



ANALISIS PERBANDINGAN MINYAK KEMIRI DAN MINYAK ZAITUN SEBAGAI PENGGANTI MINYAK TRANSFORMATOR

Ariyani Djafar¹, Bagus Wijaya², Moh. Rafli A. Bolilio³, Ade Irawaty Tolango⁴, Lanto Mohamad Kamil Amali⁵

Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

ariyanidjafar2@gmail.com

Received: 13-04-2023

Accepted: 25-04-2023

Published: 05-05-2023

Abstract

Liquid insulation in high voltage equipment medium for equipment electricity. if the applied voltage exceeds the dielectric strength of the liquid insulation then a breakdown voltage will occur indicating insulation testing translucency on hazelnut oil and olive oil is intended to find out opportunities of hazelnut oil and olive oil as an alternative to transformer oil. this test is based on the IEC 156:1995 standard, which uses a half-sphere electrode measuring 50 mm with a distance of 2.5 mm. this test was also carried out using 3 experiments to obtain the value of the breakdown voltage. the final result was the value of the breakdown voltage of the oil hazelnut and olive oil under standard conditions according to IEC 156 of 4.08 kv/2.5 mm and 13.33 kv/2.5 mm. these values do not meet the SPLN 49-1:1982 standard, namely >30 kv/2.5 mm. but there is still a chance if phenol additives are added which can increase the breakdown voltage of insulating oil

Keywords: liquid insulation, transformer oil, hazelnut oil, olive oil

Abstrak

Isolasi cair pada peralatan tegangan tinggi digunakan sebagai media pendingin peralatan listrik. Apabila tegangan yang diterapkan melebihi kekuatan dielektrik isolasi cair maka akan terjadi tegangan tembus yang menandakan kegagalan isolasi. Pengujian tegangan tembus terhadap minyak kemiri dan minyak zaitun dimaksudkan untuk mengetahui peluang minyak kemiri dan minyak zaitun sebagai alternatif pengganti minyak transformator. Pengujian ini berlandaskan standard IEC 156:1995 yaitu menggunakan elektrode setengah bola-setengah bola berukuran 50 mm dengan jarak sela 2,5 mm. Pengujian ini juga dilakukan dengan menggunakan 3 kali percobaan untuk mendapatkan nilai tegangan tembus. Hasil akhirnya nilai tegangan tembus minyak kemiri dan minyak zaitun pada kondisi standar sesuai IEC 156 sebesar 4,08 kV/2,5 mm dan 13,33 kV/2,5 mm. Nilai ini belum memenuhi standar SPLN 49-1:1982 yaitu sebesar > 30 kV/2,5 mm. Tetapi masih memiliki peluang jika ditambahkan zat aditif fenol yang dapat menaikkan tegangan tembus minyak isolasi

Kata Kunci: isolasi cair, minyak transformator, minyak kemiri, minyak zaitun

Corresponding Author: Ariyani djafar

E-mail: ariyanidjafar2@gmail.com



PENDAHULUAN

Transformator merupakan suatu alat listrik statis yang dapat memindahkan dan mengubah tegangan dan arus bolak-balik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain dengan nilai yang sama maupun berbeda besarnya pada frekuensi yang sama, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. transformator paling umum digunakan untuk meningkatkan tegangan AC rendah pada arus tinggi (transformator step-up) atau

mengurangi voltase AC tinggi pada arus rendah (transformator step-down) dalam aplikasi tenaga listrik, dan untuk menyambungkan tahapan sirkuit pemrosesan sinyal. Transformator juga dapat digunakan untuk isolasi, di mana tegangan sama dengan tegangan keluar, dengan kumparan terpisah tidak terikat secara elektrik satu sama lain.

Salah satu bagian penting dari transformator adalah minyak transformator. Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang dipergunakan sebagai isolasi dan pendingin pada transformator, dimana ada dua bagian yang secara aktif membangkitkan panas yaitu kumparan (tembaga) dan inti (besi). Jika transformator tidak diberi pendingin, kumparan dan inti dapat mencapai suhu yang terlalu tinggi sehingga bahan isolasi yang ada pada kumparan (kertas isolasi) akan menjadi rusak. Minyak isolasi berfungsi sebagai bahan pendingin yang menyalurkan panas ke sirip-sirip transformator serta sebagai pemadam busur api apabila terjadi percikan-percikan dalam belitan transformator. minyak isolasi terbagi atas dua jenis yaitu minyak isolasi dari olahan minyak bumi yang saat ini banyak digunakan dan minyak isolasi dari minyak tumbuh-tumbuhan atau disebut minyak zaitun (minyak organik) yang saat ini banyak diteliti.

