TUGAS AKHIR

ANALISIS KONTINGENSI SISTEM TENAGA IEEE 30 BUS BERBASIS METODE ALIRAN DAYA DISTRIBUTED SLACK BUS

Oleh :
NILWAN
219214014

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA TORAJA
2026

TUGAS AKHIR

ANALISIS KONTINGENSI SISTEM TENAGA IEEE 30 BUS BERBASIS METODE ALIRAN DAYA DISTRIBUTED SLACK BUS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada
Program Studi Teknik Elektro

Oleh :
NILWAN
219214014

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA TORAJA

2026

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat dalammenyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja.

Nama : NILWAN
NIM : 219214014
JUDUL : ANALISIS KONTINGENSI SISTEM TENAGA IEEE 30 BUS BERBASIS METODE ALIRAN DAYA DISTRIBUTED SLACK BUS

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I	Pembimbing II
Ir. Yusri Ambabunga, S.T., M.T.	**Lantana D. Rumpa, S.Kom., M.T.**
NIDN: 0905097602	**NIDN: 0922108401**

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik	Ketua Prodi Teknik Elektro
Dr. Ir. Nitho, ST., MT., IPM., ASEAN.Eng.	**Ariyen Duri', S.T., MT.**
NIDN: 0902117802	**NUPTK: 1734777678230102**

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi sebagian syarat-syarat dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja. Telah diseminarkan pada tanggal, 20 Agustus 2026.

Nama	:	NILWAN
NIM	:	219214014
JUDUL	:	ANALISIS KONTINGENSI SISTEM TENAGA IEEE 30 BUS BERBASIS METODE ALIRAN DAYA DISTRIBUTED SLACK BUS

Dengan susunan dosen pembimbing dan penguji seminar sebagai berikut :

Dosen Pembimbing

1. Ir. Yusri Ambabunga, S.T., M.T. (.....)
2. Lantana D. Rumpa, S.Kom., M.T. (.....)

Dosen Penguji

1. Dr. Ir. Martina Pineng, S.T., M.T. (.....)
2. Ir. Nofrianto Pasae, S.T., M.T. (.....)
3. Ariyen Duri', S.T., M.T. (.....)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tandang dibawah ini :

Nama	:	Nilwan
NIM	:	219214014
JUDUL	:	Analisis Kontingensi Sistem Tenaga Ieee 30 Bus Berbasis Metode Aliran Daya Distributed Slack Bus

Dengan ini menyatakan bahwa karya Tugas Akhir yang diserahkan kepada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja merupakan gagasan, rumusan dan penelitian sendiri yang tidak dibuat melanggar ketentuan duplikasi, plagiarism dan otoplagiarisme. Saya memahami tentang adanya larangan tersebut dan jika dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik serta sanksi lainnya yang berlaku di Universitas Kristen Indonesia Toraja. Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Toraja Utara, 20 Agustus 2026

Yang membuat pernyataan



Nilwan

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir. Tugas akhir ini penulis susun dalam rangka menyelesaikan Skripsi. Yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Pendidikan pada program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Toraja.

Dalam penyususnan Tugas akhir ini, penulis mengalami hambatan namun dengan bantuan dari berbagai pihak, sehingga hambatan tersebut, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada

1. Orang Tua yang selalu mendoakan, menasehati, mendukung serta membiayai kuliah dan menjadi penyemangat bagi penulis untuk menyelesaikan perkuliahan.
2. Ariyen Duri', S.T., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja.
3. Ir. Yusri Ambabunga, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I, yang penuh kesabaran dan ketulusan dalam memberikan ilmu dan bimbingan dengan baik kepada penulis.
4. Lantana D. Rumpa, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan masukan serta arahan bagi penulis selama mengerjakan Tugas akhir ini.
5. Segenap staf dosen dan pegawai Universitas Kristen Indonesia Toraja khususnya Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu serta motivasi sehingga penulis bisa sampai pada tahap menyusun Tugas akhir ini.

6. Saudara-saudara dan semua teman-teman yang selalu mendukung dan memberikan masukan serta motivasi bagi penulis.
7. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Kristen Indonesia Toraja yang telah berjuang sama-sama selama kuliah dan selalu memberikan dukungan sehingga penulis bisa menyusun Tugas akhir.

