

TEKNIK ANALISIS **GANGGUAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK**



**Fendi Achmad | Ali Nur Fathoni | Puput Winarti Rusimamto
Yesy Tres'tian Wulan Sary | Yerri Perdana Putra
Syahrul Shobirin | Mochamad Amir Al Amin**

TEKNIK ANALISIS GANGGUAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

**Fendi Achmad
Ali Nur Fathoni
Puput Winarti Rusimamto
Yesy Tres'tian Wulan Sary
Yerri Perdana Putra
Syahrul Shobirin
Mochamad Amir Al Amin**



PENERBIT KBM INDONESIA

adalah penerbit dengan misi memudahkan proses penerbitan buku-buku penulis di tanah air Indonesia, serta menjadi media *sharing* proses penerbitan buku.

TEKNIK ANALISIS GANGGUAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Copyright @ Fendi Achmad dkk

All right reserved

Penulis

Fendi Achmad

Ali Nur Fathoni

Puput Winarti Rusimamto

Yesy Tres'tian Wulan Sary

Yerri Perdana Putra

Syahrul Shobirin

Mochamad Amir Al Amin

Desain Sampul

Aswan Kreatif

Tata Letak

Husnud Diniyah

Editor

Dr. Muhamad Husein Maruapey, Drs., M.Sc.

Background isi buku di ambil dari <https://www.freepik.com/>

Official

Depok, Sleman-Jogjakarta (Kantor)

Penerbit KBM Indonesia

Anggota IKAPI/No. IKAPI 279/JTI/2021

081357517526 (Tlpn/WA)

Website

<https://penerbitkbm.com>

www.penerbitbukumurah.com

Email

naskah@penerbitkbm.com

Distributor

<https://penerbitkbm.com/toko-buku/>

Youtube

Penerbit KBM Sastrabook

Instagram

@penerbit.kbmindonesia

@penerbitbukujogja

ISBN: 978-634-202-407-2

Cetakan ke-1, Juni 2025

14 x 21 cm, xii + 153 halaman

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit
Hak cipta merek KBM Indonesia sudah terdaftar di DJKI-
Kemenkumham dan isi buku dilindungi undang-undang.

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa seizin penerbit karena beresiko sengketa hukum

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

- i. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- ii. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- iii. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- iv. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku berjudul **“Teknik Analisis Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik”** ini dengan baik. Buku ini disusun sebagai upaya untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai berbagai jenis gangguan yang mungkin terjadi dalam sistem tenaga listrik, sekaligus metode analisis yang efektif untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memitigasi dampaknya.

Perkembangan sistem tenaga listrik yang semakin kompleks menuntut para insinyur, akademisi, dan praktisi untuk terus menguasai teknik-teknik analisis gangguan guna menjamin keandalan dan stabilitas pasokan listrik. Buku ini mencoba menjawab kebutuhan tersebut dengan menyajikan konsep-konsep dasar gangguan simetris dan asimetris, metode perhitungan arus hubung singkat, serta pendekatan modern dalam pemodelan dan simulasi gangguan menggunakan perangkat lunak terkini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan buku ini tidak akan terlaksana tanpa dukungan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih disampaikan kepada:

- Rekan-rekan dosen dan peneliti yang telah memberikan masukan berharga.
- Para mahasiswa yang turut berkontribusi melalui diskusi dan penelitian terkait topik ini.
- Penerbit dan editor yang telah membantu proses penyempurnaan naskah.

Penulis berharap buku ini dapat menjadi referensi bermanfaat bagi mahasiswa teknik elektro, insinyur pemula, maupun profesional di bidang sistem tenaga listrik. Kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan untuk perbaikan edisi mendatang.

Semoga buku ini dapat memberikan kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang ketenagalistrikan.

