

Studi Potensi Pemanfaatan Minyak Goreng Bekas Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator

W Warindi¹, Haru Wicaksono², Wahyudi Budi Pramono²

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir Sutami 36, Surakarta 57126, Indonesia

²Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Jl. Kaliurang KM 14.5, Sleman 55584, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received June 29, 2023

Revised June 30, 2023

Accepted June 30, 2023

Keywords:

Used cooking oil
Transformer oil
Filtering
Kinematic viscosity
Corrosion
Water content
Breakdown voltage

ABSTRACT

The widespread use of bulk cooking oil in Indonesian households has led to an increase in used cooking oil waste, particularly from eel frying, which can have adverse environmental effects. This study aims to explore the potential of using used cooking oil as a more sustainable alternative to transformer insulation oil (DIALA-B). Previous research has investigated the impact of contaminants such as carbon and water on the breakdown voltage of transformer oil. Methods involving heating, magnetization, and filtration have been employed to improve the quality of used transformer oil. This study follows a similar approach, examining the characteristics of used cooking oil from eel frying and its filtration process using filter paper, while considering factors such as water content, copper strip corrosion, and kinematic viscosity. The research focuses on understanding the characteristics of used cooking oil as a DIALA-B substitute in transformer insulation, enhancing its insulation properties through filtration, and analyzing water content, copper strip corrosion, and kinematic viscosity. Treatment involving heating and filtration has been found to increase the breakdown voltage of used cooking oil, while reusing the oil can decrease its breakdown voltage. Overall, used cooking oil from eel frying exhibits suitable kinematic viscosity and low corrosion levels but has relatively high water content. Reducing the water content through appropriate treatments can improve its breakdown voltage.

Corresponding Author:

Warindi, Teknik Elektro, FT Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36, Surakarta 57126, Indonesia

Email: warindi@staff.uns.ac.id

1. PENDAHULUAN

Hasil survei oleh Martianto et al. [1] menunjukkan bahwa sebagian besar rumah tangga di Indonesia menggunakan minyak goreng curah dan konsumsi minyak goreng meningkat dari waktu ke waktu. Hal ini menyebabkan peningkatan limbah minyak goreng bekas, terutama dari penggorengan ikan belut, yang dapat memiliki dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mencari alternatif pengganti minyak isolasi (DIALA-B) dengan menggunakan minyak goreng bekas sebagai opsi yang lebih berkelanjutan.

Beberapa penelitian terkait juga telah dilakukan. Wijayanto [2] meneliti pengaruh penambahan karbon dan air terhadap tegangan tembus minyak transformator sebagai bahan isolasi cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontaminan air dan karbon dapat mempengaruhi kemampuan isolasi minyak transformator.

Hayyudiasto [3] melakukan penelitian untuk meningkatkan kualitas minyak transformator bekas melalui metode pemanasan, magnetisasi, dan penyaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanasan minyak dan magnetisasi dapat meningkatkan kualitas minyak transformator bekas, sementara penyaringan dengan kertas saring dapat mengurangi partikel-partikel terapan dalam minyak.

Tribawono [4] meneliti karakteristik minyak nabati sebagai bahan isolasi cair dan menemukan bahwa minyak kelapa sawit dapat menjadi alternatif pengganti minyak transformator mineral yang lebih terjangkau

dan mudah didapatkan di Indonesia. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode yang serupa, yaitu pengujian tegangan tembus, penyaringan, dan analisis kimia, untuk mengamati karakteristik minyak goreng bekas penggorengan ikan belut dan proses penyaringannya menggunakan kertas saring.

Isolasi dalam sistem tenaga listrik berfungsi untuk mengisolasi penghantar dan menyimpan muatan listrik. Isolator minyak digunakan sebagai isolator dalam transformator dengan sifat-sifat penting seperti kekuatan dielektrik, kekuatan kerak, dan konstanta dielektrik yang tepat. Minyak transformator berfungsi sebagai isolator, pendingin, dan pemadam busur api. Sifat fisik isolator minyak meliputi kejernihan, konduktivitas panas, berat jenis, kerapatan, dan kekentalan. Sementara itu, sifat kimia isolator minyak meliputi kandungan air, copperstrip corrosion, kinematic viscosity, angka kenetralan, kemantapan oksidasi, kandungan gas, korosi belerang, dan angka perioksida. Sifat kelistrikan isolator minyak meliputi tegangan dadal, ketahanan kegagalan, kekuatan impuls, resistivitas, dan faktor kebocoran dielektrik. Semua sifat-sifat ini penting dalam menjaga kualitas isolator minyak dan memastikan kinerja peralatan yang baik.

