

**ANALISA ALIRAN DAYA DAN RUGI-RUGI DAYA SISTEM
KHATULISTIWA SEBELUM DAN SESUDAH INTERKONEKSI SISTEM
SINTANG DAN SEKADAU**

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

YEHEZKIEL GAIZKA MARPAUNG

D1021181031



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2024**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124

Telepon: (0561) 740186 Email: ft@untan.ac.id Website: <http://teknik.untan.ac.id>

HALAMAN PENGESAHAN

"ANALISA ALIRAN DAYA DAN RUGI-RUGI DAYA SISTEM
KHATULISTIWA SEBELUM DAN SESUDAH INTERKONEKSI SISTEM
SINTANG DAN SEKADAU"

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh :

YEHEZKIEL GAIZKA MARPAUNG
NIM. D1021181031

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 7 Oktober 2024
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana.

Susunan Penguji Skripsi :

Dosen Pembimbing Utama	: Prof. Ir. Rudy Gianto, M.T., Ph.D NIP. 196703271992031004
Dosen Pembimbing Kedua	: Ir. Junaidi, M.Sc., IPM NIP. 195908281986021001
Dosen Penguji Utama	: Zainal Abidin, S.T., M.Eng. NIP. 198605072019031008
Dosen Penguji Kedua	: Dr. Ir. Purwoharjono, S.T., M.T., IPM. NIP. 197201021998021001

Dekan

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM.
NIP. 198742231992031002

Pontianak, 7 Oktober 2024

Pembimbing Utama,

Prof. Ir. Rudy Gianto, M.T., Ph.D
NIP. 196703271992031004



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon: (0561) 740186 Email: ft@untan.ac.id Website: <http://teknik.untan.ac.id>

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Yehezkiel Gaizka Marpaung

NIM : D1021181031

Menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul "**ANALISA ALIRAN DAYA DAN RUGI-RUGI DAYA SISTEM KHATULISTIWA SEBELUM DAN SESUDAH INTERKONEKSI SISTEM SINTANG DAN SEKADAU**" tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dituliskan atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis mengacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum dikemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar .

Pontianak, 7 Oktober 2024

Penulis,

Yehezkiel Gaizka Marpaung

NIM. D1021181031



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124

Telepon: (0561) 740186 Email: ft@untan.ac.id Website: <http://teknik.untan.ac.id>

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini, Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan skripsi yang berjudul "**Analisa Aliran Daya dan Rugi-Rugi Daya Sistem Khatulistiwa Sebelum dan Sesudah Interkoneksi Sistem Sintang dan Sekadau**" yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Nama : Yehezkiel Gaizka Marpaung
NIM : D1021181031
Jurusan : Teknik Elektro
Program Studi : Teknik Elektro
Konsentrasi : TTL

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, 7 Oktober 2024

Pembimbing Utama,

Prof. Ir. Rudy Gianto, M.T., Ph.D
NIP. 196703271992031004

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulisan tugas akhir dengan judul "**Analisa Aliran Daya dan Rugi-Rugi Daya Sistem Khatulistiwa Sebelum dan Sesudah Interkoneksi Sistem Sintang dan Sekadau**" ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Adapun penulisan tugas akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Dan selesainya penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini secara khusus penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
2. Bapak Prof. Dr. -Ing. Seno D. Panjaitan, S.T., M.T., IPM selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
3. Bapak Prof. Ir. Rudy Gianto, M.T., Ph.D selaku dosen Pembimbing Utama yang telah banyak memberikan pengarahan dan dorongan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Zainal Abidin, S.T., M.Eng selaku dosen Penguji Utama yang telah memberikan masukan saran pada analisis skripsi ini.
5. Bapak Dr. Purwoharjono, S.T., M.T., IPM selaku dosen Penguji Pembantu yang telah memberikan masukan saran dalam penulisan skripsi ini.
6. Pimpinan dan staf PT. PLN (Persero) UP3B Sistem Kalimantan Barat yang telah memberikan kerjasama dan kesempatan pengambilan data untuk penulisan skripsi ini.

