STUDI PENGATURAN BEBAN GEDUNG DJKN KALIMANTAN BARAT

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh:
DENIS TOZA
NIM D1021191103

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

STUDI PENGATURAN BEBAN GEDUNG DJKN KALIMANTAN BARAT

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh:
DENIS TOZA
NIM D1021191103

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2026

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Denis Toza

NIM : D1021191103

Menyatakan bahwa dalam SKRIPSI ini yang berjudul "Studi Pengaturan Beban Gedung DJKN Kalimantan Barat" 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 ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

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

Pontianak, 8 Mei 2026

Denis Toza

NIM D1021191103

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI PENGATURAN BEBAN GEDUNG DJKN KALIMANTAN BARAT

Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Oleh:
Denis Toza
NIM D1021191103

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 8 Mei 2026
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi

Ketua,

Ir. Danial, M.T., IPM
NIP. 196202121992031002

Penguji Utama,

Dr. Ir. M. Iqbal Arsyad, M.T., IPM
NIP. 196609071992031002

Sekretaris,

F. Trias Pontia Wigyarianto, S.T., M.T.
NIP. 197510012000031001

Penguji Kedua,

Dr. Ir. Purwohardono, S.T., M.T.
NIP. 197201021998021001

Pontianak, 8 Mei 2026
Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karya sederhana ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta,
Bapak Suhan Miharto dan Ibu Miza

Terima kasih atas cinta, doa, perjuangan, pengorbanan, dan kasih sayang yang tidak pernah berhenti mengalir dalam setiap langkah hidup penulis. Tidak ada kata yang mampu menggambarkan betapa besar ketulusan yang telah diberikan demi masa depan penulis.

Di balik selesainya skripsi ini, ada lelah yang Ayah sembunyikan, ada doa yang Ibu panjatkan di setiap sujudnya, serta ada harapan besar yang selalu kalian titipkan untuk keberhasilan anakmu. Penulis menyadari bahwa sampai pada titik ini bukanlah hasil dari perjuangan sendiri, melainkan karena kekuatan doa dan dukungan yang selalu menyertai setiap langkah.

Skripsi ini mungkin tidak sebanding dengan seluruh pengorbanan yang telah diberikan, namun semoga karya sederhana ini dapat menjadi salah satu bentuk kebanggaan dan bukti bahwa setiap perjuangan kalian tidak pernah sia-sia.

Untuk keluarga tercinta, terima kasih karena selalu menjadi tempat pulang, sumber kekuatan, dan alasan penulis untuk terus bertahan serta berjuang hingga akhir.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa memberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan kepada kalian atas segala cinta dan ketulusan yang telah diberikan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan kasih sayang-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Dalam penulisan skripsi ini, penulis mengangkat judul: "Studi Pengaturan Beban Gedung DJKN Kalimantan Barat" skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Tanjungpura Pontianak. Selesainya penulisan skripsi ini adalah berkat bantuan, bimbingan, petunjuk, serta dorongan semangat dari semua pihak.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala arahan serta bantuan kepada:

1. Bapak Dr. -Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
2. Bapak Prof. Dr. -Ing. Seno Darmawan Panjaitan, S.T., M.T., IPM, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
3. Bapak Jannus Marpaung, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakutas Teknik Universitas Tanjungpura.
4. Bapak Dr. Ir. M. Iqbal Arsyad, M.T., IPM, selaku Dosen Pembimbing Akademik dan selaku Dosen Penguji Utama yang telah banyak memberikan bimbingan serta arahan kepada penulis dalam menyeselesaikan penulisan tugas akhir ini.
5. Bapak Ir. Danial, M.T., IPM, selaku Dosen Pembimbing Utama.
6. Bapak F. Trias Pontia Wigyarianto, S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng., selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
7. Bapak Dr. Ir Purwoharjono, S.T., M.T., IPM, selaku Dosen Penguji Pendamping.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura yang telah membekali ilmu baik berupa teori maupun praktik.
9. Kedua orang tua, Bapak Suhanmiharto dan Ibu Miza atas segala doa, kasih sayang, pengorbanan, serta dukungan yang tidak pernah berhenti.