Persyaratan umum suatu bahan dapat dijadikan minyak transformator adalah ketahanan isolasi harus tinggi ($>10\text{ kV/mm}$), tegangan tembus ($30\text{ kV}/2,5\text{ mm}$), konstanta dielektrik ($2,2 \pm 2,3$), resistivitas ($10^{12} \pm 10^{13}\text{ m}$), titik tuang ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ppm) dan titik nyala (140°C ppm), berat jenis harus kecil, sehingga partikel-partikel didalam minyak dapat mengendap dengan cepat, penyaluran panas yang terbaik, titik nyala yang tinggi, tidak mudah menguap yang dapat membahayakan, sifat kimia yang stabil. Beberapa aspek yang menyebabkan minyak kemiri sunan dapat dijadikan sebagai alternatif minyak transformator adalah:

1. karakteristik, minyak kemiri memenuhi dua dari beberapa persyaratan minyak isolasi transformator yaitu titik tuang dan titik nyala. Dan aspek karakteristik minyak zaitun memenuhi beberapa persyaratan minyak isolasi transformator yaitu tegangan tebus dan titik tuang
2. Aspek produktif dan ekonomis pohon kemiri memiliki produktivitas yang tinggi dalam menghasilkan minyak dibandingkan minyak nabati (minyak zaitun, minyak kepala sawit dll) dan minyak ini lebih murah dibandingkan dengan harga bindiensek pasaran, sedangkan minyak zaitun itu memiliki produktivitas yang sedikit langka sehingga agak mahal dengan harga bindiensek pasaran.

Dengan mempertimbangkan faktor karakteristik dan ketersediaan, salah satu jenis minyak nabati yang dapat diteliti dan dikembangkan sebagai alternatif minyak isolasi di Indonesia adalah minyak kemiri dan minyak zaitun. Minyak kemiri diunggulkan dari minyak nabati lainnya dari aspek produktivitas dan ekonomis. Hal ini dikarenakan dari setiap satu hektar (ha) tanaman kemiri bisa diperoleh 10 ton minyak kasar/tahun. Kemiri dapat dijadikan sebagai tanaman konservasi termasuk pada lahan bekas tambang (reklamasi pasca tambang) karena pohon kemiri sunan tidak memerlukan air yang banyak (cocok ditanam pada lahan kritis) dan sangat rimbun sehingga suhu dibawahnya itu dapat menjadi lebih rendah 11 derajat. Perhitungan nilai ekonomi dilakukan dengan mengasumsikan 1 liter biodiesel dihasilkan dari 2,5 kg biji kering dengan harga Rp.750 - Rp.1.250 dan harga pengolahan Rp.1.750 per liter menghasilkan keuntungan sekitar Rp.1.300 - Rp.4.000 per liter apabila dibandingkan dengan harga solar Rp.4.300 - Rp.7.000/liter.

Minyak zaitun adalah minyak yang diperoleh dengan pemerasan biji masak buah zaitun. minyak zaitun dianggap sebagai minyak yang sehat karena mengandung lemak tak jenuh yang tinggi minyak zaitun terdiri dari campuran 80% asam lemak tak jenuh dan 20% asam lemak jenuh

asam lemak utama pada minyak zaitun adalah asam oleat dan berpotensi untuk diubah menjadi senyawa metil ester asam lemak (FAME) yang merupakan bahan baku berbagai macam industri, misalnya emulsifier, polimer dan biodiesel.

Metode untuk mengevaluasi karakteristik standar minyak isolasi yang menjamin kualitas dan umur teknis minyak isolasi beberapa diantaranya. memiliki sifat saling mempengaruhi parameter minyak isolasi yang paling penting meliputi tegangan tembus, permitivitas, faktor disipasi, kandungan air dan stabilitas

METODE PENELITIAN

Mekanisme Kegagalan Pada Isolasi Cair

Kekuatan Dielektrik

Suatu dielektrik tidak mempunyai elektron-elektron bebas. Jika suatu dielektrik ditempatkan diantara dua elektrode kemudian elektrode tersebut diberi tegangan, maka akan timbul medan listrik di dalam dielektrik. Beban yang dipikul dielektrik disebut juga terpaan medan listrik. Setiap dielektrik mempunyai batas kekuatan untuk memikul terpaan listrik. Jika terpaan listrik yang dipikulnya melebihi batas tersebut dan terpaan berlangsung lama, maka dielektrik akan menghantar arus atau gagal melaksanakan fungsinya sebagai isolator. Dalam hal ini dielektrik mengalami tembus listrik

