



**ANALISIS KEANDALAN SISTEM BACKUP PADA
JARINGAN TEGANGAN MENENGAH DENGAN
PERTIMBANGAN KONTINGENSI N-1**

LAPORAN TUGAS AKHIR

UNIVERSITAS
MERCU BUANA
ENNOS SEPTIAN
41420120002

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**



**ANALISIS KEANDALAN SISTEM BACKUP PADA
JARINGAN TEGANGAN MENENGAH DENGAN
PERTIMBANGAN KONTINGENSI N-1**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

NAMA : Ennos Septian

NIM : 41420120002

PEMBIMBING : Ketty Siti Salamah, ST, MT

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ennos Septian
NIM : 41420120002
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Keandalan Sistem *Backup* Pada Jaringan Tegangan Menengah Dengan Pertimbangan Kontingensi N-1

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan Oleh :

Tanda Tangan

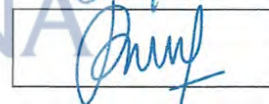
Pembimbing : Ketty Siti Salamah, S.T, M.T
NUPTK : 7962769670230272



Ketua Penguji : M. Hafizd Ibnu Hajar, S.T, M.Sc
NUPTK : 1356769670130283



Anggota Penguji : Dian Rusdiyanto S.T, M.T
NUPTK : 1636768669130272



Jakarta, 20 Januari 2025

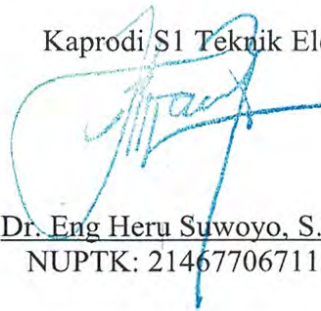
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.
NUPTK: 6639750651230132

Kaprodi S1 Teknik Elektro



Dr. Eng Heru Suwoyo, S.T. M.Sc
NUPTK: 2146770671130403

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : ENNOS SEPTIAN
NIM : 41420120002
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir / Tesis : Analisis Keandalan Sistem Backup Pada Jaringan Tegangan Menengah Dengan Pertimbangan Kontingensi N-1

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Sabtu, 01 Februari 2025** dengan hasil presentase sebesar **9%** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 03 Februari 2025

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA


Saras Nur Pratiha, S.Psi., MM

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ennos Septian
NIM : 41420120002
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Keandalan Sistem *Backup* Pada Jaringan Tegangan Menengah Dengan Pertimbangan Kontingensi N-1

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Laporan Tugas Akhir saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 20 Januari 2025

UNIVERSITA
MERCU BUANA



Ennos Septian

ABSTRAK

Keandalan sistem jaringan distribusi listrik menggambarkan frekuensi terjadinya pemadaman, durasi pemadaman, serta waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan sistem ke kondisi normal. Indeks keandalan yang sering digunakan dalam sistem distribusi mencakup SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, dan ASUI. Penelitian ini dilakukan pada Penyulang KTT MNA, sebuah jaringan distribusi tegangan menengah dengan konfigurasi jaringan Grid, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas jaringan pada kondisi kontingensi N-1 berdasarkan standar SPLN dan IEEE, serta mengevaluasi kinerja indeks keandalan.

Penelitian dilakukan dengan metode pengumpulan data lapangan dan kemudian diolah, hasil data yang didapat disimulasikan menggunakan *software* ETAP untuk melihat kondisi dan kualitas jaringan dalam kondisi kontingensi N-1, data yang didapat kemudian dianalisa. Hasil analisis menunjukkan indeks keandalan nilai SAIFI yaitu 3 kali/pelanggan/tahun pada jaringan Penyulang KTT MNA telah memenuhi standar SPLN 68-2: 1986, tetapi belum memenuhi standar IEEE Std 1366TM-2003. Nilai SAIDI yaitu 13.4444 jam/pelanggan/tahun juga telah memenuhi standar SPLN 68-2: 1986, namun tidak memenuhi standar IEEE Std 1366TM-2003. Sedangkan, nilai CAIDI yaitu 20.33 menunjukkan jaringan belum sesuai dengan standar IEEE Std 1366TM-2003, karena indeks yang didapat melebihi standard IEEE Std 1366TM-2003. Sementara itu, nilai ASAI menunjukkan kinerja jaringan baik, karena kemampuan jaringan untuk menyuplai energi listrik periode Januari-September 2024 mencapai lebih dari 98,61%. Nilai ASUI juga menunjukkan performa baik, karena ketidakmampuan jaringan dalam suplai energi listrik hanya 1,38%.

