

Dr. Andi Imran, S.Pd., M.T | Nur Annisa Dewi Nayla, S.Tr.T



APLIKASI SISTEM TENAGA LISTRIK



ETAP POWER STATION
UNTUK SIMULASI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT



0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-120-712-8



**APLIKASI SISTEM TENAGA LISTRIK
ETAP POWER STATION UNTUK SIMULASI
GANGGUAN HUBUNG SINGKAT**

**Dr. Andi Imran, S.Pd., M.T.
Nur Annisa Dewi Nayla, S.Tr.T.**



eureka
media aksara

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

**APLIKASI SISTEM TENAGA LISTRIK
ETAP POWER STATION UNTUK
SIMULASI GANGGUAN HUBUNG SINGKAT**

Penulis : Dr. Andi Imran, S.Pd., M.T.
Nur Annisa Dewi Nayla, S.Tr.T.

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Rizki Rose Mardiana

ISBN : 978-623-120-712-8

Diterbitkan oleh : **EUREKA MEDIA AKSARA, MEI 2024**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:

Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari
Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992
Surel : eurekamediaaksara@gmail.com
Cetakan Pertama : 2024

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh
isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun,
termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman
lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Pertama-tama penulis mengucapkan Alhamdulillah atas selesainya penulisan buku “Aplikasi Sistem Tenaga Listrik *ETAP Power Station* untuk Simulasi Gangguan Hubung Singkat”. Buku ini disusun dengan harapan dapat membantu para praktisi dan akademisi, untuk mempermudah menjalankan aplikasi *ETAP Power Station* dalam menganalisis permasalahan sistem tenaga listrik.

Buku ini disusun dengan pendekatan yang sederhana disertai dengan gambar untuk mempermudah pemahaman para pembaca. Adapun materi utama yang tercakup dalam buku ini adalah: proses input data dan analisis gangguan hubung singkat (*Short Circuit*). Dengan demikian, para pembaca diharapkan sudah dapat memahami konsep menggunakan buku ini untuk menyelesaikan persoalan dalam sistem tenaga listrik.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan buku ini, saran yang positif dari semua pihak sangat diharapkan pula dalam penyempurnaan buku ini.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberi kontribusi bagi praktisi dan akademisi.

Makassar, 11 Maret 2024

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
BAB 2 SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK.....	4
A. Definisi Sistem Distribusi Tenaga Listrik	4
B. Sistem Operasi Jaringan Distribusi	8
C. Jaringan Distribusi Berdasarkan Sistem Penyaluran	12
BAB 3 GANGGUAN PADA SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK	15
BAB 4 GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK	18
A. Jenis-Jenis Gangguan Hubung Singkat.....	20
BAB 5 ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT	29
A. Impedansi Sumber.....	30
B. Impedansi Transformator	31
C. Impedansi Penyulang.....	32
BAB 6 PROGRAM ETAP (ELECTRICAL TRANSIENT AND ANALYZER PROGRAM).....	34
BAB 7 CONTOH SISTEM TENAGA (JARINGAN & DATA)	41
BAB 8 MENJALANKAN PROGRAM ETAP UNTUK MENGANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT.....	47
A. Proses Input Data di ETAP	47
BAB 9 HASIL SIMULASI ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT	64
A. Simulasi Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada <i>Bus</i> 1.....	64
B. Perhitungan Manual Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah.....	71

DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	89
TENTANG PENULIS	106

DAFTAR TABEL

Tabel 9. 1	Hasil Simulasi Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah Menggunakan ETAP	68
Tabel 9. 2	Hasil Perhitungan Impedansi Urutan Menggunakan ETAP	69
Tabel 9. 3	Hasil Perhitungan Manual Arus Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	82
Tabel 9. 4	Perbandingan Arus Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Sistem Distribusi Tenaga Listrik	6
Gambar 2. 2	Gardu Distribusi Jenis Tiang	10
Gambar 2. 3	Skema Jaringan Distribusi	12
Gambar 4. 1	Gangguan pada Jaringan Radial	19
Gambar 4. 2	Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah.....	21
Gambar 4. 3	Gangguan Fasa ke Fasa.....	23
Gambar 4. 4	Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa ke Tanah.....	26
Gambar 4. 5	Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa.....	28
Gambar 6. 1	Komponen Sistem Tenaga Listrik pada ETAP.....	37
Gambar 6. 2	Tampilan Lembar Kerja di ETAP	39
Gambar 7. 1	<i>Single Line Diagram</i>	41
Gambar 8.1	<i>Icon ETAP</i>	47
Gambar 8. 2	Window Program ETAP	47
Gambar 8.3	<i>New File</i>	48
Gambar 8.4	<i>Window Create New Project File</i>	48
Gambar 8.5	<i>Creat New Project File</i>	49
Gambar 8.6	<i>User Information</i>	49
Gambar 8. 7	<i>Maximize Windows</i>	50
Gambar 8. 8	<i>Project Information</i>	50
Gambar 8. 9	<i>Project Standards</i>	51
Gambar 8. 10	Lembar Kerja Program ETAP.....	51
Gambar 8. 11	Single Line Diagram Penyulang Malewang Dalam ETAP	52
Gambar 8. 12	Tab Info Parameter Power Grid	53
Gambar 8. 13	<i>Tab Rating Parameter Power Grid</i>	54
Gambar 8. 14	<i>Tab Short Circuit Parameter Power Grid</i>	55
Gambar 8. 15	Bus	55
Gambar 8. 16	<i>Tab Info Parameter Bus</i>	56
Gambar 8. 17	<i>Tab Rating Parameter Transformator</i>	57
Gambar 8. 18	<i>Tab Impedance Parameter Transformator</i>	58
Gambar 8. 19	<i>Tab Grounding Parameter Transformator</i>	59
Gambar 8. 20	Tab Namplate Parameter Lumped Load.....	60
Gambar 8. 21	<i>Tab Short Circuit Analysis ETAP</i>	60
Gambar 8. 22	<i>Tab Edit Study Case Short Circuit ETAP</i>	61

Gambar 8. 23 *Tab Bus Fault ETAP*61

Gambar 8. 24 *Tab Standard Short Circuit ETAP*.....62

Gambar 8. 25 *Run Program Short Circuit ETAP*62

Gambar 8. 26 *Short Circuit Report Manager*63

Gambar 9. 1 *Running Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Bus 1*.....65

Gambar 9. 2 *Report Hasil Simulasi Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Bus 1*66

Gambar 9. 3 *Nilai Impedansi Bus 1 Hasil Perhitungan ETAP*.....72

BAB

1

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik selama ini selalu meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kemajuan teknologi. Keberadaan listrik memiliki pengaruh yang besar bagi kehidupan kita, dan pergerakan roda perekonomian sangat bergantung padanya. Kemajuan era teknologi menuntut ketergantungan pada listrik, karena hampir semua peralatan membutuhkan listrik untuk beroperasi. Energi listrik disalurkan ke konsumen melalui sistem tenaga listrik. Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga subsistem yaitu pembangkitan, transmisi, dan distribusi [1].

Sistem distribusi adalah keseluruhan komponen dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan secara langsung antara sumber yang besar dengan konsumen (Basuki dkk., 2018). Sistem distribusi merupakan sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan konsumen dan memiliki area yang luas sehingga sangat rentan terjadi gangguan-gangguan yang dapat menyebabkan terganggunya sistem distribusi [2]. Peneliti terdahulu telah mengamati bahwa 80% dari gangguan penyaluran energi listrik terjadi dalam sistem distribusi [3]. Ditinjau dari volume fisiknya, jaringan distribusi pada umumnya lebih panjang dibanding dengan jaringan transmisi dan jumlah gangguannya dalam per 100 km per tahun juga paling tinggi dibanding jumlah gangguan pada saluran transmisi [4]. Semakin sering jaringan distribusi mengalami gangguan maka kualitas penyaluran energi listrik akan semakin buruk dan mengurangi kehandalan sistem [5].

BAB 2

SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

A. Definisi Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen [15]. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (konsumen).
2. Sebagai sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (konsumen) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Sistem pembangkit akan menghasilkan sebuah listrik yang besar, dimana tegangan yang dihasilkan antara lain tegangan 11 kV sampai 24 kV kemudian tegangan tersebut dinaikkan oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan 70kV, 154 kV, 220 kV, dan 500 kV yang kemudian disalurkan melalui saluran transmisi [16]. Tujuan menaikkan tegangan adalah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir. Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya akan kecil pula [17].