Akhir kata, penulis berharap semoga dengan adanya Tugas akhir tentang Analisis Kontingensi Sistem Tenaga Ieee 30 Bus Berbasis Metode Aliran Daya *Distributed Slack Bus* dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Tuhan Yesus menyertai kita semua

Rantepao, 20 Agustus 2026

Nilwan

ABSTRAK

Penelitian ini membahas analisis kontingensi pada sistem tenaga listrik IEEE 30 Bus menggunakan metode aliran daya Distributed Slack Bus. Analisis dilakukan untuk mengetahui hasil aliran daya pada kondisi normal serta mengevaluasi dampak kontingensi terhadap profil tegangan bus dan kondisi operasi jaringan. Metode Distributed Slack Bus digunakan untuk mendistribusikan kebutuhan daya akibat rugi-rugi sistem ke beberapa generator berdasarkan faktor partisipasi, sehingga pembagian daya tidak hanya ditanggung oleh satu slack bus sebagaimana pada metode Single Slack Bus. Penyelesaian aliran daya dilakukan menggunakan metode Newton-Raphson, sedangkan analisis kontingensi dilakukan dengan skenario N-1, yaitu pelepasan satu saluran transmisi secara bergantian dari 41 saluran yang terdapat pada sistem IEEE 30 Bus. Simulasi dilakukan menggunakan MATLAB dengan mengevaluasi profil tegangan, tegangan minimum, dan Performance Index. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi normal metode Distributed Slack Bus menghasilkan total pembangkitan sebesar 289,1265 MW untuk memenuhi total beban 283,4 MW, sehingga diperoleh rugi-rugi daya sebesar 5,7265 MW atau 2,02%. Pembagian daya dilakukan kepada enam generator berdasarkan faktor partisipasi, dengan Generator Bus 1 memiliki faktor partisipasi terbesar sebesar 40,01%, Bus 2 sebesar 15,55%, sedangkan Bus 5, 8, 11, dan 13 masing-masing sebesar 11,11%. Dibandingkan metode Single Slack Bus, metode Distributed Slack Bus memberikan pembagian kebutuhan daya akibat rugi-rugi sistem yang lebih terdistribusi karena tidak hanya dibebankan pada satu generator. Pada analisis kontingensi N-1, terdapat tiga skenario yang mengalami voltage collapse, yaitu pelepasan saluran Bus 9–11, Bus 12–13, dan Bus 25–26, yang berkaitan dengan konfigurasi radial sehingga bus tujuan menjadi terisolasi ketika saluran dilepas. Kontingensi terparah yang masih konvergen terjadi pada pelepasan saluran Bus 28–27, dengan tegangan minimum sebesar 0,8250 p.u. pada Bus 30 dan Performance Index sebesar 40,9008. Bus 30, Bus 26, dan Bus 29 menjadi bus yang paling rentan karena berada pada bagian ujung jaringan dengan konfigurasi radial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Distributed Slack Bus dapat digunakan untuk menganalisis aliran daya serta mengidentifikasi bus rentan dan saluran kritis akibat kontingensi pada sistem IEEE 30 Bus.

Kata Kunci: Analisis Kontingensi, Sistem Tenaga IEEE 30 Bus, Distributed Slack Bus, Newton-Raphson, Performance Index

ABSTRACT

This study discusses contingency analysis of the IEEE 30 Bus power system using the Distributed Slack Bus power flow method. The analysis was conducted to determine the power flow results under normal operating conditions and to evaluate the impact of contingencies on the bus voltage profile and overall system operating conditions. The Distributed Slack Bus method was used to distribute the power requirement caused by system losses among several generators based on their participation factors, so that the balancing responsibility is not assigned only to a single slack bus as in the Single Slack Bus method. The power flow solution was performed using the Newton-Raphson method, while the contingency analysis employed an N-1 scenario by disconnecting one transmission line at a time from the 41 transmission lines in the IEEE 30 Bus system. The simulations were carried out in MATLAB by evaluating the voltage profile, minimum voltage, and Performance Index. The results show that under normal operating conditions, the Distributed Slack Bus method produces a total generation of 289.1265 MW to supply a total load of 283.4 MW, resulting in system losses of 5.7265 MW or 2.02%. The power contribution was distributed among six generators based on their participation factors, with the generator at Bus 1 having the largest participation factor of 40.01%, followed by Bus 2 at 15.55%, while generators at Buses 5, 8, 11, and 13 each contributed 11.11%. Compared with the Single Slack Bus method, the Distributed Slack Bus method provides a more distributed representation of the power requirement associated with system losses because the balancing requirement is not assigned to only one generator. In the N-1 contingency analysis, three scenarios resulted in voltage collapse, namely the disconnection of lines Bus 9–11, Bus 12–13, and Bus 25–26, which are associated with a radial configuration that causes the destination bus to become isolated when the corresponding line is disconnected. The most severe contingency that still converged occurred when line Bus 28–27 was disconnected, resulting in a minimum voltage of 0.8250 p.u. at Bus 30 and a Performance Index of 40.9008. Buses 30, 26, and 29 were identified as the most vulnerable buses because they are located at the end of the network and are associated with radial configurations. These results indicate that the Distributed Slack Bus method can be used to analyze power flow conditions and to identify vulnerable buses and critical transmission lines under contingency conditions in the IEEE 30 Bus system..