10. Sahabat, orang terdekat serta teman-teman yang telah memberikan masukan, saran, serta solusi dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, dan semoga Allah SWT membalas amal baik semua pihak yang telah memberikan bantuan hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini, Amin.

Pontianak, 8 Mei 2026

Denis Toza
NIM D1021191103

ABSTRAK

Ketidakseimbangan beban antar fasa pada sistem distribusi tenaga listrik dapat menyebabkan distribusi arus yang tidak merata, munculnya arus pada penghantar netral, serta menurunnya efisiensi pemanfaatan kapasitas transformator. Kondisi ini sering terjadi pada instalasi listrik bangunan akibat pembagian beban yang tidak merata pada masing-masing fasa, sehingga berpotensi meningkatkan rugi-rugi daya dan menurunkan keandalan sistem kelistrikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi ketidakseimbangan beban pada sistem distribusi listrik Gedung DJKN Kalimantan Barat serta mengevaluasi pengaruh pengaturan distribusi beban antar fasa terhadap pemanfaatan kapasitas transformator. Analisis dilakukan dengan mengkaji kondisi pembebanan awal pada setiap fasa untuk mengetahui tingkat ketidakseimbangan arus yang terjadi. Selanjutnya sistem distribusi dimodelkan dalam bentuk single line diagram menggunakan perangkat lunak *ETAP* untuk mendukung analisis kondisi pembebanan pada sistem distribusi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi awal memiliki ketidakseimbangan beban sebesar 53,8% dengan arus netral rata-rata 46 A. Setelah dilakukan relokasi beban sekitar ±6 kW antar fasa, distribusi arus menjadi lebih merata, arus netral menurun menjadi ±4,44 A, dan ketidakseimbangan beban berkurang hingga sekitar ±5%. Dengan demikian, pengaturan beban antar fasa terbukti efektif dalam meningkatkan keseimbangan sistem, mengoptimalkan pembebanan transformator, serta berpotensi mengurangi rugi-rugi daya dan meningkatkan keandalan sistem distribusi.

Kata kunci: ketidakseimbangan beban, distribusi tiga fasa, arus netral, transformator distribusi, ETAP.

ABSTRACT

Phase load imbalance in electrical power distribution systems can cause uneven current distribution, neutral conductor currents, and reduced transformer capacity efficiency. This condition frequently occurs in building electrical installations due to unequal load distribution across phases, potentially increasing power losses and decreasing system reliability. This study aims to analyze the load imbalance in the electrical distribution system of the DJKN West Kalimantan Building and evaluate the impact of phase load balancing on transformer capacity utilization. The analysis examines initial phase loading to determine current imbalance levels. The distribution system is then modeled as a single-line diagram using ETAP software to support load condition analysis. The results show an initial load imbalance of 53.8% with an average neutral current of 46 A. After balancing a load of approximately ±6 kW across phases, the current distribution became more uniform, the neutral current decreased to ±4.44 A, and the load imbalance was reduced to around ±5%. Thus, phase load balancing effectively improves system balance, optimizes transformer loading, reduces power losses, and enhances distribution system reliability.

Keywords: load imbalance, three-phase distribution, neutral current, distribution transformer, ETAP.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
ABSTRAK iii
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR SIMBOL xii
BAB I PENDAHULUAN I-1
1.1 Latar Belakang I-1
1.2 Perumusan Masalah I-2
1.3 Tujuan Penelitian I-3
1.4 Pembatasan Masalah I-4
1.5 Sistematika Penulisan I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA II-1
2.1 Transformator II-1
2.2 Ketidakseimbangan beban Listrik II-3
2.3 Penyaluran Dan Susut Daya II-4
2.4 Pembagian beban Dan Instalasi Listrik II-4
2.5 Tarikan Kabel Dan Pengaman Arus Lebih II-10
2.6 Software Etap II-14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN III-1
3.1 Jenis Dan Pendekatan Penelitian III-1
3.2 Lokasi Dan Waktu Penelitian III-1
3.3 Objek Penelitian III-1
3.4 Data Penelitian III-2
3.5 Metode Pengumpulan Data III-24
3.6 Prosedur Penelitian III-25
3.7 Teknik Analisis Data III-26
3.8 Diagram Alir Penelitian III-27