Tujuan penelitian meliputi pemahaman karakteristik minyak goreng bekas sebagai pengganti DIALA-B dalam isolasi transformator, peningkatan karakteristik isolasi minyak melalui penyaringan, dan analisis kandungan air, korosi strip tembaga, dan viskositas kinematik pada minyak goreng bekas penggorengan ikan belut. Batasan masalah penelitian ini adalah penggunaan minyak goreng bekas penggorengan ikan belut dari industri pengolahan ikan belut dan meliputi pengujian tegangan tembus, penyaringan, dan analisis kimia termasuk kandungan air, korosi strip tembaga, dan viskositas kinematik.

2. METODE

In this section, the author should explain how the research was conducted, including research design, research procedure (in the form of algorithms, Pseudocode, or other), how to acquire the data, and how to perform any test. The description of the course of research should be supported by references, so the explanation can be accepted scientifically.

2.1. Bahan

Sampel untuk pengujian dalam penelitian menggunakan minyak goreng bekas penggorengan ikan belut dengan seperti ditunjukkan gambar 1 berikut:



Gambar 2. Sampel minyak goreng bekas menggoreng ikan belut. Jumlah telah digunakan menggoreng, sesuai nomor: 1-satu kali; 2-dua kali; 3-tiga kali; 4-empat kali; dan 5-tigapuluh (30) kali menggoreng ikan belut. Sebagai referensi adalah minyak goreng baru yang belum pernah digunakan untuk menggoreng (tidak ditampilkan di gambar 1)

2.2. Peralatan dan cara pengujian

Peralatan uji terdiri dari regulator tegangan untuk menaikkan tegangan dengan kontrol otomatis. Transformator *step-up* digunakan untuk meningkatkan tegangan uji secara perlahan. Resistor pembatas arus melindungi peralatan dari dekomposisi yang berlebihan saat terjadi *breakdown*. Sistem *switching* harus membuka rangkaian secara otomatis saat terjadi busur api menggunakan *circuit-breaker* dalam waktu sekitar 10 ms. Pengukuran dilakukan dengan mengamati puncak voltmeter yang terhubung pada input atau output testing transformator.

Pengujian melibatkan penggunaan *test cell* dengan volume antara 350 ml hingga 600 ml. *Test Cell* terbuat dari bahan isolasi transparan yang tahan terhadap isolasi cair. Elektroda terbuat dari kuningan, perunggu, atau baja tahan karat stainless yang dibentuk bulat dengan diameter 12.5 mm hingga 13 mm. Jarak antara elektroda $2.50 \text{ mm} \pm 0.05 \text{ mm}$. Elektroda dibersihkan, diperiksa secara teratur, dan diganti jika rusak. Persiapan elektroda melibatkan pembersihan, pengikisan, dan penggunaan pelarut serta pemasangan elektroda di dalam *cell*. Eksperimen dilakukan dengan mengisi *cell* dengan isolasi cair yang sesuai dan meningkatkan tegangan hingga terjadi *breakdown* sebanyak 24 kali.

Pada persiapan sampel, wadah sampel digoyangkan dan dibolak-balik untuk memastikan distribusi kandungan ketakmurnian. Saat mengisi test cell, hindari kontak udara kamar dengan sampel. Setelah pengisian, ukur dan catat suhu liquid, lalu posisikan cell dalam peralatan test. Aplikasi tegangan dimulai setelah beberapa menit, dengan kecepatan peningkatan tegangan sebesar 2,0 kV/s sampai terjadi breakdown. Lakukan enam breakdown dengan jeda 2 menit setelah setiap breakdown. Catat hasil tes dan laporan harus mencakup identifikasi sampel, hasil breakdown, tipe elektroda, frekuensi tegangan test, dan suhu liquid.