Hormat kami

Penulis

DAFTAR ISI



KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	xi
BAB.1 DASAR-DASAR SISTEM TENAGA LISTRIK.....	1
1.1 Definisi Sistem Tenaga listrik.....	2
1.2 Komponen Sistem Tenaga Listrik.....	2
1.3 Prinsip Kerja Sistem Tenaga Listrik	24
1.4 Model Peralatan dalam Analisis Gangguan	25
1.5 Parameter Sistem Tenaga (Impedansi, Kapasitansi, dll.)	31
BAB.2 KONSEP DASAR GANGGUAN PADA SISTEM TENAGA LISTRIK.....	35
2.1 Definisi dan Klasifikasi Gangguan	36
2.2 Penyebab Gangguan pada Sistem Tenaga.....	37
2.3 Dampak Gangguan terhadap Sistem Tenaga	37
2.4 Parameter Penting dalam Analisis Gangguan.....	38
BAB.3 GANGGUAN TIGA FASA SIMETRIS	41
3.1 Gangguan Tiga Fasa.....	42
3.2 Peralihan Dalam Rangkaian Seri RL.....	42
3.3 Arus Hubungan-Singkat dan Reaktansi Mesin Serempak.....	46

3.4	Tegangan Internal Mesin Berbeban Dalam Keadaan Peralihan.....	54
3.5	Matriks Impedansi Rel Dalam Perhitungan Gangguan.....	63
3.6	Jaringan Ekuivalen Matriks Impedansi Rel	69
BAB.4 GANGGUAN GANGGUAN TIDAK SIMETRIS.....		73
4.1	Gangguan Tunggal Dari Saluran ke Tanah Pada Generator Yang Tidak Dibebani	74
4.2	Gangguan Antar Saluran Pada Generator Yang Tidak Dibebani	77
4.3	Gangguan Ganda Saluran Ke Tanah Pada Generator Tanpa Beban.....	80
4.4	Gangguan - Gangguan Tak Simetris Pada Sistem Daya	83
4.5	Gangguan Tunggal Dari Saluran Tanah Pada Sistem Daya	87
4.6	Gangguan Antar Saluran Pada Sistem Daya	88
4.7	Gangguan Ganda Dari Saluran Ke Tanah Pada Suatu Sistem Daya	90
4.8	Interferensi Jaringan Urutan Yang Saling Dihubungkan.....	90
BAB.5 PERLINDUNGAN SISTEM.....		95
5.1	Sifat - Sifat Sistem Perlindungan.....	97
5.2	Daerah - Daerah Perlindungan	98
5.3	Transduser.....	100
5.4	Rancangan Logis Dari Rel.....	102
5.5	Perlindungan Primer Dan Cadangan (Bantuan)	104
5.6	Perlindungan Saluran Transmisi	106
5.7	Perlindungan Transformator Daya.....	116

BAB.6 TREN DAN PENGEMBANGAN TEKNOLOGI	
ANALISIS GANGGUAN.....	123
6.1 Penggunaan IoT dalam Pemantauan dan Prediksi Gangguan.....	126
6.2 Sistem Tenaga Listrik Berbasis Smart Grid dan Pengaruhnya terhadap Analisis Gangguan.....	128
6.3 Tantangan dan Peluang Pengembangan Teknik Analisis Gangguan.....	130
BAB.7 EVALUASI.....	135
7.1 Deskripsi Sistem Distribusi.....	136
7.2 Data dan Parameter Sistem.....	137
7.3 Simulasi Gangguan Hubung Singkat.....	138
7.4 Analisis Hasil Simulasi	138
DAFTAR PUSTAKA.....	145
BIOGRAFI PENULIS.....	147

DAFTAR GAMBAR



Gambar 1.1 Ilustrasi contoh PLTA yang ada di Indonesia.	4
Gambar 1.2 Ilustrasi contoh PLTA yang ada di Indonesia.	5
Gambar 1. 3 Ilustrasi PLTU	7
Gambar 1. 4 Ilustrasi PLTS	11
Gambar 1. 5 Ilustrasi PLTB	13
Gambar 1. 6 Ilustrasi PLTU & PLTN	18
Gambar 3. 1 Arus sebagai fungsi waktu pada rangkaian RL untuk $\alpha - \theta = 0$ dimana $\theta = \tan^{-1} (\omega L/R)$. Teganganya adalah $V_{maks} \sin (\omega t + \alpha)$ yang dikenakan pada waktu $t = 0$	44
Gambar 3. 2 Arus sebagai fungsi waktu pada rangkaian RL untuk $\alpha = \theta - \pi/2$, dimana $\theta = \tan^{-1} (\omega L/R)$. Tegangan adalah $V_{maks} \sin (\omega t + \alpha)$ yang dikenakan pada waktu $t = 0$	45
Gambar 3. 3 Arus sebagai fungsi waktu untuk generator serempak yang dihubungkan singkat sewaktu berputar tanpa beban	45
Gambar 3. 4 Kelebihan sampul arus pada gambar 3.3 di atas arus maksimum bertahan, dibuat grafiknya pada skala semi logaritma.	49
Gambar 3. 5	49
Gambar 3. 6	52
Gambar 3. 7	52