Hasil keefektifan jaringan sistem *backup* dengan kontingensi N-1 dengan menggunakan tiga skenario *system failure* kontingensi N-1 pada jaringan, didapatkan hasil *drop* tegangan rata-rata 2,5% pada sisi *medium voltage* dan 3,7% pada sisi *low voltage*. Kemudian susut daya rata-rata sebesar 0,2%. Merujuk pada SPLN No.56-1:1993 dan SPLN 1:1978 *drop* tegangan max 5% dan susut daya yang diizinkan adalah maksimal 2%. Maka dapat disimpulkan bahwa system keandalan jaringan distribusi tegangan menengah menggunakan konfigurasi Grid dengan pertimbangan kontingensi N-1 dapat dikatakan handal, karena memenuhi standard yang telah ditetapkan.

Kata Kunci : Jaringan Kontingensi N-1, Indeks Keandalan, Jaringan Grid, ETAP

ABSTRACT

The reliability of the electricity distribution network system describes the frequency of outages, the duration of the outages, and the time required to restore the system to normal conditions. Reliability indices frequently used in distribution systems include SAIFI, SAIDI, CAIDI, ASAI, and ASUI. This research was conducted at the KTT MNA Feeder, a medium voltage distribution network with a Grid network configuration. This research aims to analyze network stability in N-1 contingency conditions based on SPLN and IEEE standards, as well as evaluating the performance of the reliability index.

The research was carried out using the method of collecting data in the field and then processing it, the results of the data obtained were simulated using ETAP software to see the condition and quality of the network in the N-1 contingency condition, the data obtained was then analyzed. The analysis results show that the SAIFI reliability index value is 3 times/customer/year on the MNA KTT Feeder network which meets the SPLN 68-2: 1986 standard, but does not yet meet the IEEE Std 1366™-2003 standard. The SAIDI value of 13.4444 hours/customer/year also meets the SPLN 68-2: 1986 standard, but does not meet the IEEE Std 1366™-2003 standard. Meanwhile, the CAIDI value of 20.33 indicates that the network does not comply with the IEEE Std 1366™-2003 standard, because the index obtained exceeds the IEEE Std 1366™-2003 standard. Meanwhile, the ASAI value shows good network performance, because the network's ability to supply electrical energy for the January-September 2024 period reached more than 98.61%. The ASUI value also shows good performance, because the network's inability to supply electrical energy is only 1.38%.

The results of the effectiveness of the backup system network with N-1 contingency using three N-1 contingency system failure scenarios on the network, resulted in an average voltage drop of 2.5% on the medium voltage side and 3.7% on the low voltage side. Then the average power loss is 0.2%. Referring to SPLN No.56-1:1993 and SPLN 1:1978, the maximum voltage drop is 5% and the permitted power loss is a maximum of 2%. So it can be concluded that the reliability system for the medium voltage distribution network using a grid configuration with consideration of the N-1 contingency can be said to be reliable, because it meets the standards that have been set.

Keywords : Contingency N-1 Networks, Reliability Index, Grid Networks, ETAP

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat kasih karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sesuai dengan harapan. Tugas akhir yang diberi judul “**ANALISIS KEANDALAN SISTEM *BACKUP* PADA JARINGAN TEGANGAN MENENGAH DENGAN PERTIMBANGAN KONTINGENSI N-1**” diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Penulis menyadari bahwa dalam mengerjakan tugas akhir ini penulis banyak menghadapi banyak tantangan dan kesulitan. Namun berkat bantuan banyak pihak, penulis akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak terutama :

1. Kedua orang tua saya yang telah memberikan segala dukungan moral, doa, dan materi untuk menunjang kelancaran penyelesaian tugas akhir ini.
2. Ibu Ketty Siti Salamah, S.T, M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir ini yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ketiga kakak dan satu adik kandung saya yang juga telah memberikan dukungan moral dan doa kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bang Alpiter selaku orang yang memberikan dukungan dan moral untuk saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bang Maker selaku orang yang menjadi role model untuk saya, sehingga saya dapat menyelesaikan studi saya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih belum bisa dikatakan sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dalam rangka memperbaiki dan melengkapi tugas akhir ini. Penulis mengharapkan semoga tugas akhir ini dapat berguna dan dikembangkan dikemudian hari.