7. Kedua orang tuaku dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan mendo'akan guna keberhasilan dan kesuksesan penulis.
8. Teman-teman serta rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak yang turut serta memberikan dukungan pada penulisan skripsi.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan moril maupun materil yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Mengingat keterbatasan kemampuan yang penulis miliki, maka penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, walaupun demikian penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkannya.

Pontianak, Oktober 2024

Penulis,

Yehezkiel Gaizka Marpaung

D1021181031

ABSTRAK

Penelitian ini menginvestigasi pengaruh penambahan interkoneksi jaringan pada sistem transmisi Khatulistiwa terhadap berbagai skenario beban dan keandalan sistem di wilayah Kalimantan Barat. Fokusnya adalah mengidentifikasi dampak dari pembangunan gardu induk baru, khususnya interkoneksi Sintang-Sekadau, yang diharapkan dapat mengatasi kelangkaan pasokan energi listrik di daerah tersebut. Metodologi yang digunakan meliputi survey lokasi, analisis kuantitatif, perhitungan dengan metode Newton-Raphson, dan simulasi menggunakan program DigSilent. Hasil simulasi menunjukkan bahwa setelah interkoneksi, total beban aktif dan reaktif meningkat sebesar 6-8 %, serta terjadi perubahan pada tegangan bus dalam sistem sebesar +1,7% hingga -7,5%. Meskipun demikian, tegangan bus masih dalam rentang yang sesuai dengan regulasi yang berlaku. Selain itu, total rugi-rugi daya juga mengalami peningkatan setelah interkoneksi sebesar 3-9%, yang perlu diperhatikan dalam upaya menjaga efisiensi sistem. Dengan demikian, penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang efek interkoneksi terhadap sistem transmisi Khatulistiwa, serta membantu dalam mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan. Implikasi dari temuan ini dapat digunakan sebagai dasar untuk pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengembangan infrastruktur kelistrikan di Kalimantan Barat, dengan tujuan untuk meningkatkan ketersediaan dan keandalan pasokan listrik bagi masyarakat dan industri.

Kata kunci : rugi-rugi daya, Newton-Raphson, DigSilent

Abstract

This research investigates the effect of adding network interconnections to the Equatorial transmission system on various load and system reliability scenarios in the West Kalimantan region. The focus is to identify the impact of the construction of new substations, especially the Sintang-Sekadau interconnection, which is expected to overcome the scarcity of electricity supply in the area. The methodology used includes location survey, quantitative analysis, calculations using the Newton-Raphson method, and simulation using the DigSilent program. The simulation results show that after interconnection, the total active and reactive load increases by 6-8%, and there is a change in bus voltage in the system of +1.7% to -7.5%. However, the bus voltage is still within the range in accordance with applicable regulations. Apart from that, total power losses also increase after interconnection by 3-9%, which needs to be considered in an effort to maintain system efficiency. Thus, this research provides a better understanding of the effects of interconnection on the Equatorial transmission system, as well as assisting in evaluating overall system performance. The implications of these findings can be used as a basis for decision making in planning and developing electricity infrastructure in West Kalimantan, with the aim of increasing the availability and reliability of electricity supply for society and industry.

Keywords: *power losses, Newton-Raphson, DigSilent*

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI SALURAN TRANSMISI DAN ALIRAN DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK	
2.1 Sistem Tenaga Listrik.....	1
2.2 Sistem Per-Unit (pu).....	2
2.3 Penyaluran Tenaga Listrik.....	5
2.4 Transformator Tenaga	5
2.5 Gardu Induk	6
2.6 Tegangan Operasi.....	6
2.7 Daya Listrik.....	7
2.8 Saluran Transmisi.....	8
2.9 Model Jaringan Transmisi	9
2.10 Rugi-Rugi Daya	10