Gambar 3. 8	53
Gambar 3. 9	53
Gambar 3. 10.....	53
Gambar 3. 11.....	54
Gambar 3. 12 Rangkaian ekivalen untuk sebuah generator yang mencatu beban tiga-fasa pada P ditirukan dengan menutup saklar S. (a) Rangkaian ekivalen generator yang biasa dalam keadaan tetap denagn beban. (b) Rangkaian untuk perhitungan I''	56
Gambar 3. 13.....	58
Gambar 3. 14 Rangkaian ekivalen.....	58
Gambar 3. 15 menunjukkan jalur- jalur I_g'' , I_m'' , & I_f	59
Gambar 3. 16 ekivalen Thevenin	60
Gambar 3. 17 Rangkaian-rangkaian yang melukiskan penerapan teorema seuperposisi untuk membentuk perbandingan arus gangguan pada setiap cabang dari sistem.....	62
Gambar 3. 18 Diagram reaktansi yang diperoleh dengan menggantikan reaktansi sub peralihan dan tegangan yang.....	64
Gambar 3. 19 Jaringan ekivalen matriks impedansi dengan 4 simpul yang bebas. Dengan menutup saklar S diturunkan suatu gangguan pada simpul 4 . YAng diperlihatkan.....	70
Gambar 4. 1 Diagram rangkaian untuk gangguan tunggal dari saluran ke tanah pada fasa a pada terminal generator yang akan dibenai yang netraknya di tanahkan melalui reaktansi	76
Gambar 4. 2 Hubungan jaringan urutan generator yang tidak dibebani untuk gangguan tunggal dari	

saluran ke tanah pada fasa a yang ditempatkan pada terminal generator.	76
Gambar 4. 3 Diagram rangkaian untuk suatu gang antar saluran antara fasa b dan c pada terminal generator yang tidak dibebani dengan netral yang ditanahkan melalui reaktor.....	78
Gambar 4. 4 Penyelesaian	79
Gambar 4. 5 Rangkaian untuk gangguan ganda dari saluran ke tanah pada fasa b dan c dalam terminal generator tanpa beban yang netralnya ditanahkan.	81
Gambar 4. 6 Hubunagn jaringan urutan generator tanpa beban untuk gangguan ganda dari saluran ke tanah pada fasa-fasa b dan c pada terminal generator itu	82
Gambar 4. 7 Tiga penghantar untuk sistem tiga-fasa batang yang mengalirkan arus I_a , I_b , & I_c	84
Gambar 4. 8 Diagram segaris suatu sistem tiga-fasa.....	85
Gambar 4. 9 Diagram sambungan batangan- batangan hipotesis untuk suatu gangguan dari saluran ke tanah.....	87
Gambar 4. 10 Diagram sambungan batang-batang hipotesis untuk suatau gangguan antara saluran	89
Gambar 4. 11 Diagram sambungan batang-batang hipotesis untuk suatu gangguan ganda dari saluran ke tanah.	89
Gambar 4. 12.....	92
Gambar 5. 1 Daerah perlindungan yang ditunjukkan oleh garis terputus putus meliputi komponen sistem daya pada daerah masing-masing.....	99