Dari saluran transmisi tegangan diturunkan kembali menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu distribusi, kemudian dengan sistem tenaga tersebut

BAB 3

GANGGUAN PADA SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang paling dekat dengan pelanggan. Ditinjau dari volume fisiknya, jaringan distribusi pada umumnya lebih panjang dibanding dengan jaringan transmisi dan jumlah gangguannya dalam per 100 km per tahun juga paling tinggi dibanding jumlah gangguan pada saluran-saluran transmisi.

Berdasarkan ANSI/IEE Std. 100-1992 gangguan didefinisikan sebagai suatu kondisi fisis yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau suatu elemen untuk bekerja sesuai denngan fungsinya. Gangguan hampir selalu ditimbulkan oleh hubung singkat antar fasa atau hubung singkat fasa ke tanah. Suatu gangguan hampir selalu berupa hubung langsung atau melalui impedansi.

Hubung singkat merupakan suatu hubungan abnormal (termasuk busur api) pada impedansi yang relatif rendah terjadi secara kebetulan atau disengaja antara dua titik yang mempunyai potensial yang berbeda. Istilah gangguan atau gangguan hubung singkat digunakan untuk menjelaskan suatu hubungan singkat.

Tujuan menganalisis gangguan pada jaringan distribusi adalah:

1. Untuk menentukan arus maksimum dan minimum hubung singkat tiga fasa
2. Untuk menentukan arus gangguan tak simetris bagi gangguan satu dan dua fasa ke tanah, gangguan fasa ke fasa, dan rangkaian terbuka.

BAB 4

GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Gangguan hubung singkat adalah gangguan yang terjadi karena adanya kesalahan antara bagian-bagian yang bertegangan. Gangguan hubung singkat dapat juga terjadi akibat adanya isolasi yang tembus atau rusak karena tidak tahan terhadap tegangan lebih, baik yang berasal dari dalam maupun berasal dari luar atau karena sambaran petir [26]. Gangguan hubung singkat adalah suatu kondisi pada sistem tenaga dimana penghantar yang berarus terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah.

Menurut standar IEC 60909, definisi hubung singkat adalah terbentuknya jalur konduktif yang tidak disengaja antara dua atau lebih bagian konduktif yang membuat perbedaan tegangan listrik antara bagian konduktif tersebut menjadi sama atau mendekati nol. Sedangkan menurut Prakarsa, hubung singkat adalah koneksi abnormal antara dua node dengan tegangan yang berbeda.

Gangguan hubung singkat merupakan suatu kondisi dimana penghantar yang berarus terhubung dengan penghantar lain atau dengan tanah. Gangguan ini dapat menyebabkan terjadinya arus yang sangat besar, sehingga dapat merusak peralatan listrik yang ada di sekitar titik gangguan. Hubung singkat sebagai salah satu gangguan dalam sistem tenaga listrik yang memiliki karakteristik *transient* yang harus dapat diatasi oleh sistem peengaman. Terjadinya hubung singkat mengakibatkan timbulnya lonjakan arus dengan *magnitude* lebih tinggi dari keadaan normal dan tegangan ditempat tersebut menjadi sangat rendah yang dapat mengakibatkan kerusakan pada isolasi, kerusakan mekanis pada

BAB

5

ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

Analisis gangguan hubung singkat adalah analisis yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang didalam sistem. Analisis hubung singkat dilakukan ketika sistem tenaga listrik baru akan dibuat atau dalam perancangan, bertujuan untuk mengetahui kapasitas yang dibutuhkan pada tiap komponen atau peralatan dalam suatu jaringan. Namun, analisis ini dapat dilakukan kembali pada sistem tenaga listrik yang telah ada dan biasanya dilakukan pada sistem tenaga listrik yang mengalami perubahan atau perkembangan berupa perubahan jaringan pada transmisi dan perkembangan sistem beban yang terpasang.

