

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS BESAR KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN PADA  
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DENGAN METODE KOMPONEN  
SIMETRIS**

**Disusun dan diajukan untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar  
Sarjana Teknik**

**Oleh:**

**NADHIF IQBAL RAMADHAN**

**NIM: 2019210016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

**2025**

## LEMBAR PERNYATAAN

### LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nadhif Iqbal Ramadhan

NIM : 2019210016

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Elektro

Judul Tugas Akhir : "ANALISIS BESAR KETIDAKSEIMBANGAN  
TEGANGAN PADA TRANSFORMATOR  
DISTRIBUSI DENGAN METODE KOMPONEN  
SIMETRIS"

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya susun, dibawah bimbingan Bapak Ir. Eri Suherman, ST, MT. tidak merupakan tiruan skripsi atau tugas akhir orang lain, seluruh isi tugas akhir ini menjadi tanggung jawab saya pribadi. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya di Jakarta pada tanggal 13 Februari 2025.

Jakarta, 13 Februari 2025



Nadhif Iqbal Ramadhan

# LEMBAR PENGESAHAN

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul:

**ANALISIS BESAR KETIDAKSEIMBANGAN TEGANGAN PADA  
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DENGAN METODE KOMPONEN  
SIMETRIS**

Disusun oleh:

**NADHIF IQBAL RAMADHAN**


**2019210016**

Telah diterima dan disahkan untuk memenuhi persyaratan meraih gelar Sarjana  
Teknik Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro  
Universitas Darma Persada

Mengetahui:

Diperiksa dan disetujui,  
Pembimbing Tugas Akhir

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



**Ir. Eri Suherman, MT**  
NIDN: 0320115801



**Ir. Yendi Esve, ST, Msi**  
NIDN: 0314076802

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

**2025**

## ABSTRAK

Ketidakseimbangan tegangan pada transformator distribusi dapat mempengaruhi kinerja sistem tenaga listrik, seperti menurunkan efisiensi, mempercepat kerusakan peralatan, dan meningkatkan rugi daya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat ketidakseimbangan tegangan pada sisi sekunder transformator distribusi menggunakan metode komponen simetris. Data yang digunakan berupa pengukuran tegangan fasa di sisi sekunder transformator distribusi 20 kV pada berbagai kondisi beban.

Metode yang diterapkan melibatkan pemisahan komponen tegangan menjadi komponen urutan nol, positif dan negatif. Hasil perhitungan selama 6 hari, dalam 1 hari menunjukkan bahwa ketidakseimbangan tegangan pada transformator distribusi terkecil terjadi pada tanggal 07-02-2024 pukul 00.00 – 18.00 saat periode waktu beban LWBP sebesar 0.2142% serta bentuk polar  $V_0$  sebesar  $0.84 \angle -55.28^\circ$ ,  $V_1$  sebesar  $395.104 \angle 0.000001474^\circ$ , dan  $V_2$  sebesar  $0.85 \angle 54.96^\circ$  dan ketidakseimbangan tegangan transformator distribusi terbesar terjadi pada tanggal 08-02-2024 pukul 18.00 – 23.00 saat periode waktu beban WBP 0.2621% serta bentuk  $V_0$  sebesar  $1.04 \angle -55.22^\circ$ ,  $V_1$  sebesar  $398.108 \angle 0.000001804^\circ$ , dan  $V_2$  sebesar  $1.04 \angle 54.96^\circ$ , di mana nilai tersebut masih sesuai dengan standar SPLN D5.004-1:2012 yaitu 2%.

Kata Kunci: *Ketidakseimbangan Tegangan, Transformator Distribusi, Metode Komponen Simetris, SPLN D5.004-1:2012.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Besar Ketidakseimbangan Tegangan Pada Transformator Distribusi Dengan Metode Komponen Simetris”. Penelitian Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai kelulusan Strata Satu (S1). Selama penyusunan laporan kerja Tugas Akhir ini, penulis mendapat banyak bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis.
2. Kedua orang tua penulis yang paling berjasa dalam hidup penulis, Ayah Suhaeri dan Mamah Ati Kusmiati. Terima kasih sebesar – besarnya atas pengorbanan, dukungan, serta doa yang telah di langitkan sehingga penulis bisa menyelesaikan studinya. Gelar sarjana ini penulis persembahkan untuk ayah dan mamah, semoga ayah dan mamah selalu diberi kesehatan, diangkat semua penyakitnya, selalu dalam lindungan Allah SWT, dan semoga ayah dan mamah bisa melihat anaknya ini sukses dalam hidupnya.
3. Bapak Ir. Yendi Esye, Msi selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Darma Persada.
4. Bapak Ir. Eri Suherman, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang selalu memberikan masukan dan penjelasan serta telah meluangkan waktu untuk penulis selama penulisan laporan Tugas Akhir.
5. Bapak Andi Sopian, A.Md.T selaku paman penulis. Terimakasih atas segala bantuan, dukungan, serta kesempatan yang telah diberikan kepada penulis. Kesediaan untuk tempat tinggal serta kesempatan kerja praktek yang sangat berharga telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis. Semoga kebaikan omndi mendapatkan balasan yang berlipat dan semoga omndi selalu diberikan kesehatan.
6. Maajid Zainul Arifin, S.Ikom dan Raja Sahalatu Siregar yang telah meluangkan waktu untuk hadir selepas sidang skripsi penulis.