2.11	Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik	11
2.11.1	Waktu Dan Lokasi Penelitian	15
2.11.2	Alat Yang Digunakan	15
2.11.3	Metode Penelitian.....	15
2.11.4	Data Penelitian	17
2.11.5	Algoritma Penelitian	17
2.11.6	Analisa Hasil	18
2.11.7	Diagram Alir Penelitian.....	18
2.12	Diagram Segaris	28
2.13	Program Digsilent	31

BAB III KONDISI KELISTRIKAN SISTEM KHATULISTIWA KALBAR

3.1	Gambaran Umum Sistem Kelistrikan Kalimantan Barat	1
3.2	Bagian Struktur Organisasi Pt.Pln (Persero) Up3B Kalimantan Barat	3
3.3	Gambaran Umum Diagram Segaris Khatulistiwa.....	4
3.4	Data Pembangkitan Pada Sistem Khatulistiwa	8
3.5	Data Saluran Transmisi Pada Sistem Khatulistiwa	9
3.6	Data Transformator Daya Pada Gardu Induk Sistem Khatulistiwa ...	11
3.7	Data Pembebanan Sistem Khatulistiwa	13
3.8	Data Kapasitor Shunt Pada Sistem Khatulistiwa	15
3.9	Metodologi Penelitian	15
3.9.1	Waktu Dan Lokasi Penelitian.....	15
3.9.2	Alat Yang Digunakan	15
3.9.3	Metode Penelitian.....	15
3.9.4	Data Penelitian	17

3.9.5	Algoritma Penelitian	17
3.9.6	Analisa Hasil	18
3.9.7	Diagram Alir Penelitian.....	18
BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA		
4.1	Diagram Segaris Untuk Analisis Perhitungan Aliran Daya	1
4.2	Hasil Analisis Aliran Daya Setelah Interkoneksi	8
4.3	Hasil Analisis Aliran Daya Sebelum Interkoneksi	12
4.4	Diskusi Hasil	16
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	1
5.2	Saran.....	2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik	2
Gambar 2.2 Situasi Pada Bus I. (A) Diagram Segaris. (B) Rangkaian Ekivalen.....	13
Gambar 2.3 Sistem Tenaga N-Bus Untuk Analisis Aliran Daya.....	14
Gambar 2.4 Sistem 2-Generator 3-Bus	16
Gambar 2.5 Tampilan Diagram Segaris	30
Gambar 2.6 Tampilan Software Digsilent.....	31
Gambar 2.7 Tampilan Software Digsilent.....	32
Gambar 3.1 Wilayah Kerja Pt.Pln Up3B Kalimantan Barat	2
Gambar 3.2 Bagian Struktur Organisasi Pt.Pln (Persero) Up3B Kalbar.....	3
Gambar 3.3 Diagram Segaris Sistem Khatulistiwa.....	5
Gambar 3.4 Diagram Segaris Sistem Khatulistiwa (Kode Bus)	6
Gambar 3.5 Diagram Alir Perhitungan Aliran Daya Metode Newton Raphson	19
Gambar 3.6 Diagram Alir Simulasi Digsilent.....	20
Gambar 4.1 Wilayah Kerja Pt.Pln Up3B Kalimantan Barat	2
Gambar 4.2 Bagian Struktur Organisasi Pt.Pln (Persero) Up3B Kalbar.....	3
Gambar 4.3 Diagram Segaris Sistem Khatulistiwa.....	5
Gambar 4.4 Diagram Segaris Sistem Khatulistiwa (Kode Bus)	6
Gambar 4.5 Diagram Alir Perhitungan Aliran Daya Metode Newton Raphson	19
Gambar 4.6 Diagram Alir Simulasi Digsilent.....	20