Gambar 5. 2 Diagram segaris suatu sistem yang mempunyai perlindungan cadangan.....	104
Gambar 5. 3 Perlindungan suatu sistem radial : (a) diagram segaris dari sistem dan (b) lengkung kualitatif yang menunjukkan arus gangguan [If]	108
Gambar 5. 4 Koordinasi rele-rele jarak (impedansi). Daerah perlindungan yang ditunjukkan oleh garis penuh dalam (a) diganti dengan daerah-daerah 1 dan 2 yang diberikan oleh garis terputus - putus	111
Gambar 5. 5 Karakteristik dari (a) rele impedansi terarah dan (b) rele mho untuk contoh 4	113
Gambar 5. 6 Saluran yang akan dilindungi dengan rele-rele pemandu.....	114
Gambar 5. 7 Diagram hubungan untuk perlindungan diferensial suatu transformator	117
Gambar 5. 8 Diagram perkawatan yang menunjukkan arus dalam ampere untuk rangkaian daya dan rangkaian sistem rele	121
Gambar 7. 1 Diagram satu garis sistem distribusi.....	137

DAFTAR TABEL



Tabel 5. 1 Standar perbandingan CT.....	102
Tabel 7. 1 Data dan parameter	137
Tabel 7. 2 Analisis hasil simulasi	138

DAFTAR PUSTAKA



- Zissis, G. (2020). Sistem Tenaga Listrik: Dari Penyedia Listrik hingga Aktor dalam Pembangunan Berkelanjutan dan Pengelolaan Wilayah [Pesan Presiden]. *Majalah Aplikasi Industri IEEE*.
<https://doi.org/10.1109/mias.2020.3000452>
- Weedy, B. (2019). Sistem Tenaga Listrik. *Prinsip-prinsip Tenaga Listrik*.
https://doi.org/10.1007/springerreference_5481
- Paper Sistem Tenaga Listrik. (*n.d.*).
<https://id.scribd.com/document/426392145/Paper-Sistem-Tenaga-Listrik>
- Info, R. (2024). 25 Contoh PLTA yang Ada di Indonesia, Termasuk yang Terbesar.
<https://kumparan.com/ragam-info/25-contoh-plta-yang-ada-di-indonesia-termasuk-yang-terbesar-22ANDu4H4JV/full>
- Mengungkap Rahasia Cara Kerja PLTG: *Pembangkit Listrik Tenaga Gas yang Ramah Lingkungan*. (2024).
<https://listrikindonesia.com/detail/12383/mengungkap-rahasia-cara-kerja-pltg-pembangkit-listrik-tenaga-gas-yang-ramah-lingkungan>

(N.d.).<https://media.neliti.com/media/publications/242132-pembangunan-pltn-sebagai-satu-solusi-kri-ae767adb.pdf>

Uma, B. (2024). Analisis Gangguan dalam Sistem Tenaga: *Metode Deteksi dan Pemulihan Cepat untuk Mengurangi Dampak*.

<https://bpmpp.uma.ac.id/2024/09/06/analisis-gangguan-dalam-sistem-tenaga-metode-deteksi-dan-pemulihan-cepat-untuk-mengurangi-dampak/>

Agarwal, T. (2021). Types of Faults in Electrical Power Systems and Their Effects.

<https://www.elprocus.com/what-are-the-different-types-of-faults-in-electrical-power-systems/>

BIOGRAFI PENULIS



Ir. Fendi Achmad, S.Pd., M.Pd.

lahir di Surabaya, 26 Desember 1990. Lulus pendidikan Prodi S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya (UNESA) tahun 2013, S2 Prodi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan UNESA tahun 2016, Program Studi Program Profesi Insinyur (PSPPI) Universitas Muhammadiyah

Malang Tahun 2024. Saat ini bekerja sebagai dosen di Universitas Negeri Surabaya (UNESA) pada program studi Pendidikan Teknik Elektro. Penulis menekuni bidang penelitian dan pengabdian terkait dengan bidang ilmu penugasan atau kepakaran tentang Pembelajaran PLC Kelistrikan Industri.