Peralatan yang digunakan dalam pengujian di Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi DTETI UGM meliputi satu set pembangkit tegangan tinggi AC dengan transformator penaik tegangan, regulator, voltmeter, resistor, tabung penguji dengan elektroda, barometer, hygrometer, heater, dan thermometer suhu.

Pengujian tegangan dadal bahan melibatkan beberapa variasi, seperti penyaringan, pemanasan minyak hingga suhu 70°C, dan non-penyaringan. Proses pemanasan dilakukan di luar tabung penguji menggunakan alat *heater*, dan suhu bahan terus dipantau dengan *thermometer*. Jika suhu bahan turun selama pengujian, maka dilakukan proses pemanasan tambahan. Namun, jika suhu bahan terlalu tinggi, bahan akan ditunggu hingga suhu sesuai dengan yang ditentukan sebelum pengujian dilanjutkan.

Prosedur pengujian kelistrikan bahan isolasi cair mengikuti standar IEC 156 Edisi Kedua 1995-07. Adapun langkah-langkah pengujian/eksperimen sebagai berikut [7]:

- Ukuran sampel yang digunakan harus sekitar tiga kali kapasitas *test cell*.
- Wadah sampel yang sesuai mengacu pada IEC 475. Botol kaca bening dapat digunakan dengan perlindungan dari cahaya langsung. Wadah plastik yang belum terkontaminasi juga dapat digunakan, tetapi hanya sekali pakai.
- Bersihkan wadah dan tutup dengan pelarut yang tepat untuk menghilangkan sisa sampel sebelumnya, lalu cuci dengan aseton dan air panas. Setelah dibersihkan, tutup wadah dan simpan sampel hingga digunakan.
- Saat pengambilan sampel, ikuti prosedur yang tertera dalam IEC 475. Isi wadah hampir penuh, tetapi sisakan sekitar 3% ruang untuk udara terbuka. Lindungi sampel dari kontaminasi air dan partikel yang dapat mempengaruhi *breakdown voltage*.
- Pastikan tidak ada perbedaan suhu lebih dari 5°C antara test liquid dan udara sekitarnya saat pengujian. Untuk pengujian pemisah, atur suhu sekitar 20°C ± 5°C.
- Pengujian kelistrikan bahan isolasi cair dilakukan mengikuti standar IEC 156 Edisi Kedua 1995-07. Metode pengujian mengacu pada IEC 156 dan melibatkan peralatan khusus untuk secara bertahap meningkatkan tegangan hingga terjadi kegagalan tegangan.

Acuan normatif untuk pengujian ini termasuk IEC 156 Edisi Kedua 1995-07, IEC 52:1960, IEC 60, dan IEC 475:1974.

Pengujian kualitas isolasi melibatkan pengukuran tahanan isolasi, faktor rugi dielektrik, dan peluruhan parsial. Pengukuran rutin ini penting untuk mendeteksi kondisi buruk isolasi secara dini. Kenaikan suhu, kelembaban udara, beban mekanis, korona, dan tegangan lebih dapat mempengaruhi kualitas isolasi. Pengaruh suhu dan kandungan air dalam isolasi minyak juga perlu diperhatikan. Molekul air dalam minyak dapat membentuk kanal yang menyebabkan tembusan listrik, sehingga penting untuk mengontrol kandungan air dalam minyak. Selain itu, sela bola digunakan sebagai standar pengujian tegangan tinggi dengan mengukur tegangan dadal pada suatu jarak dan diameter bola tertentu. Faktor koreksi densitas udara, δ diperhitungkan untuk pengukuran pada suhu dan tekanan yang berbeda, sesuai dengan pers. (1) berikut:

$$\delta = \frac{0,386b}{273 + t} \quad (1)$$

dengan : δ = faktor koreksi densitas udara; b = tekanan udara (mmHg); t = suhu udara (°C)

Tegangan dadal standar dapat diperoleh dengan pers. (2) berikut:

$$V_{ds} = \frac{V_d}{\delta} \quad (2)$$

dengan : V_{ds} = tegangan dadal standart; V_d = tegangan dadal pengukuran

Pengujian selanjutnya adalah pengujian sifat kimia melibatkan parameter seperti kandungan air, korosi pada tembaga, dan kekentalan kinematik. Standar ASTM digunakan dalam pengujian ini. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknologi Minyak Bumi Universitas Gadjah Mada. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi karakteristik minyak goreng bekas penggorengan ikan belut sebagai pengganti DIALA-B dalam isolasi transformator. Data dikumpulkan melalui metode pengujian laboratorium dan dibandingkan dengan referensi buku, dan artikel ilmiah terkait.