BAB IV ANALISIS REDISTRIBUSI BEBAN DAN SIMULASI SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG DJKN KALIMANTAN BARAT IV-1
4.1 Evaluasi Awal Sistem Distribusi Eksisting Gedung DJKN IV-1
4.2 Distribusi Listrik Utama Gedung IV-1
4.3 Perhitungan Pemanfaatan Kapasitas Trafo Beban Eksisting IV-7
4.4 Ketidakseimbangan Fasa Sebelum Pengaturan Beban IV-23
4.5 Permodelan Sistem Distribusi Eksisting Pada ETAP..... IV-43
4.6 Validasi Hasil Perhitungan Terhadap Simulasi ETAP..... IV-63
4.7 Analisis Pengaturan beban IV-68
4.8 Simulasi Sistem Setelah Relokasi Beban..... IV-86
4.9 Persentase Pembebanan Trafo Setelah Relokasi Beban..... IV-92
4.10 Ketidakseimbangan Beban Setelah Relokasi IV-97
4.11 Perbandingan Kondisi Sebelum dan Sesudah Relokasi IV-107
4.12 Analisis Dampak Relokasi Terhadap Pembebanan Transformator IV-112
4.13 Dampak Relokasi Terhadap Penggunaan Transformator IV-118
4.14 Pembagian Beban Setelah Relokasi IV-120
4.15 Pengelompokkan Jenis Beban Setelah Relokasi IV-123
4.16 Pembagian Sirkit Beban Setelah Relokasi IV-125
4.17 Perencanaan Penghantar dan Sistem Proteksi Setelah Relokasi IV-135
4.18 Rekomendasi Akhir..... IV-160
BAB V PENUTUP.....V-1
5.1 Kesimpulan V-1
5.2 Saran.....V-1
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Vektor Diagram Arus II-3
Gambar 2. 2 Hubungan Bintang II-6
Gambar 2. 3 Hubungan Segitiga II-7
Gambar 2. 4 Hubungan Bintang dan Segitiga yang Seimbang II-8
Gambar 2. 5 Ketidakseimbangan Beban pada Sistem Tiga Fasa II-8
Gambar 3. 1 Gedung Kanwil DJKN KALBAR III-2
Gambar 3. 2 Transformator & Panel Utama Gedung III-3
Gambar 3. 3 Nameplate Panel Utama III-4
Gambar 3. 4 Panel MDP Gedung DJKN KALBAR III-5
Gambar 3. 5 Panel SDP Utama Gedung III-5
Gambar 3. 6 Panel SDP Lantai 1 ..... III-6
Gambar 3. 7 Panel SDP Lantai 2 ..... III-7
Gambar 3. 8 Panel SDP Lantai 3 ..... III-8
Gambar 3. 9 Panel Pembagi Lantai Basement III-8
Gambar 3. 10 Single Line Diagram Distribusi Listrik Utama III-11
Gambar 3. 11 Denah Ruangan & Peralatan Basement III-12
Gambar 3. 12 Denah Ruangan & Peralatan Lantai 1 ..... III-13
Gambar 3. 13 Denah Ruangan & Peralatan Lantai 2 ..... III-14
Gambar 3. 14 Denah Ruangan & Peralatan Lantai 3 ..... III-15
Gambar 3. 15 Diagram Alir Penelitian III-27
Gambar 4. 1 Main Distribution Line IV-2
Gambar 4. 2 Diagram Distribui Beban Basement & Lantai 1 ..... IV-4
Gambar 4. 3 Diagram Distribui Beban Lantai 2 ..... IV-5
Gambar 4. 4 Diagram Distribui Beban Lantai 3 ..... IV-6
Gambar 4. 5 Pola Beban Terukur Panel Utama IV-24
Gambar 4. 6 Pola Beban Terukur Panel Lantai 1 ..... IV-24
Gambar 4. 7 Pola Beban Terukur Panel Lantai 2 ..... IV-25
Gambar 4. 8 Pola Beban Terukur Panel Lantai 3 ..... IV-25
Gambar 4. 9 Simulasi Unbalance Load Flow Gedung DJKN IV-54
Gambar 4. 10 Hasil Simulasi Unbalance Load Flow Kondisi Operasional IV-56
Gambar 4. 11 Critical Report Hasil Simulasi Sebelum Relokasi Beban IV-58