Tujuan dari perhitungan gangguan hubung singkat adalah untuk menghitung arus maksimum dan minimum gangguan, dan tegangan pada lokasi yang berbeda dari sistem tenaga untuk jenis gangguan yang berbeda sehingga rancangan pengaman, relai dan pemutus yang tepat bisa dipilih untuk melindungi sistem dari kondisi yang tidak normal dalam waktu yang singkat. adapun tujuan menganalisis gangguan hubung singkat yaitu untuk menentukan keseluruhan dan sebagian dari hal berikut:

1. Memverifikasi kemampuan pemutusan dan menahan arus gangguan hubung singkat dari peralatan pelindung.
2. Melindungi peralatan dari kekuatan mekanik yang besar (maksimum *kA fault*).
3. Proteksi untuk peralatan (*thermal stress*)
4. Memilih setting atau pengaturan untuk koordinasi *relay*.

BAB 6

PROGRAM ETAP (*ELECTRICAL TRANSIENT AND ANALYZER PROGRAM*)

ETAP merupakan program yang menawarkan solusi yang paling komprehensif untuk desain, simulasi, dan analisis pembangkitan, transmisi, dan distribusi listrik untuk sebuah sistem tenaga listrik yang besar [29]. ETAP merupakan suatu perangkat lunak yang digunakan untuk mendukung menyelesaikan permasalahan pada sistem tenaga listrik. ETAP merupakan piranti (*tools*) analisis yang paling komprehensif untuk desain dan pengujian sistem tenaga listrik [30].

Program ETAP dibuat oleh perusahaan *Operation Technology, Inc* (OTI) dari tahun 1983. ETAP merupakan salah satu produk OTI yang dibuat dengan tujuan untuk memperoleh perhitungan dan analisis sistem tenaga pada sistem yang besar menggunakan komputer dan menampilkan secara GUI (*Graphical User Interface*). Program ini dapat bekerja secara *offline* dan *online*, dimana secara *offline* program ini digunakan untuk mensimulasikan tenaga listrik, sedangkan secara *online* program ini digunakan untuk pengelolaan data secara *real time*.

ETAP dapat melakukan penggambaran single line diagram secara grafis dan mengadakan beberapa analisis yakni aliran daya (*load flow*), hubung singkat (*short circuit*), motor *starting*, harmonisa, *transient stability*, *protective device coordination*, dan *cable derating* [31].

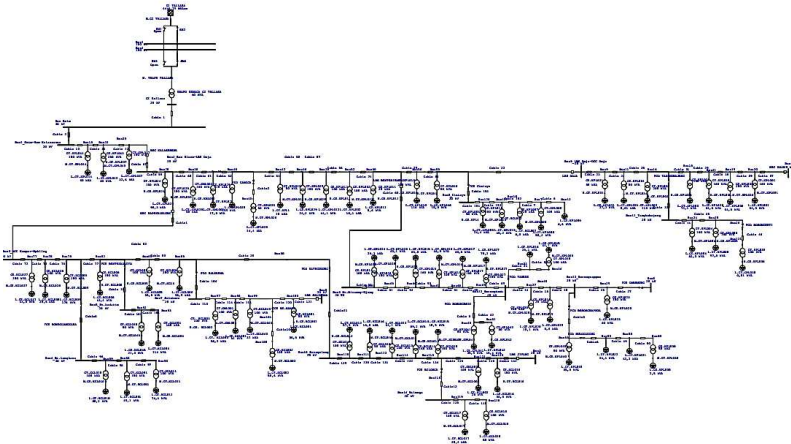
ETAP memungkinkan untuk bekerja secara langsung dengan tampilan gambar *single line*/diagram satu garis. Program ini dirancang sesuai dengan tiga konsep utama, yaitu:

BAB

7

CONTOH SISTEM TENAGA (JARINGAN & DATA)

Contoh sistem tenaga listrik yang akan dianalisis dengan menggunakan program ETAP.