Jakarta, 23 Desember 2024

Ennos Septian

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN SIMILARITY	iv
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Studi Literatur.....	6
2.1.1 Tabel Perbandingan:.....	10
2.1.2 Konfigurasi Jaringan Grid.....	13

2.2.	Gangguan Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	13
2.3.	Maneuver Jaringan Distribusi	14
2.4.	Karakteristik Pembebanan.....	15
2.5.	Kurva Beban Harian	15
2.6.	Kurva Durasi Beban (Willis, 2004).....	16
2.7.	Parameter Karakteristik Beban.....	16
2.8.	Indeks Keandalan Jaringan Distribusi	18
2.8.1	SAIFI (<i>System Average Interruption Frequency Index</i>).....	18
2.8.2	SAIDI (<i>System Average Interruption Duration Index</i>).....	19
2.8.3	CAIDI (<i>Customer Average Interruption Duration Index</i>)	19
2.8.4	ASAI (<i>Average Service Availability Index</i>)	19
2.8.5	ASUI (<i>Average Service Unavailability Index</i>).....	19
2.9.	Kriteria Keandalan Jaringan Distribusi Listrik	20
2.9.1	<i>Thermal Load Limit</i> atau <i>Ampacity</i>	20
2.9.2	Tegangan Jatuh Maksimum Pada Beban Puncak.....	20
2.9.3	Rugi-rugi Daya Aktif	21
2.10.	<i>Software</i> ETAP	21
2.11.	Kontingensi N-1	22
BAB III	.....	23
METODOLOGI PENELITIAN	.....	23
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2	Skema Konfigurasi Grid Jaringan Distribusi Tegangan Menengah KTT MNA	26
3.3	Data <i>Load Power per Plant</i>	27
3.3.1	Grafik Batang Penggunaan Rata-rata Beban Plant per Bulan ..	27
3.4	Perancangan Jaringan Distribusi pada <i>Software</i> ETAP	33
3.5	Kontingensi N-1 pada Saluran Distribusi Listrik	35

3.6	Simulasi Jaringan Kontingensi N-1	36
3.6.1	Perancangan Skenario 1:	36
3.6.2	Perancangan Skenario 2:	37
3.6.3	Perancangan Skenario 3:	37
3.7	Metode Penelitian	38
3.8	Metode Verifikasi Data	38
BAB IV	.....	39
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	39
4.1.	Data Bus Pada Sistem Distribusi Power	39
4.2.	Pengaruh Ukuran Kabel Terhadap Drop Tegangan	41
4.3.	Losses Transformator Saat Distribusi Power Normal	42
4.4.	Hasil Pengujian Jaringan dengan Skema Kontingensi N-1	44
4.4.1.	Simulasi Jaringan Kondisi Kontingensi N-1	44
4.5.	Analisis Nilai Indeks Keandalan Sistem Jaringan Listrik Sesuai Dengan Standar SPLN 68-2: 1986 dan IEEE std. 1366-2003	58
4.5.1	SAIFI (<i>System Average Interruption Frequency Index</i>)	59
4.5.2	SAIDI (<i>System Average Interruption Duration Index</i>)	59
4.5.3	CAIDI (<i>Customer Average Interruption Duration Index</i>)	59
4.5.4	ASAI (<i>Average Service Availability Index</i>)	60
4.5.5	ASUI (<i>Average Service Unavailability Index</i>)	60
4.6.	Pembahasan	60
BAB V	.....	62
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konfigurasi Jaringan Grid.....	13
Gambar 2. 2 Kurva Beban Harian.....	16
Gambar 2. 3 Kurva Durasi Beban Harian – Peak to Low.....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Keandalan System Backup JTM	25
Gambar 3. 3 Diagram Single Line Jaringan Distribusi Konfigurasi Grid.....	26
Gambar 3. 4 Pemakaian power Boiler plant	28
Gambar 3. 5 Pemakaian power Compressor	28
Gambar 3. 6 Pemakaian power Compressor	28
Gambar 3. 7 Pemakaian power WTP.....	28
Gambar 3. 8 Pemakaian power Fract #1 plant.....	29
Gambar 3. 9 Pemakaian power Ref #1 plant.....	29
Gambar 3. 10 Pemakaian power Chiller Fract plant.....	29
Gambar 3. 11 Pemakaian power ETP & Hydrant.....	29
Gambar 3. 12 Pemakaian power Fract #2 plant.....	29
Gambar 3. 13 Pemakaian power Ref #2 plant.....	30
Gambar 3. 14 Pemakaian power LAB, CCR, WH.....	30
Gambar 3. 15 Pemakaian power Tank Farm plant.....	30
Gambar 3. 16 Pemakaian power Hydrogent plant.....	30
Gambar 3. 17 Pemakaian power QCD & SCD	31
Gambar 3. 18 Pemakaian power CPKO & EIE	31
Gambar 3. 19 Pemakaian power Texturing plant.....	31
Gambar 3. 20 Pemakaian power Texturing plant.....	31
Gambar 3. 21 Pemakaian power Tankfarm WICA.....	32
Gambar 3. 22 Pemakaian power FM plant.....	32
Gambar 3. 23 Pemakaian power Biodiesel plant	32
Gambar 3. 24 Pemakaian power Tankfarm Biodiesel plant	32
Gambar 3.25 Diagram Satu Garis Jaringan dengan Konfigurasi Jaringan Grid 20 kV.....	34