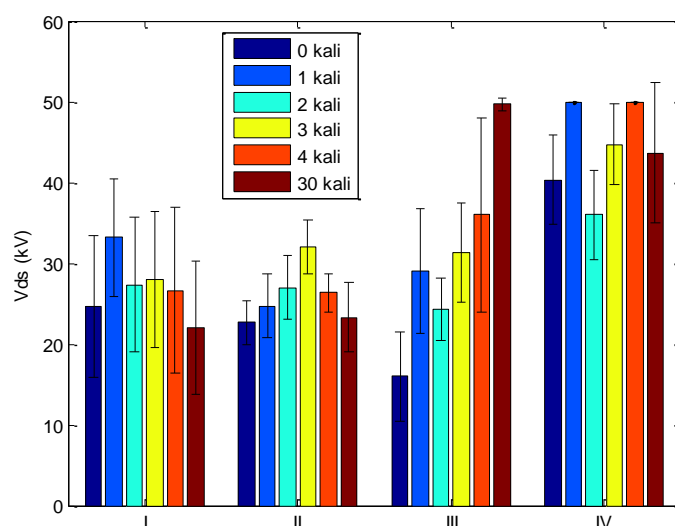
Metode destilasi dengan *solvent* yang tidak mudah menguap dan tidak larut dalam air digunakan untuk mengukur kandungan air (*water content*). Pengujian korosi *copperstrip* dilakukan dengan merendam tembaga

dalam sampel minyak dan memanaskannya pada suhu tertentu. Perubahan warna pada tembaga menunjukkan tingkat korosi. Pengujian kekentalan kinematik dilakukan dengan mengukur waktu aliran bahan dalam pipa kapiler viskosimeter akibat gaya gravitasi. Hasil kekentalan kinematik diperoleh dengan mengalikan waktu alir yang terukur dengan konstanta peneraan viskosimeter [8, 9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Sifat Listrik

Tujuan studi adalah untuk memperoleh data tentang tegangan dadal minyak goreng bekas dengan jumlah penggorengan yang berbeda. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanasan terhadap tegangan dadal minyak goreng bekas. Melalui proses penyaringan, diharapkan dapat memperoleh minyak goreng bekas dengan tegangan dadal yang lebih tinggi. Pengujian ini melibatkan variasi minyak goreng bekas berdasarkan jumlah penggunaan dalam proses penggorengan. Sampel yang diuji mencakup minyak dengan sedikit hingga banyak penggunaan. Pengujian pertama dilakukan tanpa perlakuan khusus terhadap minyak goreng bekas. Sebagai pembandingan, digunakan juga minyak goreng baru yang belum digunakan untuk menggoreng. Data pengujian ini menghasilkan perhitungan tegangan dadal dalam kondisi standar (1 atm, 20 °C) yang disajikan dalam grafik gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pengujian minyak goreng bekas I. tanpa penyaringan dan pemanasan, II. dengan penyaringan tanpa pemanasan, III. dengan dilakukan pemanasan tanpa penyaringan, dan IV. dengan dilakukan penyaringan dan pemanasan ($\delta = 0.95$, $t = 28^\circ\text{C}$, $b = 985$ mBar, dan $H = 76\%$)

Dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah penggorengan, tegangan dadal minyak akan semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh peningkatan jumlah karbon yang terlarut dalam minyak goreng akibat penggunaan yang lebih banyak. Karbon berperan sebagai bahan resistor, sehingga semakin tinggi kadar karbon, tegangan tembusnya akan semakin rendah. Hasil pengujian menunjukkan temuan menarik. Minyak yang telah digunakan untuk menggoreng ikan belut hingga 4 kali memiliki tegangan tembus yang lebih tinggi daripada minyak baru. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kadar air yang lebih tinggi pada minyak baru. Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih jelas tentang fenomena ini, diperlukan perlakuan lanjutan terhadap minyak.

