemanasan sampel pada suhu 115°C selama 48 jam dan 96 jam menyebabkan degradasi termal molekul minyak yang menghasilkan gas hidrokarbon dan gas hasil oksidasi. Durasi pemanasan yang lebih lama menghasilkan konsentrasi gas yang lebih tinggi, terlihat dari kenaikan C₂H₆ (29.761 ppm menjadi 52.751 ppm), CO (3.636 ppm menjadi 67.103 ppm), dan CO₂ (115.673 ppm menjadi 174.466 ppm).
2. Gas yang terbentuk akibat degradasi termal meliputi H₂, CH₄, C₂H₆, C₂H₄, CO, dan CO₂, sedangkan C₂H₂ (asetilena) tidak terdeteksi pada kedua sampel. Etana (C₂H₆) merupakan gas hidrokarbon dengan konsentrasi tertinggi, yang menunjukkan degradasi didominasi oleh pemutusan rantai hidrokarbon akibat pemanasan, sedangkan CO dan CO₂ yang tinggi merupakan karakteristik khas minyak ester alami. Tidak terdeteksinya asetilena mengindikasikan tidak terjadi gangguan listrik berenergi tinggi seperti *arcing*, sehingga pola gas yang terbentuk konsisten dengan karakteristik gangguan termal (*thermal fault*) pada minyak isolasi.
3. Interpretasi hasil DGA menggunakan *Key Gas Method* (KGM) dan Segitiga Duval memberikan hasil yang saling mendukung dan mengarah pada diagnosis gangguan termal temperatur rendah. KGM mendiagnosis kondisi *overheated oil* berdasarkan dominasi gas C₂H₆ pada kedua sampel, sedangkan Segitiga Duval menempatkan kedua sampel pada zona T1,

yaitu *thermal fault* dengan temperatur di bawah 300°C. Konsistensi kedua metode menunjukkan bahwa metode interpretasi DGA konvensional dapat diterapkan untuk mengevaluasi karakteristik degradasi minyak biji karet sebagai kandidat minyak isolasi transformator alternatif yang ramah lingkungan.

5.2 Saran

Berdasarkan pengalaman yang diperoleh selama proses penelitian, ada banyak hal yang dapat diperbaiki dalam penelitian lebih lanjut, terutama dalam hal keselamatan kerja dan efektivitas proses pengujian. Selama proses *thermal aging*, sampel minyak dipanaskan dalam oven pada suhu tinggi. Memasukkan dan mengeluarkan sampel dari oven meningkatkan risiko cedera karena kontak langsung dengan permukaan yang panas. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut disarankan untuk merancang sistem atau media penyangga yang lebih aman. Contohnya termasuk penggunaan penyangga sampel, rak khusus yang tidak terpengaruh panas, atau mekanisme penjepit yang mempermudah pengambilan sampel tanpa bersentuhan langsung dengan wadah yang dipanaskan. Diharapkan pengembangan ini akan meningkatkan aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sekaligus mengurangi risiko kecelakaan selama eksperimen.

Proses pemindahan sampel dari vial kaca ke *syringe* sebelum pengujian DGA memiliki beberapa keterbatasan selain faktor keselamatan. Selama proses ini, operator harus menyedot minyak melalui selang yang terhubung dengan *syringe*, lalu menusukkan jarum ke dalam vial. Tahapan ini memerlukan gaya yang cukup besar dan waktu yang cukup lama. Akibatnya, hal ini berpotensi mengurangi efisiensi pengujian dan meningkatkan kemungkinan kontaminasi serta kehilangan gas terlarut karena proses pemindahan sampel. Oleh karena itu, pada penelitian selanjutnya, *syringe* dapat digunakan sebagai wadah pemanasan langsung selama proses *thermal aging*. Setelah proses pemanasan selesai, sampel dapat langsung dianalisis menggunakan alat DGA tanpa perlu memindahkan sampel dari vial. Metode ini dapat menyederhanakan proses pengujian, mengurangi jumlah langkah yang harus dilakukan, dan membuat kondisi gas terlarut lebih sesuai dengan keadaan sebenarnya.