Gambar 3. 26 Konfigurasi Jaringan Grid - Kontingensi N-1	35
Gambar 4. 1 Kondisi Jaringan Normal Distribusi.....	45
Gambar 4. 2 Kondisi Jaringan Saat Kontingensi N-1	46
Gambar 4. 3 Skenario 2 Kondisi Jaringan Normal	50
Gambar 4. 4 Skenario 2 Kondisi Jaringan Kontingensi N-1.....	51
Gambar 4. 5 Skenario 3 Saat Kondisi Jaringan Normal	54
Gambar 4. 6 Skenario 3 Saat Kondisi Jaringan Kontingensi N-1.....	55



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan Penelitian Terdahulu	10
Table 3. 1 Data Pemakaian Power Rata-Rata Bulan Januari dan September 2024	27
Table 3. 2 Tabel Rata-rata Konsumsi power per plant.....	28
Tabel 4. 1 Data Power distribusi pada per Bus	39
Tabel 4. 2 Pengaruh Ukuran Kabel Terhadap Drop Tegangan.....	41
Tabel 4. 3 Susut Daya Transformator Saat Distribusi Power	43
Tabel 4. 4 Nilai Susut Daya saat Kondisi Normal – Skenario 1	46
Tabel 4. 5 Nilai Susut Daya saat Kondisi Kontingensi N-1.....	47
Tabel 4. 6 Tabel Perbandingan Nilai Tegangan Drop Kondisi Normal dan Kontingensi N-1	47
Tabel 4. 7 Drop Tegangan pada Kabel Kondisi Jaringan Normal	48
Tabel 4. 8 Drop Tegangan pada Kabel Kondisi Kontingensi N-1	48
Tabel 4. 9 Skenario 2 Drop Tegangan pada kabel Kondisi Jaringan Normal.....	52
Tabel 4. 10 Skenario 2 Drop Tegangan pada Kabel Kondisi Kontingensi N-1	52
Tabel 4. 11 Tabel Drop Tegangan pada Line – Skenario 2	52
Tabel 4. 12 Skenario 3 Susut daya Tafo Saat Kondisi Jaringan Normal	55
Tabel 4. 13 Skenario 3 Susut Daya Saat Kondisi Jaringan Kontingensi N-1	56
Tabel 4. 14 Tabel Perbandingan Drop Tegangan pada Trafo Skenario 3.....	56
Tabel 4. 17 Pengaruh Drop Tegangan pada Kabel Kondisi Jaringan Normal.....	57
Tabel 4. 18 Pengaruh Drop Tegangan pada Kabel Kondisi Jaringan Kontingensi N-1	57
Tabel 4. 19 Lama Padam, Jumlah Pelanggan, Jumlah Pelanggan Padam, Penyebab Pemadaman dan Titik Padam.....	58
Tabel 4. 20 Perbandingan Hasil Perhitungan Dengan Standar SPLN 68-2: 1986	59