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Data Bus Sistem Khatulistiwa.....	7
Tabel 3.2 Data Pembangkitan Pada Sistem Khatulistiwa	8
Tabel 3.3 Data Saluran Transmisi Pada Sistem Khatulistiwa	10
Tabel 3.4 Data Transformator Daya Pada Gardu Induk Sistem Khatulistiwa.....	12
Tabel 3.5 Data Beban Rata-Rata Sistem Khatulistiwa.....	13
Tabel 3.6 Data Kapasitor Shunt Pada Sistem Khatulistiwa	15
Tabel 4.1 Data Saluran Sistem Khatulistiwa Setelah Interkoneksi	3
Tabel 4.2 Data Saluran Sistem Khatulistiwa Sebelum Interkoneksi.....	4
Tabel 4.3 Pembangkitan Daya Setelah Interkoneksi.....	8
Tabel 4.4 Tegangan Bus Setelah Interkoneksi	9
Tabel 4.5 Aliran Daya Setelah Interkoneksi	10
Tabel 4.6 Rugi-Rugi Daya Saluran Setelah Interkoneksi.....	11
Tabel 4.7 Pembangkitan Daya Sebelum Interkoneksi.....	12
Tabel 4.8 Tegangan Bus Sebelum Interkoneksi	13
Tabel 4.9 Aliran Daya Sebelum Interkoneksi	14
Tabel 4.10 Rugi-Rugi Daya Saluran Sebelum Interkoneksi	15

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kalimantan Barat memiliki wilayah yang luas dengan beragam potensi sumber daya alam yang melimpah. Dukungan pemerintah dan kemajuan teknologi, terutama dalam industri, telah mendorong perkembangan sektor industri, sosial, dan ekonomi di provinsi ini. Perkembangan ini secara langsung mempengaruhi kemajuan masyarakat dan perekonomiannya. Salah satu faktor kunci dalam perkembangan industri adalah sektor kelistrikan. PT. PLN (Persero) sebagai penyedia layanan listrik juga memberikan kontribusi yang sangat besar dalam perkembangan wilayah Kalimantan Barat dengan menyediakan pasokan listrik yang memadai kepada masyarakat dan sektor industri. PT. PLN (Persero) telah membentuk sistem transmisi yang meliputi sebagian besar kota di Kalimantan Barat, yang dikenal dengan nama sistem Khatulistiwa. Sebagai sektor yang memainkan peran penting dalam pengembangan sosial-ekonomi suatu wilayah, sistem transmisi Khatulistiwa diharapkan mampu memberikan kapasitas listrik yang memadai, menjaga kualitas daya yang baik, memiliki efisiensi yang tinggi, koneksi yang handal, pemantauan dan pengendalian yang baik, serta pengolahan data dan analisis yang tepat.

Meskipun memiliki potensi yang besar, perkembangan industri di Kalimantan Barat masih dihadapkan pada berbagai tantangan, seperti kurangnya pasokan listrik di beberapa wilayah yang menyebabkan melambatnya perkembangan industri dan ekonomi masyarakat, khususnya kebutuhan listrik masyarakat di Kabupaten Sintang dan Sekadau yang masih mengalami kekurangan pasokan energi listrik, untuk itu PT.PLN (Persero) membuat suatu langkah untuk mengatasi kelangkaan energi listrik dengan membangun gardu induk baru yang terhubung dalam sistem khatulistiwa yakni interkoneksi Sintang-Sekadau, di mana daya mampu pembangkit berkisar antara 30