Teori Kegagalan Isolasi Cair

Karakteristik isolasi cair akan berubah jika terjadi ketidakmurnian di dalamnya. Hal ini akan mempercepat terjadinya proses kegagalan. Teori kegagalan zat isolasi cair dapat dibagi menjadi empat jenis sebagai berikut:

a. Teori kegagalan zat murni atau elektronik

Teori ini merupakan perluasan teori kegagalan dalam gas, artinya proses kegagalan yang terjadi dalam zat cair dianggap serupa dengan yang terjadi dalam gas. Oleh karena itu supaya terjadi kegagalan diperlukan elektron awal yang dimasukkan ke dalam zat cair.

b. Teori kegagalan gelembung gas

Kegagalan gelembung atau kavitasi merupakan bentuk kegagalan yang disebabkan oleh adanya gelembung-gelembung gas didalam isolasi cair. Hal ini disebabkan karena gelembung-gelembung tersebut berusaha membuat energi potensialnya minimum.

c. Teori kegagalan bola cair

Jika suatu zat isolasi mengandung sebuah bola cair dari jenis cairan lain, maka dapat terjadi kegagalan akibat ketidakstabilan bola cair tersebut dalam medan listrik setelah menjadi tidak stabil bola air akan memanjang, dan bila Panjangnya telah mencapai dua pertiga celah elektroda maka saluran-saluran lucutan akan timbul sehingga kemudian kegagalan total akan terjadi.

d. Teori kegagalan tak murnian padat

Kegagalan tak murnian padat adalah jenis kegagalan yang disebabkan oleh adanya butiran zat padat (partikel) di dalam isolasi cair yang akan memulai terjadi kegagalan.

Kekuatan Kegagalan

Teori-teori yang membahas tentang kegagalan zat cair tidak memperhitungkan hubungan antara panjang ruang celah (sela) dengan besarnya tegangan gagal atau breakdown. Teori-teori tersebut hanya membahas tentang tegangan gagal maksimum yang dapat dicapai. Meskipun demikian, dari teori-teori tersebut dapat ditarik suatu persamaan baru yang berisi komponen panjang ruang celah dan komponen tegangan gagal pada benda cair, yaitu $V_b = A \cdot d \cdot n$

Standardisasi Pengujian Isolasi Cair

Prosedur Pengujian

Beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum melakukan pengujian tegangan isolasi cair menurut IEC 156:1995 antara lain:

a. Persiapan sampel

Sebelum mengisi kotak uji, sampel harus dikocok berulang kali secara lembut untuk memastikan adanya homogenisasi kontaminan cairan tanpa menimbulkan gelembung udara pada cairan udara yang tidak diperlukan sedapat mungkin dihindarkan.

b. Pengisian kotak uji

Sebelum pengujian kotak, dinding-dindingnya, elektroda dan komponen lainnya dalam kondisi bersih sampel dituangkan ke dalam kotak uji secara perlahan untuk menghindari terjadinya gelembung-gelembung udara

c. Pencatatan data

Percobaan tembus dilakukan sebanyak 3 kali dengan kotak uji yang sama dengan jeda sekurang-kurangnya 2 menit dari setiap pengujian baru.

d. Laporan

Data yang dimasukkan dalam laporan adalah hasil dari rata-rata

Tegangan Tembus Isolasi Cair

Menurut standard SPLN 49-1 tegangan tembus yang harus dipenuhi untuk minyak isolasi beku adalah $\geq 30 \text{ kv}/2,5 \text{ mm}$

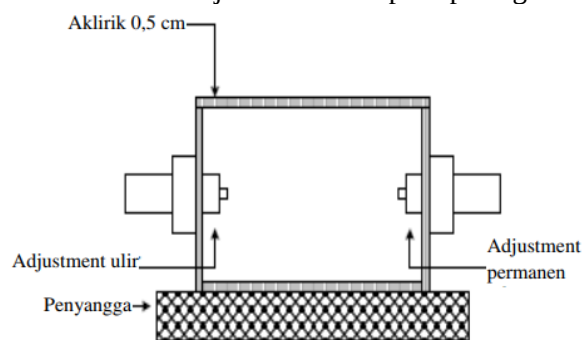
HASIL DAN PEMBAHASAN

Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan meliputi kit pembangkit tegangan tinggi ac, elektroda uji, kotak uji dan minyak kemiri dan minyak zaitun