Gambar 4. 12 Hasil Simulasi Setelah Relokasi Beban IV-88
Gambar 4. 13 Grafik Arus Fasa Sebelum dan Sesudah Relokasi IV-113
Gambar 4. 14 Grafik Pembebanan Sebelum & Sesudah Relokasi beban IV-115
Gambar 4. 15 Grafik Arus Netral Sebelum dan Sesudah Relokasi..... IV-116
Gambar 4. 16 Grafik Penurunan % Unbalance Distribusi Utama IV-117
Gambar 4. 17 Diagram Distribusi Utama Rencana Relokasi..... IV-155
Gambar 4. 18 Diagram Panel Rencana Relokasi Basement IV-156
Gambar 4. 19 Diagram Panel Rencana Relokasi Lantai 1 ..... IV-157
Gambar 4. 20 Diagram Panel Rencana Relokasi Lantai 2 ..... IV-158
Gambar 4. 21 Diagram Panel Rencana Relokasi Lantai 3 ..... IV-159

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Standar Ukuran dan Rating MCCB (IEC 60947-2) II-11
Tabel 2. 2 Tabel Standar Ukuran dan Rating MCB (IEC 60898-1) II-12
Tabel 2. 3 Standar Kabel PUIL 2011..... II-13
Tabel 3. 1 Data Peralatan Lantai 1 ..... III-16
Tabel 3. 2 Data Peralatan Lantai 2 ..... III-17
Tabel 3. 3 Data Peralatan Lantai 3 ..... III-17
Tabel 3. 4 Data Peralatan Lantai Dasar (Basement) III-18
Tabel 3. 5 Daftar Beban Terpasang pada Panel Lantai 1 ..... III-19
Tabel 3. 6 Daftar Beban Terpasang pada Panel Lantai 2 ..... III-19
Tabel 3. 7 Daftar Beban Terpasang pada Panel Lantai 3 ..... III-20
Tabel 3. 8 Daftar Beban Terpasang pada Basement..... III-21
Tabel 3. 9 Tabel Arus Puncak Harian Panel Utama III-22
Tabel 3. 10 Tabel Arus Puncak Harian Panel Lantai 1..... III-22
Tabel 3. 11 Tabel Arus Puncak Harian Panel Lantai 2..... III-23
Tabel 3. 12 Tabel Arus Puncak Harian Panel Lantai 3..... III-24
Tabel 4. 1 Daya Aktif Beban Tetap Gedung..... IV-8
Tabel 4. 2 Rangkuman % Pembebanan Fasa Panel Utama..... IV-10
Tabel 4. 3 Rangkuman % Pembebanan Fasa Panel Lantai 1 ..... IV-11
Tabel 4. 4 Rangkuman % Pembebanan Fasa Panel Lantai 2 ..... IV-12
Tabel 4. 5 Rangkuman % Pembebanan Fasa Panel Lantai 3 ..... IV-14
Tabel 4. 6 Tabel Arus Rata-rata Beban Puncak Operasional..... IV-15
Tabel 4. 7 Arus Rata-rata Beban Puncak Hari Libur..... IV-15
Tabel 4. 8 Ringkasan % Ketidakseimbangan Waktu Operasional IV-30
Tabel 4. 9 Ringkasan % Ketidakseimbangan Waktu Libur..... IV-34
Tabel 4. 10 Ringkasan Arus Netral (IN) Panel Utama..... IV-35
Tabel 4. 11 Ringkasan Arus Netral (IN) Panel Lantai 1..... IV-36
Tabel 4. 12 Ringkasan Arus Netral (IN) Panel Lantai 2 ..... IV-37
Tabel 4. 13 Ringkasan Arus Netral (IN) Panel Lantai 3 ..... IV-39
Tabel 4. 14 Ringkasan IN Rata-rata Waktu Operasional & Libur IV-43
Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Beban Puncak Harian Panel Utama..... IV-45

Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Beban Puncak Harian Panel Lantai 1 ..... IV-47
Tabel 4. 17 Hasil Perhitungan Beban Puncak Harian Panel Lantai 2 ..... IV-49
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Beban Puncak Harian Panel Lantai 3 ..... IV-51
Tabel 4. 19 Perbandingan Beban Rata-Rata Kondisi Operasional dan Libur .. IV-53
Tabel 4. 20 Tabel Titik yang Dianalisis IV-55
Tabel 4. 21 Nilai Arus Hasil Simulasi di Titik Pengamatan IV-60
Tabel 4. 22 Perbandingan Nilai Arus Eksisting dan Simulasi IV-63
Tabel 4. 23 Persentase Eror Nilai Arus IV-65
Tabel 4. 24 Persentase Eror Arus Netral (IN) IV-66
Tabel 4. 25 Selisih Ketidakseimbangan IV-66
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Kebutuhan Redistribusi Arus IV-73
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Konversi Arus ke Daya Beban IV-76
Tabel 4. 28 Distribusi Daya Beban Dominan Fasa Panel Lantai 1 ..... IV-79
Tabel 4. 29 Distribusi Daya Beban Dominan Fasa Panel Lantai 2 ..... IV-79
Tabel 4. 30 Distribusi Daya Beban Dominan Fasa Panel Lantai 3 ..... IV-80
Tabel 4. 31 Distribusi Daya Beban Dominan Basement IV-81
Tabel 4. 32 Rangkuman Kombinasi Beban Lantai 1 ..... IV-82
Tabel 4. 33 Rangkuman Kombinasi Beban Lantai 2 ..... IV-83
Tabel 4. 34 Rangkuman Kombinasi Beban Lantai 3 ..... IV-85
Tabel 4. 35 Rekap Total Perpindahan Beban IV-86
Tabel 4. 36 Nilai Arus Puncak Beban Rata-rata Setelah Relokasi Beban IV-88
Tabel 4. 37 Hasil Simulasi Variasi Beban Panel Utama Setelah Relokasi IV-89
Tabel 4. 38 Hasil Simulasi Variasi Beban Panel Lantai 1 Setelah Relokasi IV-90
Tabel 4. 39 Hasil Simulasi Variasi Beban Panel Lantai 2 Setelah Relokasi IV-90
Tabel 4. 40 Hasil Simulasi Variasi Beban Panel Lantai 3 Setelah Relokasi IV-91
Tabel 4. 41 Rangkuman % Pembebanan Fasa Panel Utama Setelah Relokasi IV-93
Tabel 4. 42 Rangkuman Pembebanan Fasa Panel Lantai 1 Setelah Relokasi .. IV-94
Tabel 4. 43 Rangkuman Pembebanan Fasa Panel Lantai 2 Setelah Relokasi . IV-96
Tabel 4. 44 Rangkuman Pembebanan Fasa Panel Lantai 3 Setelah Relokasi .. IV-97
Tabel 4. 45 % Ketidakseimbangan Harian Panel Utama Setelah Relokasi.... IV-102
Tabel 4. 46 Ketidakseimbangan Harian Panel Lantai 1 Setelah Relokasi IV-104
Tabel 4. 47 Ketidakseimbangan Harian Panel Lantai 2 Setelah Relokasi IV-105