MW hingga 60 MW. Ini jauh dari rata-rata beban puncak di masing-masing daerah tersebut berdasarkan data pada *website* Badan Pusat Statistik Kalimantan Barat pada tahun 2016, yakni sebesar 22,957 MW dengan kapasitas mampu sebesar 21,5 MW untuk daerah sekadau dan beban puncak sebesar 7,955 MW dengan kapasitas mampu sebesar 7,700 MW, selain itu susut (*Losses*) yang terjadi juga mengurangi pasokan energi listrik ke pelanggan sehingga perlu diperhatikan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh penambahan interkoneksi jaringan pada sistem transmisi Khatulistiwa dalam berbagai skenario beban, serta untuk melihat dampaknya terhadap keandalan sistem. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi potensi beban berlebih dan mengukur kerugian energi dalam sistem tenaga listrik. Dengan demikian, analisis ini membantu dalam menentukan aliran daya yang optimal dan mengevaluasi kinerja keseluruhan sistem. Analisa ini dikerjakan dengan cara survey lokasi, data kuantitatif, perhitungan dengan menggunakan metode Newton-Raphson dan simulasi program DigSilent.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka berikut merupakan beberapa rumusan masalah dalam tugas akhir sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menghitung aliran daya dan rugi-rugi daya pada sistem Khatulistiwa dalam kondisi beban sebelum dan sesudah interkoneksi Sintang dan Sekadau masuk?
2. Apa saja langkah-langkah yang diperlukan untuk menghitung, menganalisis, dan membandingkan tegangan, sudut fasa, daya aktif, daya reaktif pada setiap bus dan saluran serta rugi-rugi daya pada sistem khatulistiwa sebelum dan sesudah transmisi sintang dan Sekadau masuk?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui besar aliran daya, tegangan, dan rugi-rugi daya pada setiap bus Sistem Khatulistiwa dalam tiga kondisi beban.

2. Untuk mengetahui berapa besar tegangan pada tiap bus, sudut fasa pada tiap bus, daya aktif pada saluran, dan daya reaktif pada saluran serta rugi-rugi daya transmisi pada sistem khatulistiwa sebelum dan sesudah transmisi sintang dan sekadau masuk dengan *Software* DigSilent.

1.4. Pembatasan Masalah

Untuk memastikan pembahasan yang terarah, penulis perlu menetapkan batasan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Berikut adalah batasan masalah yang ditetapkan :

1. Analisa aliran daya akan dilakukan menggunakan metode Newton-Raphson untuk menghitung kerugian energi.
2. Analisa dan simulasi akan menggunakan data yang didapat dari PT. PLN (Persero) UP3B wilayah Kalimantan Barat tahun 2022 serta Diagram Segaris yang dibuat dalam program DigSilent berdasarkan data yang diterima dan disimulasikan.
3. Studi aliran daya akan dilakukan pada tiga kondisi beban: beban ringan (awal), beban rata-rata (normal), dan beban puncak (maksimal).
4. Studi aliran daya akan dilakukan dalam dua skenario: sistem interkoneksi terpasang dan sistem interkoneksi terlepas.

Dengan menetapkan batasan masalah ini, diharapkan hasil pembahasan akan lebih terfokus dan relevan dengan tujuan penelitian.

1.5. Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab, di mana masing – masing bab mempunyai kaitan satu sama lain, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian pembatasan masalah, metodologi penelitian, sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI SALURAN TRANSMISI DAN ALIRAN DAYA PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Dalam bab ini berisi teori-teori sistem tenaga listrik, sistem per- unit, penyaluran tenaga listrik, transformator tenaga, gardu induk, tegangan operasi, daya listrik, saluran transmisi, model jaringan transmisi, rugi-rugi daya, aliran daya pada sistem tenaga listrik, solusi aliran daya, bentuk matriks admitansi, persamaan-persamaan aliran daya, perhitungan aliran daya dengan metode Newton-Raphson, Diagram Segaris dan Program *software* DigSilent.

BAB III KONDISI KELISTRIKAN SISTEM KHATULISTIWA KALBAR

Berisikan tentang kondisi gambaran umum sistem kelistrikan Khatulistiwa Kalimantan Barat, gambaran umum Diagram Segaris Khatulistiwa, kondisi pembangkitan pada sistem Khatulistiwa, kondisi saluran transmisi pada sistem Khatulistiwa, kondisi gardu induk pada sistem Khatulistiwa.

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA ALIRAN DAN RUGI-RUGI DAYA

Pada bab ini berisi proses perhitungan impedansi pada sistem Khatulistiwa Kalimantan Barat, total pembangkit dan beban sistem Khatulistiwa, perhitungan aliran daya dan rugi-rugi daya saluran transmisi sistem Khatulistiwa dan simulasi *software* DigSilent.

BAB V PENUTUP

Berisikan kesimpulan dan saran, yang menjadi inti dari tugas akhir ini.