7. Muhammad Boris Febriansyah, S.T yang telah membantu memberikan data untuk menyelesaikan skripsi, serta telah hadir saat sidang skripsi penulis.
8. Muhammad Abrory, S.T yang telah menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik penulis. Meskipun telah lebih dulu menyelesaikan studi, kehadiran dan dukunganmu tidak pernah berkurang. Terima kasih selalu menemani penulis dari awal skripsi sampai skripsi ini selesai, bahkan di setiap fase sulit, mendengar keluh kesah, serta terus memberi semangat ketika penulis mulai meragukan dirinya sendiri. Kehadiranmu di setiap sidang hingga sidang akhir bukan hanya bentuk dukungan, tetapi pengingat bahwa perjuangan ini tidak saya lalui sendirian. Sukses selalu, lanjutin perjalanannya, doa penulis selalu menyertaimu bro.
9. Untuk diri sendiri, Nadhif Iqbal Ramadhan, S.T terimakasih telah bertahan sejauh ini. Terimakasih telah melewati malam – malam panjang yang terkadang penuh tekanan, rasa lelah, dan tetap melangkah meskipun terkadang ngerasa ragu. Perjalanan ini tidak mudah, terimakasih karena tidak menyerah untuk terus berjuang menyelesaikan studi. Skripsi ini bukan hanya tentang menyelesaikan studi, tetapi juga tentang membuktikan bahwa diri ini mampu melewati Batasan yang dulu terasa mustahil. Semoga ini menjadi awal perjalanan yang lebih besar, dan semoga di masa depan, diri ini selalu mengingat bahwa segala sesuatu bisa dicapai selama masih ada kemauan untuk berjuang.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun agar dapat memperbaiki kesalahan dikemudian hari. Akhir kata, penulis berharap agar penyusunan dan penulisan laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pihak yang terkait.

Jakarta, 13 Februari 2025

Nadhif Iqbal Ramadhan

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	2
1.6 Metodologi Penelitian .....	3
1.7 Skematik Penulisan.....	3
BAB II TRANSFORMATOR DAN KOMPONEN SIMETRIS .....	5
2.1 Transformator .....	5
2.2 Transformator Tiga Fasa .....	5
2.3 Konstruksi Transformator Tiga Fasa .....	7
2.3.1 Inti Besi Transformator .....	7
2.3.2 Kumparan Transformator .....	7
2.3.3 Minyak Trafo .....	8
2.3.4 Bushing.....	8
2.3.5 Konservator.....	9
2.3.6 Peralatan Bantu Transformator Tiga Fasa .....	9

2.3.6.1 Pendingin .....	9
2.3.6.2 Tap Charger .....	10
2.3.6.3 Alat pernapasan .....	10
2.3.6.4 Indikator .....	11
2.4 Konfigurasi Transformator Tiga Fasa .....	11
2.4.1 Trafo Hubung Bintang – Bintang (Y-Y) .....	11
2.4.2 Trafo Hubung Delta – Delta ( $\Delta - \Delta$ ) .....	12
2.4.3 Trafo Hubung Bintang – Delta (Y- $\Delta$ ) .....	12
2.4.4 Trafo Hubung Delta – Bintang .....	13
2.4.5 Trafo Hubung Zig – Zag .....	14
2.4.6 Trafo Hubung Open Delta .....	14
2.4.7 Trafo Hubung Open Y – Open Delta .....	15
2.4.8 Trafo Hubung Scott atau T – T .....	15
2.5 Vektor Grup Transformator Tiga Fasa .....	15
2.6 Sistem Tiga-Fasa Tidak Seimbang .....	16
2.6.1 Komponen Simetris .....	16
2.6.2 Operator $\alpha$ .....	18
2.6.3 Mencari Komponen Simetris .....	20
2.6.4 Magnitude Komponen Simetris .....	21
2.6.5 Argument Komponen Simetris .....	21
2.7 Ketidakeimbangan Tegangan .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>23</b>
3.1 Studi Literatur .....	23
3.2 Pengumpulan Data .....	23
3.2.1 Data Spesifikasi Transformator .....	23
3.2.2 Data Tegangan Transformator Distribusi .....	24