Gambar 7.1 *Single Line Diagram*

Pada gambar 7.1 diatas, terlihat pada *single line diagram* terdapat 14 Bus, 1 transformator tenaga, 72 trafo distribusi. Adapun data-data dari sistem diatas dapat dilihat di bawah ini:

1. Data Penyulang Malewang

Tegangan	= 20 Kv
Jumlah Gardu Distribusi	= 72 Buah
Jenis Penghantar	= AAAC 70 mm ²
Panjang Jaringan	= 44,768 kms
Beban	= 3,3 MW
Jumlah Pelanggan	= 19.072 pelanggan

BAB 8

MENJALANKAN PROGRAM ETAP UNTUK MENGANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

A. Proses Input Data di ETAP

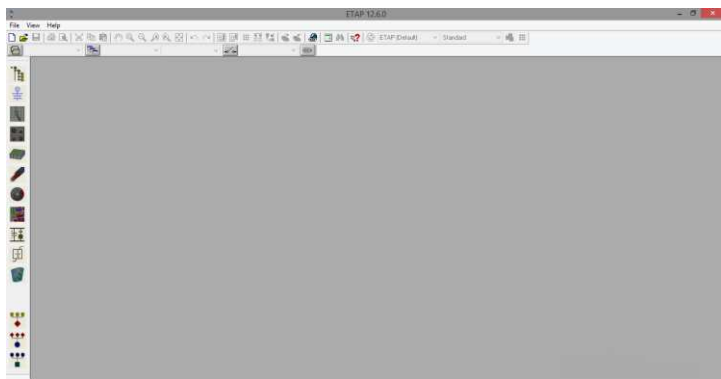
Proses yang diperlihatkan di bawah ini adalah pemakaian ETAP 12.6.0

1. Klik *icon* ETAP pada menu *window*.



Gambar 8.1 *Icon* ETAP

Setelah icon ETAP di klik, maka akan muncul *window* program ETAP sebagai berikut:



Gambar 8. 2 Window Program ETAP

BAB 9

HASIL SIMULASI ANALISIS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

Simulasi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah ini dapat dianggap fasa a mengalami gangguan. Kondisi terminal pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah adalah tegangan fasa yang mengalami gangguan sama dengan nol ($V_a = 0$), arus pada fasa b dan fasa c sama dengan nol ($I_b = I_c = 0$). Masing-masing arus urutan sama besarnya ($I_1 = I_2 = I_0$).

A. Simulasi Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah pada Bus 1

Simulasi perhitungan hubung singkat satu fasa ke tanah pada lokasi yang terletak di pangkal jaringan dekat dengan Gardu Induk yaitu Bus 1. *Running* simulasi dan *report* hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 9.1 dan Gambar 9.2 berikut:

DAFTAR PUSTAKA

- A. F. Fajar dan I. Handayani, "Analisa Aliran Daya dan Gangguan Hubung Singkat Sistem Kelistrikan Pabrik Tonasa V di PT Semen Tonasa Menggunakan ETAP," Universitas Hasanuddin, Makassar, 2012.
- A. D. Ernia, "Analisa Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem Tenaga Listrik Di Pertamina Ep-Central Processing Plant Area Gundih Menggunakan Software Etap 12.6," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- A. F. Setiawan, "Analisis Arus Gangguan Hubung Singkat Untuk Memprediksi Lokasi Gangguan Pada Saluran Distribusi PT PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan Bandarjaya," Universitas Lampung, 2021.
- A. Kadir, *Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik*. Jakarta: Universitas Indonesia, 2000.
- A. Mathur, V. Pant, dan B. Das, "Unsymmetrical short-circuit analysis for distribution system considering loads," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 70, hal. 27-38, Sep 2015, doi: 10.1016/J.IJEPES.2015.02.003.
- A. Nugroho, "Analisis Reduksi Arus Gangguan dan Perbaikan Tegangan Dip pada Sistem Jaringan Distribusi Rungkut dengan Sfcl Tipe Aktif," hal. 0-9, 2015.
- A. S. Sampeallo dan P. J. Fischer, "Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Jaringan Pemakaian Sendiri Pltu Bolok Pt. Smse (Ipp) Unit 3 Dan 4 Menggunakan Software Etap 12.6.0," *J. Media Elektro*, vol. 7, no. 1, hal. 76-85, 2019.
- Amira dan A. Effendi, "Studi Analisa Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah Pada SUTT 150 kV Untuk Setting Relay OCR (Aplikasi GI PIP-PAUH LIMO)," *J. Tek. Elektro ITP*, vol. 3, no. 2, Jul 2014.
- B. M. Weedy, B. J. Cory, N. Jenkins, J. B. Ekanayake, dan G. Strbac, *Electric Power Systems Fifth Edition*. 2015.