Dicoba untuk melakukan perlakuan minyak dengan disaring agar terjadi pemurnian terhadap minyak goreng bekas dari tambahan bahan padat. Kertas saring yang digunakan adalah kertas saring whatman dengan ukuran 0.7 mikron. Dengan perlakuan ini diharapkan terjadi kenaikan tegangan tembus.

Dari Gambar 2 di atas dapat diketahui bahwa setelah dilakukan perbaikan karakteristik minyak goreng bekas dengan dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring semakin banyak jumlah penggorengan maka terjadi penurunan tegangan dadal. Jika dibandingkan antara minyak goreng yang belum disaring dengan minyak goreng yang sudah disaring diperoleh hasil yaitu dengan proses penyaringan ini ternyata minyak bekas penggorengan belut sampai 4 kali goreng masih memiliki tegangan tembus yang lebih tinggi dibanding dengan tegangan tembus minyak yang belum digunakan untuk menggoreng belut. Hal ini

kemungkinan terjadi karena kadar air yang masih tinggi pada minyak baru, untuk itu perlu perlakuan lanjutan terhadap minyak, yaitu dengan dipanaskan.

Pada pengujian minyak goreng bekas dengan dilakukan pemanasan tanpa penyaringan. Minyak dipanaskan pada suhu 70 °C, yang merupakan suhu kerja transformator. Pemanasan ini bertujuan supaya terjadi kenaikan tegangan tembus minyak, dengan proses pemanasan dapat mengurangi kandungan air yang masih tersisa didalam minyak tanpa mengurangi kandungan partikel-partikel sisa penggorengan. Selanjutnya masih Dari gambar 2 diatas dapat diketahui bahwa dengan pemanasan minyak goreng dihasilkan tegangan tembus yang sangat baik, mencapai angka 52.3 kV hal ini disebabkan karena ada partikel tertentu yang terlarut di dalam minyak yang berpengaruh positif terhadap kemampuan isolasi minyak.

Pada pengujian minyak goreng bekas dengan dilakukan pemanasan dan penyaringan, perlakuan minyak ini supaya terjadi kenaikan tegangan tembus. Dengan proses pemanasan dapat mengurangi kandungan air yang masih tersisa dan membersihkan partikel- partikel padat yang masih terkandung di dalam minyak dengan dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan tembus. Suhu yang digunakan pada pengujian ini adalah 70 °C. Dari data diatas dapat diketahui bahwa setelah dilakukan perlakuan terhadap minyak goreng bekas dengan dilakukan pemanasan dan penyaringan dihasilkan tegangan tembus yang lebih tinggi dibanding tanpa penyaringan.

Perbandingan antara pemanasan tanpa saring dengan pemanasan dan penyaringan disajikan sebagai berikut:

Dari penggabungan pengujian minyak goreng bekas dengan dilakukan pemanasan minyak tanpa saring dan pemanasan minyak dengan penyaringan dapat dilihat adanya perbedaan karakteristik antara minyak yang sudah disaring dengan minyak yang belum disaring. Semakin banyak minyak digunakan untuk menggoreng maka semakin tinggi tegangan gagalanya. Pada minyak yang sudah disaring tegangan dadal relatif stabil untuk jumlah goreng yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan pada minyak yang belum disaring semakin banyak minyak digunakan untuk menggoreng semakin banyak pula matrial tambahan yang tercampur dalam minyak. Tambahan material ini bereaksi positif terhadap pemanasan 70 °C.

Sementara pada minyak goreng yang sudah disaring material padat tambahan pada minyak akibat proses penggorengan relatif berkurang akibat proses penyaringan sehingga tegangan dadal relatif stabil untuk minyak goreng dengan jumlah goreng yang berbeda-beda.

Khusus untuk minyak dengan 30 kali penggorengan dengan dipanaskan tanpa penyaringan memiliki tegangan dadal yang lebih tinggi dari 30 kali dengan dipanaskan dan disaring.ositioning

3.2. Pengujian Sifat Kimia

Pengujian Kimia pada Minyak Goreng Bekas dilakukan pada minyak goreng bekas 30 kali penggorengan atau minyak yang tidak lagi digunakan dan dianggap limbah.