Dr. Puput Wanarti Rusimamto, S.T., M.T. lahir di Nganjuk, 22 Juni 1970. Lulus Bidang Studi Instrumentasi dan Kontrol Prodi S1 Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) tahun 1994. Lulus Bidang Studi Teknik Sistem Pengaturan Prodi S2 Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) tahun 2002. Lulus program

Doktor Prodi S3 Pendidikan Vokasi Unesa tahun 2022. Saat ini bekerja sebagai dosen di Universitas Negeri Surabaya (UNESA) pada program studi Pendidikan Teknik Elektro. Penulis menekuni bidang penelitian dan pengabdian terkait dengan bidang ilmu penugasan atau kepakaran tentang Pendidikan Vokasional Rekayasa Elektro.



Ali Nur Fathoni, S.Pd., M.Eng., Gr.

lahir di Boyolali, 22 Maret 1994.

Lulus Bidang Studi Elektronika

Prodi S1 Pendidikan Teknik

Elektro Universitas Negeri

Semarang (UNNES) tahun 2018.

Lulus Bidang Studi Elektronika

Prodi Pendidikan Profesi Guru

(PPG) Universitas Negeri Jakarta

(UNJ) tahun 2019. Lulus Bidang

Studi Sistem Isyarat dan

Elektronika Prodi S2 Teknik Elektro Universitas Gadjah

Mada (UGM) tahun 2023. Saat ini bekerja sebagai dosen di

Universitas Negeri Surabaya (UNESA) pada program studi

Pendidikan Teknik Elektro. Penulis menekuni bidang

penelitian dan pengabdian terkait dengan bidang ilmu

penugasan atau kepakaran tentang Teknik Elektronika

Industri.



Yesy Tres'tian Wulan Sary. lahir di Madiun, 19 Juni 2005. Penulis menempuh pendidikan di SDN Tanjung Sari 2 (2010-2016), SMP Damin (2017-2020), SMK YPM 1 Taman (2021-2023). Penulis melanjutkan pendidikannya di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya dengan mengambil konsentrasi Teknik Tenaga Listrik. Modul ini disusun bersama dosen guna mempermudah proses belajar Teknik Analisis Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik. Dengan demikian, diharapkan modul ini dapat menjadi sarana informasi yang efektif bagi siswa, mahasiswa, dan siapapun yang membacanya.

NIM : 23050514001

Email : yesytrestianw@gmail.com



Yerri Perdana Putra lahir di Mojokerto, Jawa Timur pada tanggal 20 Mei 2005. Pada tahun 2023, penulis mulai menempuh Pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya dengan mengambil konsentrasi Teknik Tenaga Listrik (TTL). Buku berjudul "Teknik Analisis Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik" ini merupakan hasil dari ketertarikan penulis dalam

bidang analisis gangguan, keandalan sistem, serta distribusi energi listrik. Buku ini diharapkan dapat menjadi referensi yang efektif bagi mahasiswa, dosen, maupun praktisi teknik elektro dalam memahami konsep dasar hingga aplikasi nyata terkait gangguan pada sistem tenaga listrik secara komprehensif.

NIM : 23050514103

Email : yerriperdana3@gmail.com



Mochamad Amir Al Amin lahir di Kediri pada tanggal 30 Oktober 2004. Pada tahun 2023 mulai menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya dengan mengambil konsentrasi Teknik Tenaga Listrik (TTL). Buku “Teknik Analisis Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik ” ini merupakan hasil ketertarikan penulis di bidang sistem gangguan kelistrikan. Buku ini kami susun bersama dosen, agar menjadi sumber pengetahuan yang komprehensif bagi para akademisi, engineer, dan peneliti di bidang sistem tenaga listrik.

NIM : 23050514043

Email : mochamad.23043@mhs.unesa.ac.id



Syahrul Shobirin. lahir di Surabaya, 30-November 2003.

Penulis menempuh pendidikan di SDN 462 Surabaya (2009-2016), SMPN 28 Surabaya (2016-2019), SMK YPM 1 Taman (2019-2022).

Penulis melanjutkan pendidikannya di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

dengan mengambil konsentrasi Teknik Tenaga Listrik. Modul ini disusun bersama dosen guna mempermudah proses belajar Teknik Analisis Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik. Dengan demikian, diharapkan modul ini dapat menjadi sarana informasi yang efektif bagi siswa, mahasiswa, dan siapapun yang membacanya.

NIM : 23050514064

Email : syahrulshobirin28@gmail.com