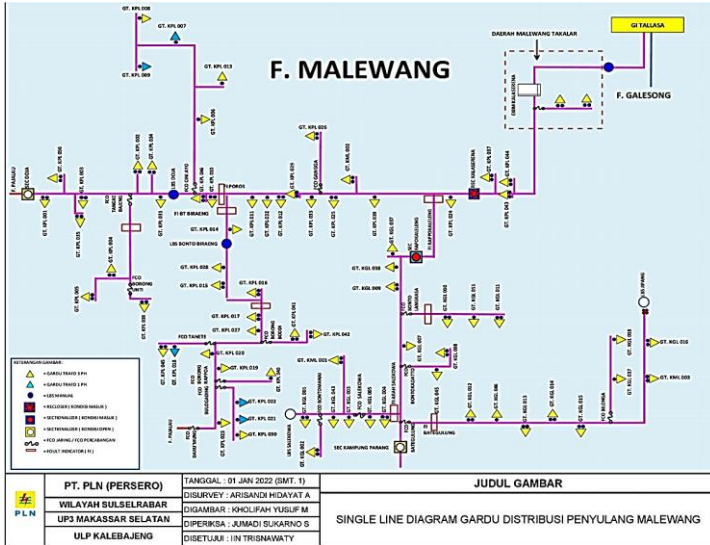
- B. Y. Husodo, "Analisa Perhitungan dan Pengaturan Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah pada Kubikel Cakra 20 KV Di PT XYZ," *Sinergi*, vol. 18, no. 3, hal. 165–170, 2014.
- C. Calnela, Suyitno, dan I. Arif Raharjo, "Analisis Hubung Singkat Pada Gardu Induk 150/20 Kv (Studi Kasus Di Gardu Induk Gandul, Cinere)," *J. Electr. Vocat. Educ. Technol.*, vol. 4, no. 2, hal. 53–59, 2020, doi: 10.21009/jevet.0042.09.
- D. Marsudi, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, 3 ed. Graha Ilmu, 2016.
- D. Suswanto, "Sistem distribusi tenaga listrik," Universitas Negeri Padang, Padang, 2009.
- E. P. Utomo dan A. Rahardjo, "Analisa sistem proteksi relay arus lebih dan gangguan tanah pada penyulang limo," *J. Anal. Sist. Prot. Progr. Stud. Tek. Elektro, Fak. Tek. Univ. Indones.*, 2013.
- F. Firdaus, A. Imran, R. T. Mangesa, dan F. S. Waruru, "Protection System Coordination On 20 kV Distribution Network In Makassar City," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, hal. 65, 2023, doi: 10.33387/protk.v10i2.4204.
- F. Hermanto dan T. Sukmadi, "Analisis Jatuh Tegangan Dan Arus Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah Pt Rum," *Transient*, vol. 2, no. 2302–9927, hal. 8, 2013, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/4300>
- J. J. Grainger dan W. D. Stevenson Jr., *Power System Analysis 2nd edition*. New York, 1994.
- L. Multa, M. Eng, dan R. P. Aridani, "Modul Pelatihan ETAP," Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2013.
- M. A. Auliq dan I. B. Pratama, "Analisa Penentuan Estimasi Jarak Gangguan pada Sistem Distribusi Menggunakan Metode ETAP 12 . 6 . 0," *ELKOM*, vol. 3, no. 1, hal. 31–42, 2021.