Pengujian kimia ini dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu metode ASTM D 445 untuk pengujian *kinematic viscosity* dengan suhu pemanasan 70 °C, metode ASTM D 130 untuk pengujian tingkat korosi pada pemanasan 100 °C, dan metode ASTM D 95 untuk pengujian kadar air. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian kimia minyak goreng bekas

No.	Jenis uji	Satuan	Hasil	Metode
1	Kinematic Viscosity at 70 ⁰ C	mm ²	16.54	IKU/445/TK-02/ASTM D 445
2	Copperstrip corosion 100 ⁰ C	-	1B	ASTM D 130
3	Water content	%vol.	0.25	ASTM D 95

Pengukuran *Kinematic Viscosity* (ASTM D-445) adalah salah satu pengukuran ciri-ciri fisik yang penting dari minyak pelumas, *Kinematic Viscosity* ini berhubungan dengan kekentalan atau merupakan salah satu persyaratan yang di tetapkan oleh SAE (Society of Automotive Engineers) atau ISO (International Organization for Standardization). Dari hasil pengukuran diatas diperoleh nilai *Kinematic Viscosity* adalah 16.54 mm²/s. Hasil tersebut masih dalam ambang batas aman (minyak pelumas SAE 5 s/d 50)

ASTM D-130 mengatur cara untuk mendeteksi tingkat korosi pada tembaga (corrosiveness to copper) dari produk-produk minyak bumi. Produk minyak bumi yang diatur oleh standar ini meliputi *aviation gasoline, aviation turbine fuel, automotive gasoline, natural gasoline* atau produk lainnya yang memiliki RVP tidak lebih besar dari 18 psi (124 kPa). Dari hasil pengujian diatas diperoleh 1B sesuai dengan gambar ASTM D alat ukur korosi belerang.

Penentuan *water content* metode ini digunakan untuk menentukan kandungan air dengan jalan destilasi dengan menggunakan bahan solven yang mudah menguap dan tidak larut dalam air. Metode yang digunakan mengacu pada standar ASTM D 95. Alat yang digunakan adalah still (terbuat dari logam atau gelas dengan kapasitas 500-1000 ml, pelumas, condenser, serta perangkap). Metode ini sangat cocok digunakan untuk berbagai macam bahan bitumen, tetapi bahan ini dapat juga digunakan terhadap minyak mentah, Ter dan produk minyak mentah seperti minyak bakar, minyak jalan, ter jalan dan aspal. Dari hasil pengujian diperoleh nilai 0.25% dari 600 ml sampel uji.

Dari penelitian yang pernah dilakukan oleh Tribawono pada tahun 2003 [6] didapatkan hasil kadar air minyak goreng sawit curah adalah 0.15%. Perbedaan hasil ini dimungkinkan karena kemungkinan ada perbedaan kondisi sampel dan kondisi lingkungan sampel saat pengujian.

Dengan melihat perbandingan nilai water konten antara penelitian ini dengan peneliti terdahulu dapat ditarik kesimpulan bahwa kadar air minyak sawit bekas penggorengan belut yang dipakai masih memiliki kadar air yang cukup tinggi, sehingga jika kemudian dilakukan proses perlakuan terhadap sampel yang dapat menurunkan kadar air maka kemungkinan besar akan bisa meningkatkan tegangan tembusnya.

Pada pengujian minyak goreng bekas, dilakukan beberapa perlakuan seperti tanpa penyaringan dan pemanasan, penyaringan tanpa pemanasan, pemanasan tanpa penyaringan, serta pemanasan dan penyaringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak minyak digunakan, tegangan gagalannya semakin rendah karena peningkatan karbon terlarut. Minyak yang digunakan untuk menggoreng belut hingga 4 kali memiliki tegangan tembus lebih tinggi daripada minyak baru karena kadar airnya yang lebih tinggi. Penyaringan tanpa pemanasan menghasilkan penurunan tegangan dadal, sementara pemanasan tanpa penyaringan menghasilkan tegangan tembus yang tinggi karena partikel terlarut dalam minyak. Pemanasan dan penyaringan meningkatkan tegangan tembus minyak goreng bekas.