Kotak Uji Horizontal

Kotak uji adalah sebagai sebuah sistem yang berkaitan dengan kerja tertentu dalam ruang tertutup kotak uji terbuat dari bahan plastik akrilik dengan ketebalan 4 mm pada pengujian ini kotak uji yang dipakai adalah kotak uji horizontal seperti pada gambar berikut:



Gambar 1. kotak uji horizontal

Elektroda Setengah Bola

Elektroda setengah bola yang digunakan untuk pengujian ini mempunyai diameter 50 mm yang sesuai dengan standard IEC 156:1995

Urutan Pengujian

Urutan pengujian isolasi cair adalah sebagai berikut:

1. Sampel minyak kemiri dan minyak zaitun yang akan di uji terlebih dahulu disaring untuk menghilangkan partikel padat, kemudian dipanaskan sampai suhu 50°C untuk menghilangkan uap air yang terkandung dalam minyak tersebut
2. Setelah mencapai suhu tersebut minyak didinginkan kembali sampai suhu ruang 26-30°C saat pendinginan minyak ditutup dengan kertas saring sebelum minyak dituangkan, kotak uji dalam keadaan bersih dan kering
3. Pada saat menuang minyak ke dalam kotak uji harus berhati-hati agar tidak menimbulkan gelembung gas dalam minyak.
4. Banyaknya minyak harus sedemikian rupa sehingga tingginya di atas pincak elektroda lebih dari 20 mm atau 40 mm dari sumbu electrode
5. Kemudian minyak dibiarkan 10 menit untuk menghilangkan gelembung gas yang masih mungkin terjadi saat pengisian minyak ke dalam kotak uji
6. Hipotronics pada kondisi on kemudian tombol start ditekan, maka tegangan akan naik secara otomatis 2 kv/detik (auto test)
7. Apabila tombol fail/reset sudah berwarna merah maka angka yang tertera pada alat ukur adalah tegangan tembus
8. Setelah terjadi tembus listrik, minyak di dalam kotak uji diaduk secara otomatis dengan suatu tangkai tipis untuk menghilangkan gelembung gas yang timbul saat terjadi tembus listrik
9. Selanjutnya apabila data sudah dicatat, tombol fail/reset ditekan dan selang 2 menit pengujian diulang kembali sampai dengan tiga kali pengujian
10. Tegangan tembus dari ketiga pengujian dijumlahkan untuk mendapatkan tegangan tembus rata-rata

Variasi Pengujian

Percobaan variasi pengujian selanjutnya diperlukan untuk mengetahui apakah minyak kemiri dan minyak zaitun bisa menggantikan minyak transformator

Perencanaan Tahapan Pengujian

Pengujian tegangan tembus minyak kemiri dan minyak zaitun dilaksanakan dalam 1 tahap tapi 3 kali membacakan data dengan menggunakan alat hipotronics

1. Tahap 1, pengujian dengan menggunakan variasi isolasi cair minyak kemiri dan minyak zaitun, electrode yang digunakan adalah electrode setengah bola dengan diameter 50 mm. posisi pengujian secara horizontal dengan jarak sela 2,5 mm. pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan selang waktu 2 menit setiap pengujian data yang dimasukkan dalam laporan dalam laporan adalah nilai rata-rata dari 3 kali percobaan yang sudah dilakukan

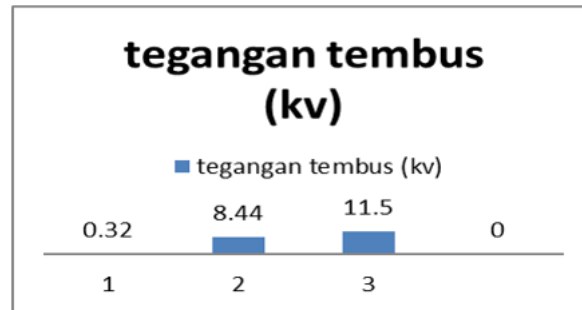
Pengujian dilakukan pada tanggal 29 maret 2023 di lab tegangan tinggi di kampus universitas negeri gorontalo

Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian diperlihatkan Pada tabel 1 dan gambar 1 pada halaman berikut dengan rata-rata tegangan tembus 4,08 kv hasil pengujian kedua diperlihatkan pada tabel 2 dan gambar 2 pada halaman berikut, dengan rata-rata nilai tegangan tembus 13,33

Tabel 1. pengujian minyak kemiri	
Percobaan ke	Tegangan tembus (kv)
1	00,32

2	08,44
3	11,50

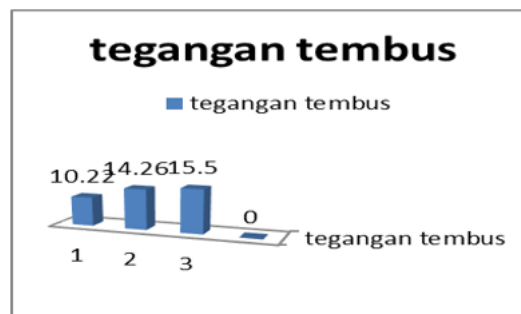


Gambar 1. grafik pengujian minyak kemiri

Hasil pengujian minyak kemiri diperlihatkan pada tabel 1 dan gambar 1 dengan nilai rata-rata tegangan tembus 4,08/2,5 mm.

Tabel 2 pengujian minyak zaitun

Percobaan ke	Tegangan tembus (kv)
1	10,22
2	14,26
3	15,50



Gambar 2. grafik pengujian minyak zaitun

Hasil pengujian minyak zaitun diperlihatkan pada tabel 2 dan gambar 2 dengan nilai rata-rata tegangan tembus 13,33/2,5 mm.

Analisis Kelayakan Minyak Kemiri Dan Minyak Zaitun Sebagai Alternative Pengganti Minyak Transformator

Menurut IEC 156, pengujian tegangan tembus isolasi cair pada kondisi standar dilakukan dengan sepasang electrode setengah bola diameter 50 mm dengan jarak sela 2,5 mm. selanjutnya SPLN 49-1 menyebutkan bahwa tegangan tembus yang harus dipenuhi untuk spesifikasi minyak isolasi baru adalah $\geq 30 \text{ kv} / 2,5 \text{ mm}$. berdasarkan hasil pengujian kondisi standar (menurut IEC 156) yang dilakukan pada minyak kemiri dan minyak zaitun didapat nilai tegangan tembus sebesar 4,08 kv untuk minyak kemiri dan 13,33 kv minyak zaitun pada jarak sela 2,5 mm sehingga masih jauh dibawah standar SPLN 49-1 untuk memenuhi persyaratan alternative isolasi cair sebagai pengganti minyak transformator. standar NESC (national electrical safety code) tahun 1990 menyatakan untuk tegangan kerja 2,4 kv batas tegangan tembus yang ditanggung

sebesar 20 kv dan untuk tegangan kerja 6,9 kv batas tegangan tembusnya 39 kv .berdasarkan standar tersebut maka minyak kemiri dan minyak zaitun yang di uji tidak memenuhi persyaratan untuk dipakai sebagai minyak isolasi transformator.

Nilai tegangan tembus minyak kemiri dan minyak zaitun ini lebih rendah dari standard SPLN 49-1 yaitu $\geq 30 \text{ kv} / 2,5 \text{ mm}$.tetapi penelitian ini masih memiliki peluang untuk dilanjutkan jika ditambahkan sebuah katalis zat adiftif untuk meningkatkan ketahanan listrik minyak transformator .karena secara analisis kimia ketahanan listrik suatu minyak transformator dapat menurun akibat adanya pengaruh asam dan pengaruh tercampurnya minyak dengan air.untuk menetralsir keasaman suatu minyak transformator dapat digunakan potas hidroksida (KOH) .sedangkan untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam minyak tersebut tersebut yaitu dengan cara memberikn suatu bahan higroskopis yaitu silica gel.