Tabel 4. 48 Ketidakseimbangan Harian SDP Lt. 3 Setelah Relokasi IV-106
Tabel 4. 49 Arus Per-Fasa Tiap Panel Sebelum Relokasi IV-107
Tabel 4. 50 Arus Per-Fasa Tiap Panel Sesudah Relokasi IV-108
Tabel 4. 51 Perbandingan Pembebanan Fasa Sebelum & Sesudah Relokasi. IV-109
Tabel 4. 52 Perbandingan Arus Netral IV-110
Tabel 4. 53 Perbandingan % Unbalance Per-Hari IV-111
Tabel 4. 54 Ringkasan Dampak Relokasi Beban Terhadap Kinerja Trafo IV-118
Tabel 4. 55 Pembagian Beban Per-Fasa SDP Lantai 1 Setelah Relokasi IV-120
Tabel 4. 56 Pembagian Beban Per-Fasa SDP Lantai 2 Setelah Relokasi IV-121
Tabel 4. 57 Pembagian Beban Per-Fasa SDP Lantai 3 Setelah Relokasi IV-122
Tabel 4. 58 Pembagian Beban Per-Fasa Basement Setelah Relokasi IV-122
Tabel 4. 59 Pengelompokkan Beban Lantai 1 ..... IV-123
Tabel 4. 60 Pengelompokkan Beban Lantai 2 ..... IV-124
Tabel 4. 61 Pengelompokkan Beban Lantai 3 ..... IV-124
Tabel 4. 62 Pengelompokkan Beban Basement IV-125
Tabel 4. 63 Grouping Beban Lantai Dasar/Basement IV-128
Tabel 4. 64 Grouping Beban Lantai 1 ..... IV-129
Tabel 4. 65 Grouping Beban Lantai 2 ..... IV-131
Tabel 4. 66 Grouping Beban Lantai 3 ..... IV-133
Tabel 4. 67 Hasil Perencanaan Pengaman dan Kabel Basement IV-146
Tabel 4. 68 Hasil Perencanaan Pengaman dan Kabel Lantai 1 ..... IV-146
Tabel 4. 69 Hasil Perencanaan Pengaman dan Kabel Lantai 2 ..... IV-147
Tabel 4. 70 Hasil Perencanaan Pengaman dan Kabel Lantai 3 ..... IV-148
Tabel 4. 71 Perencanaan Pengaman Arus Lebih SDP IV-149

DAFTAR SIMBOL

3ϕ	: Listrik 3 fasa
	: MCB
	: MCCB
	: Trafo
	: Fuse
	: Grounding
SPLN	: Standar Perusahaan Listrik Negara
PUIL	: Peraturan Umum Instalasi Listrik
P	: Daya aktif
Q	: Daya reaktif
S	: Daya semu
I	: Arus
V	: Tegangan
$\cos\theta$	: Faktor daya
MCB	: *Miniature Circuit Breacker*
MCCB	: *Molded Case Circuit Breacker*
mm^2	: Mili Meter Persegi
I_L	: Arus fasa
Δ	: Hubungan Delta
Y	: Hubungan Star
I_n	: Arus netral
I_{FL}	: Arus *Full Load*
%	: Persentase
ΔI	: Nilai selisih arus
I_{AVG}	: Nilai arus rata-rata
I_{Max}	: Arus fasa tertinggi
$I_{rata-rata}$	: Arus rata-rata
Sin	: Sinus
Cos	: Cosinus

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sistem distribusi tenaga listrik, keseimbangan beban antar fasa merupakan salah satu indikator penting dalam menjamin efisiensi dan keandalan operasi. Berdasarkan SPLN 17:2014, batas maksimal ketidakseimbangan arus antar fasa yang masih diperbolehkan adalah $\leq 15\%$ dari arus rata-rata fasa. Ketidakseimbangan yang melebihi ambang batas ini dapat menyebabkan peningkatan suhu pada trafo, rugi-rugi energi yang lebih besar, serta menurunnya keandalan operasi sistem kelistrikan secara keseluruhan. Selain itu, berdasarkan *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) Std 446-1995, menekankan bahwa pembagian beban yang tidak merata ini secara langsung memicu fenomena pergeseran fasa pada sistem distribusi tenaga listrik. Penyimpangan fasa tersebut kemudian mengakibatkan munculnya tegangan urutan negatif yang menyebabkan ketidakseimbangan tegangan sistem. Jika kondisi ini dibiarkan melampaui batas toleransi yang diizinkan oleh standar teknis, maka akan timbul peningkatan rugi-rugi daya (*losses*), pemanasan berlebih (*overheating*), serta penurunan performa dan efisiensi secara signifikan pada transformator [1], [2], [3].

Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan pada gedung tiga lantai yaitu kantor DJKN Kalimantan Barat, ditemukan bahwa distribusi beban listrik pada setiap saluran fasa tidak seimbang. Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan peningkatan arus netral yang berlebihan, berkurangnya faktor daya, serta penurunan kinerja trafo secara keseluruhan. Pada gedung tersebut, daya yang disuplai berasal dari sebuah transformator dengan kapasitas 53 kVA. Namun, akibat distribusi beban yang kurang seimbang yang diakibatkan oleh penambahan-penambahan beban listrik tanpa memperhitungkan beban pada setiap saluran fasa, pemanfaatan kapasitas daya trafo menjadi kurang optimal, yang dapat berdampak pada peningkatan konsumsi energi dan kemungkinan terjadinya gangguan listrik.

Dalam upaya meningkatkan efisiensi penggunaan daya dan mengoptimalkan kapasitas trafo, perlu dilakukan analisis mendalam terhadap distribusi beban pada gedung tersebut. Dengan melakukan evaluasi terhadap pembagian beban pada

setiap fasa, diharapkan dapat ditemukan metode yang efektif untuk meratakan beban guna mengurangi ketidakseimbangan yang terjadi. Optimalisasi ini dapat dilakukan melalui berbagai pendekatan, seperti redistribusi beban secara manual, pemasangan perangkat otomatis untuk penyeimbang beban, atau metode lainnya yang dapat meningkatkan efisiensi sistem kelistrikan secara keseluruhan. Selain itu, pengaturan pola pemakaian harian juga menjadi salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan beban secara dinamis. Dengan mengatur waktu operasi peralatan tertentu berdasarkan waktu beban puncak dan beban ringan, maka distribusi daya dapat dikelola lebih merata, mengurangi tekanan pada fasa dominan, dan meningkatkan efisiensi kerja transformator.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis melakukan penelitian berjudul "Studi Pengaturan Beban Gedung DJKN Kalimantan Barat." Penelitian ini difokuskan pada analisis kondisi eksisting sistem distribusi listrik melalui evaluasi distribusi arus tiap fasa, tingkat ketidakseimbangan beban, serta arus netral berdasarkan data pengukuran lapangan dan pemodelan menggunakan perangkat lunak ETAP. Selanjutnya dilakukan simulasi penyeimbangan beban antar fasa untuk mengevaluasi perubahan kondisi pembebanan sebelum dan sesudah perbaikan. Analisis dilakukan dengan mengacu pada ketentuan teknis yang berlaku seperti SPLN dan Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL), sehingga hasil yang diperoleh tetap berada dalam batas teknis yang dapat dipertanggungjawabkan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi sistem distribusi listrik eksisting serta menjadi referensi evaluasi dalam upaya peningkatan keandalan dan pemanfaatan kapasitas transformator pada bangunan gedung bertingkat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, terdapat beberapa permasalahan utama terkait distribusi beban listrik pada gedung kantor DJKN Kalimantan Barat. Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan pemanfaatan daya yang tidak optimal dan menimbulkan dampak negatif terhadap efisiensi sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk menjawab pertanyaan berikut yaitu:

1. Bagaimana kondisi distribusi arus pada setiap fasa serta tingkat ketidakseimbangan beban antar fasa pada sistem distribusi listrik gedung DJKN Kalimantan Barat berdasarkan data eksisting?
2. Bagaimana hasil pemodelan dan simulasi *unbalance loadflow* menggunakan perangkat lunak ETAP dalam merepresentasikan kondisi pembebanan sistem distribusi listrik eksisting?
3. Seberapa besar tingkat kesesuaian antara hasil perhitungan manual dengan hasil simulasi ETAP pada kondisi eksisting sistem distribusi listrik?
4. Bagaimana perubahan distribusi arus, arus netral, dan tingkat ketidakseimbangan beban setelah dilakukan penyeimbangan beban antar fasa?
5. Sejauh mana penyeimbangan beban antar fasa dapat memperbaiki kondisi pembebanan sistem distribusi listrik pada trafo dan panel distribusi?