Berdasarkan hasil pengukuran, minyak goreng bekas penggorengan belut memiliki kinematic viscosity sebesar 16.54 mm²/s, yang masih berada dalam batas aman yang ditetapkan oleh SAE dan ISO untuk minyak pelumas. Pengukuran korosi pada tembaga (corrosiveness to copper) menunjukkan nilai 1B sesuai dengan standar ASTM D, menunjukkan tingkat korosi yang rendah.

Pengukuran water content menunjukkan nilai sebesar 0.25% dari 600 ml sampel uji. Hasil ini menunjukkan bahwa minyak sawit bekas penggorengan belut memiliki kadar air yang cukup tinggi, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan kadar air sebesar 0.15%. Jika dilakukan perlakuan untuk mengurangi kadar air, dapat meningkatkan tegangan tembus minyak tersebut.

4. KESIMPULAN

Perlakuan pemanasan dan penyaringan meningkatkan tegangan tembus minyak goreng bekas, sedangkan penggunaan ulang minyak goreng yang lebih banyak akan menurunkan tegangan gagalannya.

Secara keseluruhan, minyak goreng bekas penggorengan ikan belut memiliki *kinematic viscosity* yang sesuai dengan standar, tingkat korosi yang rendah, namun memiliki kadar air yang cukup tinggi. Perlakuan untuk mengurangi kadar air dapat meningkatkan tegangan tembus minyak tersebut.

Ucapan terimakasih

Ucapan terimakasih untuk Prasetyohadi dan Daryadi pada Lab. Teknik Tegangan Tinggi, DTETI, UGM yang telah membantu dalam persiapan pengujian sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Martianto, M. Soekatri, K. Komari, Y. Heryatno, ES. Mudjajanto, S. Soekirman, "Possibility of Vitamin A Fortification on Cooking Oil in Indonesia, A Feasibility Analysis," *Koalisi Fortifikasi Indonesia*, 2005.
- [2] B. Amang, P. Simatupang, N. Syafa'at, "Ekonomi Minyak Goreng," Di dalam: Amang B et al., editor. *Ekonomi Minyak Goreng di Indonesia*, IPB Press, Bogor, 1996.
- [3] ES. Sunaryo dan A. Wibowo, "Peluang dan tantangan fortifikasi vitamin A pada minyak goreng," dalam Hardiansyah, Amalia dan B Setiawam (Eds). *Dalam Fortifikasi Tepung terigu dan minyak goreng (hlm 67-70) Bogor: pusat studi kebijakan pangan dan gizi IPB*, 2002.
- [4] PAS. Wijayanto, "Pengaruh Penambahan Karbon Dan Air Terhadap Tegangan Tembus Minyak Transformator Sebagai Bahan Isolasi Cair," Yogyakarta: *JTETI FT Universitas Gadjah Mada*, 2013.
- [5] H. Hayudiasto, "Peningkatan Kualitas Minyak Transformator Bekas," *JTETI FT Universitas Gadjah Mada*, 2015.
- [6] T. Tribawono, "Karakteristik Minyak Nabati. Sebagai Bahan Isolasi Cair," *JTETI FT Univ. Gajah. Mada*, vol. 1, pp. 56-63, 2003.
- [7] Y. Dui, A. V. Mamishe, B. C. Lesieutre, M. Zahn and S. H. Kang, "Moisture Solubility for Differently Conditioned Transformer Oils," *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 8, No. 5, October 2001

- [8] W. C. Andersen, A. I. Abdulagatov, and T. J. Bruno, "The ASTM Copper Strip Corrosion Test: Application to Propane with Carbonyl Sulfide and Hydrogen Sulfide," *Energy & Fuels*, vol. 17, pp. 120-126, 2003.
- [9] A. Hamdi, M. Djillali, and S. Boudraa, "Study of kinematic viscosity of mixture oils under thermal aging in power transformer," *Electrical Engineering* vol. 100, no. 1, December 2018, DOI:10.1007/s00202-018-0709-5