- M. A. Haikal dan M. R. Djalal, "Studi Hubung Singkat 3 Fasa Simetri (Studi Kasus Sistem Interkoneksi 150 Kv Sulawesi Selatan)," *J. INTAKE*, vol. 4, no. 1, hal. 20–26, 2014.
- Modul Praktikum Sistem Tenaga Listrik II, Cirebon, 2016.
- Mohamad Hasbullah, "Analisa Pengaruh Penambahan Distributed Generation (Dg) Pada Jaringan Distribusi Radial Terhadap Koordinasi," *Digit. Repos. Univ. Jember*, vol. 10–12, no. September 2019, hal. 2019–2022, 2021.
- N. J. Hontong, "Analisa Rugi Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi Di Pt. Pln Palu," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 4, no. 1, hal. 64–71, 2015.
- P. O. E. Prakarsa, "Studi & Analisis Hubung Singkat," 2023. <https://www.omazaki.co.id/studi-analisis-hubung-singkat/> (diakses 25 Januari 2023).
- R. P. M. Simanjuntak, Safriyuddin, dan B. Firman, "Analisis Keandalan Penempatan Recloser dan Besar Arus Hubung Singkat di PT PLN (PERSERO) Distribusi Area Yogyakarta," *J. Elektr.*, vol. 4, no. 1, hal. 40–47, 2017.
- R. W. Nugraha, "Analisa Karakteristik Arus dan Tegangan Pada Salah Satu Fasa Yang Terputus Di SUTM 20 kV," Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, 2020.
- R. Wibowo *dkk.*, *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*, 1 ed. Jakarta Selatan: PT PLN (PERSERO), 2010.
- S. Suripto, "Buku Ajar Sistem Tenaga Listrik," *Univ. Muhammadiyah Yogyakarta*, hal. 1–59, 2016.
- T. A. Al Qoyyimi, "Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (Geographic Information System)," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, Okt 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i1.21297.

- T. A. Al Qoyyimi, O. Penangsang, dan N. K. Aryani, "penentuan lokasi gangguan hubung singkat," *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, 2017.
- T. Sukisno, "Pengantar Proteksi Sistem Tenaga Listrik Berbasis Software ETAP," 2020. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/342548685>
- T. Watingsih, "Sistem Jaringan Distribusi Tegangan Menengah," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951-952., vol. 13, no. 2, hal. 10-27, 2018.

LAMPIRAN

1. Single Line Diagram Penyulang Malewang



Project: Hibung Singkat 1 fasa ke tanah
 Location: PLN (Persero) ULP Kalojajeng
 Contract: 2023
 Engineer: Amina
 Filename: Hibung Singkat Kalojajeng

ETAP
 12.6.0H

Page: 25
 Date: 16-06-2023
 SN:

Study Case: SC

Revision: Base
 Config: Normal

SHORT-CIRCUIT REPORT

Fault at bus : Bus1_Extn-Rec Kalerena
 Nominal kV = 20.00 1.10 (User-Defined)

Contribution		% Voltage at From Bus									Line-To-Ground Fault					
From Bus ID	To Bus ID	Va			Vb			Vc			Current at From Bus (kA)			Sequence Current (kA)		
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Ia	Ib	Ic	I1	I2	I0	
Bus1_Extn-Rec Kalerena	Total	0.00	0.0	169.41	-151.3	174.64	148.3	0.311	-6.1	0.000	0.0	0.000	0.0	0.104	0.104	0.104
Bus Extn	Bus1_Extn-Rec Kalerena	0.15	24.5	169.35	-151.3	174.60	148.3	0.295	-6.8	0.008	7.4	0.008	7.4	0.096	0.096	0.104
Bus18	Bus1_Extn-Rec Kalerena	0.01	41.4	169.41	-151.3	174.64	148.3	0.017	7.4	0.008	-172.6	0.008	-172.6	0.008	0.008	0.000

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers
 * Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

2. Short Circuit Report Bus 1

3. Short Circuit Report *Bus 2*

Project:	Hubung Singkat 1 fasa ke tanah	ETAP	Page:	26
Location:	PLN (Persero) ULP Kalebojeng	12.6.0H	Date:	16-06-2023
Contract:	2023		SN:	
Engineer:	Anisa		Revision:	Base
Filename:	Hubung Singkat Kalebojeng	Study Case: SC	Config.:	Normal

Fault at bus : Bus2_Rec Klsm-LBS Doja
 Nominal KV = 20.00 1.10 (User-Defined)