***Keywords**: Contingency Analysis, IEEE 30 Bus Power System, Distributed Slack Bus, Newton-Raphson, Performance Index*

DAFTAR ISI

SAMPUL i
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
LEMBAR PERSETUJUAN iii
KATA PENGANTAR v
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Masalah Penelitian 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat Penelitian 5
1.5.1 Bagi Peneliti 5
1.5.2 Bagi Masyarakat 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Landasan Teori 7
2.1.1 Sistem Tenaga Listrik 7
2.1.2 Analisis Kontingensi Dalam Sistem Tenaga Listrik 8
2.1.3 Aliran Daya (Power Flow) Dalam Jaringan Tenaga Listrik. 8
2.1.4 Persamaan Aliran Daya 9
2.2 Metode Aliran Daya Distributed Slack Bus 9
2.2.1 Prinsip Dasar Metode Distributed Slack Bus 10
2.2.2 Langkah-Langkah Dalam Metode Distributed Slack Bus 10
2.2.3 Kelebihan Dan Kekurangan Metode Distributed Slack Bus 11
2.2.4 Aplikasi Metode Distributed Slack Bus Dalam Analisis Aliran Daya 12
2.3 Model Jaringan 30 Bus IEEE Dalam Analisis Sistem Tenaga Listrik. 12
2.3.1 Definisi Model Jaringan 30 Bus IEEE 13
2.3.2 Kegunaan Dalam Simulasi Sistem Tenaga 13

2.4 Teknik Mitigasi Dalam Sistem Tenaga Listrik 14
2.4.1 Strategi Mitigasi Untuk Mengatasi Hasil Dari Analisis Kontingensi .. 14
2.4.2 Dampak Mitigasi Pada Kestabilan Tegangan Dan Operasi Sistem 15
2.4.3 Evaluasi Efektivitas Teknik Mitigasi 15
2.5 Kajian Pustaka 15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 21
3.1 Waktu dan lokasi penelitian 21
3.2 Alat dan Bahan 21
3.2.1 Alat 21
3.2.2 Bahan 22
3.3 Langka Dan Prosedur Penelitian 23
3.3.1 Persiapan Penelitian: 23
3.3.2 Pengumpulan Data: 23
3.3.3 Pemodelan Sistem: 23
3.3.4 Simulasi Dan Analisis: 23
3.3.5 Pengembangan Strategi Mitigasi: 24
3.3.6 Pelaporan 24
3.4 Jadwal Penelitian 26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Hasil 27
4.1.1 Pemodelan Sistem Tenaga 30 Bus IEEE 27
4.1.1 Data Parameter Sistem 29
4.1.2 Matriks Admitansi (Y-Bus) 33
4.1.3 Simulasi Aliran Daya dengan Metode Distributed Slack Bus 36
4.1.4 Skenario Kontingensi N-1 46
4.1.5 Performance Index (Indeks Keparahan) 47
4.1.6 Hasil Analisis Kontingensi 48
4.1.7 Perbandingan Profil Tegangan Normal vs Kontingensi Terparah 50
4.2 4.2 Pembahasan 53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 58
5.1 Kesimpulan 58
5.2 Saran 59

DAFTAR REFERENSI 60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitiaan Terkait Terdahulu 15
Tabel 3. 2 Tabel Jadwal Penelitian 26
Tabel 4. 1 Saluran 29
Tabel 4. 2 Data parameter yang digunakan..... 30
Tabel 4. 3 Verifikasi Nilai Pd dan Qd Berdasarkan Tipe Bus 31
Tabel 4. 4 Data Generator Sistem IEEE 30 Bus 32
Tabel 4. 5 Saluran 1 yaitu Bus 1 dan Bus 2 yang akan dijadikan sebagai sampel perhitungan..... 35
Tabel 4. 6 faktor partisipasi setiap generator 40
Tabel 4. 7 profil tegangan pada seluruh 30 bus 41
Tabel 4. 8 Distribusi Daya Generator 45
Tabel 4. 9 Perbandingan Metode Single Slack Bus dan Distributed Slack Bus ... 46
Tabel 4. 10 Ringkasan Hasil Utama Analisis Kontingensi 53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Tenaga Listrik..... 7
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian 25
Gambar 4. 2 Single-Line Diagram Sistem Tenaga IEEE 30 Bus 28
Gambar 4. 3 Konfirmasi Pembentukan Matriks Y-Bus pada MATLAB 36
Gambar 4. 4 Proses Iterasi Metode Distributed Slack Bus pada MATLAB..... 40
Gambar 4. 5 Konvergensi Aliran Daya Newton-Raphson pada Kondisi Normal 41
Gambar 4. 6 Profil Tegangan Sistem IEEE 30 Bus pada Kondisi Normal..... 43
Gambar 4. 7 Distribusi Daya Generator dengan Metode..... 44
Gambar 4. 8 Proses Simulasi Analisis Kontingensi N-1 pada MATLAB 49
Gambar 4. 9 Skenario terparah..... 49
Gambar 4. 10 Perbandingan Profil Tegangan: Kondisi Normal vs Kontingensi Terparah 51
Gambar 4. 11 Indeks Keparahan Kontingensi per Saluran Transmisi 52