

MINYAK INSULASI BERBASIS RBDPO DENGAN ADITIF ZINK FERIT TERDOPING Cu ($\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) UNTUK APLIKASI MINYAK TRANSFORMATOR

MUHAMMAD WILDAN ATAULLAH



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Minyak Insulasi Berbasis RBDPO dengan Aditif Zink Ferit Terdoping Cu ($\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) untuk Aplikasi Minyak Transformator” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2026

Muhammad Wildan Ataullah
G4401221083

ABSTRAK

MUHAMMAD WILDAN ATAULLAH. Minyak Insulasi Berbasis RBDPO dengan Aditif Zink Ferit Terdoping Cu ($\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) Untuk Aplikasi Minyak Transformator. Dibimbing oleh MOHAMMAD KHOTIB dan HENNY PURWANINGSIH.

Minyak insulasi berbasis minyak nabati berpotensi menjadi alternatif minyak mineral yang lebih ramah lingkungan untuk aplikasi transformator. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh partikel zink ferit terdoping Cu ($\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) pada mutu minyak insulasi berbasis *refined*, *bleached*, and *deodorized palm oil* (RBDPO). Partikel disintesis dengan metode kopresipitasi pada ragam nisbah Cu 0,1:0,9; 0,2:0,8; dan 0,3:0,7, kemudian didispersikan ke dalam RBDPO pada konsentrasi 3, 5, dan 7 ppm. Hasilnya menunjukkan terbentuknya fase spinel kubik ZnFe_2O_4 . Tambahan partikel meningkatkan tegangan tembus minyak insulasi dibandingkan minyak dasar. Kinerja terbaik diperoleh pada nisbah Cu 0,1:0,9 dan konsentrasi 7 ppm dengan tegangan tembus 68,34 kV. Semua sampel memenuhi persyaratan densitas dan viskositas IEC 62270, meskipun kadar air masih berada di atas batas yang direkomendasikan. Temuan ini menunjukkan bahwa $\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ berpotensi digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan kinerja dielektrik minyak insulasi berbasis RBDPO.

Kata kunci: minyak insulasi, RBDPO, tegangan tembus, zink ferit

ABSTRACT

MUHAMMAD WILDAN ATAULLAH. RBDPO-Based Insulating Oil with Cu-Doped Zinc Ferrite ($\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) Additive for Transformer Oil Applications. Supervised by MOHAMMAD KHOTIB and HENNY PURWANINGSIH.

Vegetable oil-based insulating fluids offer an environmentally friendly alternative to mineral transformer oils. This study evaluated the effect of Cu-doped zinc ferrite ($\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) particles on the properties of refined, bleached, and deodorized palm oil (RBDPO)-based insulating oil. Particles were synthesized by coprecipitation using various Cu ratios of 0.1:0.9, 0.2:0.8, and 0.3:0.7, and dispersed into RBDPO at concentrations of 3, 5, and 7 ppm. The results confirmed the formation of the cubic spinel ZnFe_2O_4 phase. Particle addition improved the breakdown voltage of the insulating oil compared with the base oil. The best performance was obtained at a Cu ratio of 0.1:0.9 and a concentration of 7 ppm, yielding a breakdown voltage of 68.34 kV. All samples satisfied IEC 62270 requirements for density and viscosity, although moisture content remained above the recommended limit. These findings demonstrate the potential of $\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$ particles as dielectric performance-enhancing additives for RBDPO-based insulating oil.

Keywords: breakdown voltage, insulating oil, RBDPO, zinc ferrite



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

MINYAK INSULASI BERBASIS RBDPO DENGAN ADITIF ZINK FERIT TERDOPING Cu ($\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) UNTUK APLIKASI MINYAK TRANSFORMATOR

MUHAMMAD WILDAN ATAULLAH

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Kimia

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

- 1 Dr. Tetty Kemala, M.Si.
- 2 Prof. Dr. Dra. Purwantiningsih, M.S.
- 3 Prof. Dr. Dra. Eti Rohaeti, M.S.



Judul Skripsi : Minyak Insulasi Berbasis RBDPO Dengan Aditif Zink Ferit
Terdoping Cu ($\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) Untuk Aplikasi Minyak
Transformator

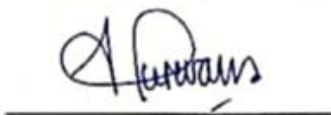
Nama : Muhammad Wildan Ataullah
NIM : G4401221083

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Mohammad Khotib, S.Si., M.Si.



Pembimbing 2:
Dr. Henny Purwaningsih, S.Si., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Departemen
Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini, M.Sc.Agr.
NIP. 196707301991032001



Tanggal Ujian: 13 Juli 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2026 sampai bulan April 2026 ini ialah Minyak Insulasi Transformator, dengan judul “Minyak Insulasi Berbasis RBDPO dengan Aditif Zink Ferit Terdoping Cu ($\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$) untuk Aplikasi Minyak Transformator”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Mohammad Khotib, S.Si., M.Si. dan Dr. Henny Purwaningsih, S.Si., M.Si yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Febryo, Dina, Adzifa, Wisnu, Arif, Adit, Dafa, Alwi, Alif, Latif, Fajrian, Rafael, Ergi, Lutfita, serta teman-teman yang melaksanakan penelitian di Laboratorium Kimia Fisik yang telah membantu proses pengumpulan data penelitian serta pengolahannya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2026

Muhammad Wildan Ataullah



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	i
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II METODE	3
2.1 Waktu dan Tempat	3
2.2 Alat dan Bahan	3
2.3 Prosedur Kerja	3
2.4 Analisis Data	6
III HASIL DAN PEMBAHASAN	7
3.1 Partikel Zink Ferit Terdoping Cu	7
3.2 Karakteristik Fase dan Ukuran Partikel Zink Ferit Terdoping Cu	8
3.3 Spesifikasi Mutu Fisik Minyak Insulasi Berbasis RBDPO + $\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$	13
3.4 Spesifikasi Mutu Kimia Minyak Insulasi Berbasis RBDPO + $\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$	17
3.5 Spesifikasi Mutu Dielektrik Minyak Insulasi Berbasis RBDPO + $\text{Cu}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Fe}_2\text{O}_4$	20
SIMPULAN DAN SARAN	25
3.6 Simpulan	25
3.7 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN	30
RIWAYAT HIDUP	54