Contribution		Line-To-Ground Fault																
From Bus ID	To Bus ID	% Voltage at From Bus						Current at From Bus (kA)										
		Va Mag.	Va Ang.	Vb Mag.	Vb Ang.	Vc Mag.	Vc Ang.	Ia Mag.	Ia Ang.	Ib Mag.	Ib Ang.	Ic Mag.	Ic Ang.					
Bus2_Rec Klsm-LBS Doja	Total	0.00	0.0	168.99	-151.3	174.38	148.2	0.309	-6.2	0.000	-6.2	0.000	0.0	0.000	0.0	0.103	0.103	0.103
Bus2S	Bus2_Rec Klsm-LBS Doja	0.02	37.6	169.00	-151.3	174.38	148.2	0.017	3.7	0.009	-176.3	0.009	-176.3	0.009	-176.3	0.009	0.009	0.000
Bus23	Bus2_Rec Klsm-LBS Doja	0.11	24.4	168.95	-151.3	174.35	148.2	0.292	-6.8	0.009	3.7	0.009	3.7	0.009	3.7	0.095	0.095	0.103

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers

* Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

4. Short Circuit Report Bus 3

Project:	Hibung Singkat 1 fasa ke tanah	ETAP	Page:	27
Location:	PLN (Persero) ULP Kalabjeng	12.6.0H	Date:	16-06-2023
Contract:	2023		SN:	
Engineer:	Auisa		Revision:	Base
Filename:	Hibung SingkatKalabjeng	Study Case: SC	Config:	Normal

Fault at bus : Bus3_DCC Kampar-Rapkin
 Nominal kV = 20.00 1.10 (User-Defined)

From Bus	To Bus	% Voltage at From Bus						Line-To-Ground Fault								
		Va		Vb		Vc		Ia		Ib		Ic		Sequence Current (kA)		
		Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	Mag.	Ang.	I1	I2	I0
Bus3_DCC Kampar-Rapkin	Total	0.00	0.0	168.43	-151.2	174.04	148.0	0.306	-6.5	0.000	0.0	0.000	0.0	0.102	0.102	0.102
Bus28	Bus3_DCC Kampar-Rapkin	0.49	24.5	168.23	-151.2	173.92	148.0	0.298	-6.6	0.004	-0.3	0.004	-0.3	0.098	0.098	0.102
Bus77	Bus3_DCC Kampar-Rapkin	0.00	33.7	168.43	-151.2	174.04	148.0	0.008	-0.3	0.004	179.7	0.004	179.7	0.004	0.004	0.000

Indicates fault current contribution is from three-winding transformers
 * Indicates a zero sequence fault current contribution (3I0) from a grounded Delta-Y transformer

TENTANG PENULIS



Dr. Andi Imran, S.Pd., M.T., lahir di Bantaeng, 15 Agustus 1985. Penulis memperoleh gelar sarjana dari Universitas Negeri Makassar (UNM) pada tahun 2008 dengan jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Pada tahun 2010 penulis melanjutkan studi di Universitas Hasanuddin (UNHAS) dan menyelesaikan gelar masternya pada tahun 2012 di bidang Teknik Elektro. Kemudian, menyelesaikan gelar doktornya dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember, (Surabaya, Indonesia) pada tahun 2021 di bidang Teknik Elektro. Penelitiannya terutama dalam Load Forecasting, Power System Stability, Renewable Energy, dan Artificial Intelligent. Saat ini menjadi dosen di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar.



Nur Annisa Dewi Nayla, S.Tr.T., lahir di Takalar pada tanggal 22 Februari 2001. Anak kedua dari pasangan Nurdin Bandi dan Nuryati Mekar Sari. Bertempat tinggal Jl. Poros Galesong (Takalar). Penulis memulai jenjang pendidikan pada tahun 2006 di Taman Kanak-kanak Amrah dan tamat pada tahun 2007. Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar tepatnya di SD Negeri No. 69 Galesong pada tahun 2007 dan tamat pada tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikannya di tingkat Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Galesong Selatan dan tamat pada tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan studinya di SMA Negeri 5 Takalar dan tamat pada tahun 2019.

Pada tahun 2019 penulis diterima menjadi salah satu mahasiswa di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Program Studi Diploma Empat (D4) Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar dan telah menyelesaikan Studi Diploma Empat pada tahun 2023.