Saat Sebelum Terjadi Tegangan Tembus

Proses sebelum terjadi tegangan tembus dimulai dari menaikkan tegangan uji secara tertahap dari tegangan rendah sampai mendekat tegangan tembus dalam konsidi mendekati nilai tegangan tembus suara mendesiss, hal ini terjadi karena adanya tekanan yang terus menerus dan semakin besar pada minyak isolasi

Saat Terjadi Tegangan Tembus

Pada saat terjadi tegangan tembus terjadi lucutan di antara kedua elektroda tersebut lucutan ini terdiri dari unsur-unsur sebagai berikut:

1. Aliran listrik yang besarnya ditentukan oleh karakteristik rangkaian
2. Lintasan cahaya yang cerah yang bergerak dari satu electrode ke electrode lainny
3. Pembentukan lubang pada electrode
4. Tekanan impulsive dalam zat cair disertai ledakan
5. Saat sesudah terjadi tegangan tembus

Kondisi sesudah terjadi tegangan tembus, timbul gelembung gas dank abut hitas(arang)pada minyak isolasi.hal ini disebabkan oleh:

1. Permukaan electrode tidak rata, sehingga terdapat kantong-kantong udara di permukaannya.
2. Terjadinya tabrakan electron saat terjadi tegangan tembus, segingga muncul produk-produk baru baru berupa gelembung gas atau arang
3. Terjadi penguapan cairan karena lucutan pada bagian-bagian electrode yang tajam dan tak teratur
4. Terjadi perubahan suhu dan tekanan terhadap zat cair.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran tegangan tembus minyak kemiri dan minyak zaitun menggunakan varaisi electrode setengah bola dalam posisi horizontal dengan menggunakan alat hipotronics di lab tegangan tinggi di kampus 1 unversitas negeri gorontalo maka disimpulkan sebagai berikut: Nilai tegangan tembus pada minyak kemiri dan minyak zaitun pada pengujian menurut IEC 156:1995 sebesar 4,08 kv/2,5 mm minyak kemiri dan 13,33 kv/2,5 mm minyak zaitun. Nilai tegnagan tembus pada minyak kemiri menurun dibandingkan dengan minyak zaitun. Pada saat sebelum mengalami tembus listrik fenomena yang terjadi berupa suara mendesis akibat tekanan karena tumbukan wlwkreon fenomena saat terjadi tegangan tembus listrik muncul kilatan cahaya daln gelembung gas yang naik ke atas, kemudian setelah terjadi tembus listrik timbul kabut hitam (arang) di antara sela electrode. Hasil pengujian kondisi standard (menurut IEC 156) yang dilakukan pada minyak kemiri didapat nilai tegangan tembus sebesar 4,08 kv/2,5 mm dan minyak

zaitun didapat nilai sebesar 13,33 kv/2,5 mm sehingga masih dibawah standard SPLN 49-1 yaitu sebesar ≥ 30 kv/2,5 mm untuk memenuhi persyaratan alternative isolasi cair.

DAFTAR PUSTAKA

- Harief Taufik Kurahman & Syamsir Abduh, Studi Tegangan Tembus Minyak Kemiri Sunan Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Transformator Daya, 2016, Jetri, 13(2), 11-28
- Syamsir Abduh, Teori Kegagalan Isolasi, Jakarta: Universitas Trisakti, 2003, Perusahaan Umum Listrik Negara. Specification For New Insulating Oils For Transformers And Switchgear'. SPLN 49-1. 1982.
- Gema Romadhona, Prof. Dr. Ir. T. Haryono, M. Sc, Karakteristik Minyak Zaitun (Olive Oil) Dan Minyak Goreng Kelapa Sawit Sebagai Minyak Untuk Transformator, 2014, Yogyakarta
- Agung Sukma Hardana, Syamsir Abduh, Tyas Kartika, "Analisis Laju Penuan Kertas Menggunakan Ester Based Oil, Pada Transformator Ramah Lingkungan," 2022, Jetri, 28-44
- Sujatmiko, Bagus Mitra, Karakteristik Fisik Dan Elektris Minyak Zaitun Sebagai Alternatif Minyak Isolasi Pada Transformator, 2016, Sarjana Thesis, Universitas Brawijaya
- Samsurizal, Andi Makkulau, Siti Amaliatu Zahra, Studi Pengujian Karakteristik Minyak Nabati Terhadap Tegangan Tembus Sebagai Alternatif Pengganti Minyak Trafo, 2022
- RB. Moch. Gozali, Gustie Riki Kartiko Anggara, Supriyadi Prasetyono, "Analisis Karakteristik Dielektrik Berbagai Minyak Nabati Sebagai Alternatif Isolasi Cair Untuk Transformator Tenaga", No 8 Vol 1, 2022
- Eri Suherman, M Akbar, "Analisis Karakteristik Minyak Transformator Starlite 400 Kva Terhadap Tegangan Tembus", 2020, JTS