3.3 Analisis Data.....	28
3.3.1 Analisis Komponen Simetris .....	29
3.3.2 Standar Ketidakseimbangan Tegangan Transformator Distribusi Menurut SPLN D5.004-1:2012 .....	29
<b>BAB IV ANALISIS DAN HASIL .....</b>	<b>30</b>
4.1 Analisis .....	30
4.2 Analisis Komponen Simetris .....	30
4.2.1 Perhitungan Konversi Tegangan Ke Bilangan Kompleks .....	31
4.2.1.1 Hasil Perhitungan Konversi Tegangan Ke Bilangan Kompleks .....	31
4.2.2 Perhitungan Komponen Urutan Nol.....	32
4.2.2.1 Hasil Perhitungan Urutan Nol.....	33
4.2.3 Perhitungan Komponen Urutan Positif .....	34
4.2.3.1 Hasil Perhitungan Urutan Positif .....	36
4.2.4 Perhitungan Komponen Urutan Negatif.....	37
4.2.4.1 Hasil Perhitungan Urutan Negatif .....	38
4.3 Hasil Magnitude Dan Argument Komponen Urutan .....	39
4.4 Analisis Perhitungan Ketidakseimbangan Tegangan.....	40
4.4.1 Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Tegangan .....	40
4.5 Hasil Perbandingan Analisis Ketidakseimbangan Tegangan dengan SPLN D5.004-1:2012.....	41
<b>BAB V KESIMPULAN .....</b>	<b>43</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator .....	5
Gambar 2.2 Konstruksi Transformator Tiga Fasa Tipe Inti.....	6
Gambar 2.3 Transformator Tiga Fasa Tipe Cangkang .....	6
Gambar 2.4 Inti Besi Transformator Tiga Fasa.....	7
Gambar 2.5 Kumputan Transformator Tiga Fasa.....	8
Gambar 2.6 Minyak Transformator Tiga Fasa .....	8
Gambar 2.7 Bushing Transformator Tiga Fasa .....	8
Gambar 2.8 Konservator Transformator Tiga Fasa .....	9
Gambar 2.9 Pendingin Transformator .....	9
Gambar 2.10 Tap Charger Transformator.....	10
Gambar 2.11 Silicagel Transformator.....	10
Gambar 2.12 Indikator Minyak Transformator .....	11
Gambar 2.13 Trafo Hubungan Bintang Bintang .....	11
Gambar 2.14 Trafo Hubungan Delta Delta .....	12
Gambar 2.15 Trafo Hubungan Bintang Delta .....	13
Gambar 2.16 Trafo Hubungan Delta Bintang .....	13
Gambar 2.17 Trafo Hubungan Zig Zag .....	14
Gambar 2.18 Trafo Hubungan Open Delta .....	14
Gambar 2.19 Trafo Hubungan Open Y Open Delta .....	15
Gambar 2.20 Trafo Hubungan Scott.....	15
Gambar 2.21 Tipe Belitan Trafo Tiga Fasa Berdasarkan Pergeseran Fasa.....	16
Gambar 2.22 Komponen Seimbang Dari Fasor Tegangan 3 Fasa Tak-Seimbang	18
Gambar 2.23 Diagram Fasor Berbagai Pangkat Dari Operator a .....	18
Gambar 2.24 Vektor Hubungan Terhadap Urutan Nol.....	19
Gambar 2.25 Vektor Hubungan Terhadap Urutan Positif .....	19
Gambar 2.26 Vektor Hubungan Terhadap Urutan Negatif .....	19
Gambar 2.27 Penulisan komponen urutan dengan menggunakan operator a .....	20

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Trafo 1600 KV <sub>a</sub> .....	23
Tabel 3.2 Data Tegangan Selama 6 Hari .....	24
Tabel 4. 1 Data Hasil Perhitungan Konversi Tegangan Ke Bilangan Kompleks..	32
Tabel 4.2 Data Hasil Perhitungan Komponen Urutan Nol .....	34
Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan Komponen Urutan Positif .....	36
Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Komponen Urutan Negatif.....	39
Tabel 4.5 Data Hasil Magnitude Komponen Urutan .....	40
Tabel 4.6 Data Hasil Perhitungan Ketidakseimbangan Tegangan .....	41
Tabel 4.7 Data Hasil Perbandingan Ketidakseimbangan Tegangan Dengan SPLN D5.004-1:2012.....	42