Rumusan masalah ini akan menjadi dasar dalam penelitian untuk menemukan solusi yang tepat dalam mengoptimalkan kapasitas daya trafo serta meningkatkan efisiensi penggunaan listrik pada gedung tersebut.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Menganalisis kondisi eksisting sistem distribusi listrik gedung DJKN Kalimantan Barat berdasarkan distribusi arus tiap fasa, arus netral, dan tingkat ketidakseimbangan beban antar fasa.
2. Melakukan pemodelan sistem distribusi listrik menggunakan perangkat lunak ETAP berdasarkan data aktual lapangan sebagai dasar analisis kondisi pembebanan.
3. Melakukan validasi hasil perhitungan manual terhadap hasil simulasi ETAP untuk menilai kesesuaian model sistem distribusi yang digunakan.
4. Melakukan penyeimbangan beban antar fasa pada sistem distribusi listrik sebagai upaya perbaikan kondisi pembebanan trafo dan jaringan.
5. Mengevaluasi perubahan kondisi sistem berdasarkan hasil analisis sebelum dan sesudah penyeimbangan beban, meliputi distribusi arus, tingkat ketidakseimbangan beban, dan arus netral.

Dengan pencapaian tujuan-tujuan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan solusi yang aplikatif dalam pengelolaan sistem kelistrikan pada bangunan bertingkat sehingga pemanfaatan daya menjadi lebih optimal dan efisiensi energi meningkat.

1.4 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan tidak terlalu kompleks, beberapa batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Lingkup Lokasi
    a. Penelitian hanya dilakukan pada satu gedung tiga lantai yang menjadi objek studi.
    b. Analisis sistem kelistrikan hanya mencakup area dalam gedung tersebut, tanpa mempertimbangkan jaringan distribusi eksternal di luar gedung.
2. Kapabilitas Trafo
    a. Penelitian hanya berfokus pada optimalisasi kapasitas daya trafo yang sudah terpasang, yaitu dengan kapasitas 53 kVA.
    b. Tidak membahas penggantian atau penambahan kapasitas trafo sebagai solusi utama.
3. Ketidakseimbangan Beban
    a. Pengaturan beban antar fasa mengacu pada standar ketidakseimbangan maksimum $\leq 15\%$ sesuai SPLN 17:2014 dan IEEE Std 446-1995, Ch. 3, Sec. 3.11.3.5, “Phase Angle Displacement” tentang pergeseran sudut fasa akibat ketidakseimbangan beban yang memicu penurunan efisiensi transformator.
    b. Tidak membahas seberapa besar rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban.
    c. Tidak membahas dampak ketidakseimbangan beban terhadap jaringan listrik eksternal atau gardu induk PLN.
4. Parameter yang Diuji
    a. Pengukuran hanya mencakup parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan faktor daya.

b. Analisis menggunakan data hasil pengukuran arus rata-rata beban puncak, tanpa mempertimbangkan data beban harian maupun beban non-puncak.
c. Tidak menganalisis kualitas daya lebih lanjut seperti harmonisa atau gangguan tegangan lainnya.
d. Tidak membahas penangkap petir, analisis finansial, kapasitor bank, dan genset.

5. Metode Optimalisasi
   a. Metode optimalisasi yang diterapkan hanya berfokus pada pembagian beban yang seimbang berdasarkan perhitungan teoritis dan simulasi, tanpa melibatkan teknologi otomatisasi yang lebih kompleks.
   b. Tidak membahas pemasangan alat tambahan seperti penyeimbang beban otomatis (*Automatic Load Balancer*).
6. Waktu dan Data Penelitian
   a. Pengambilan data dan analisis dilakukan dalam periode tertentu dan tidak mencakup pemantauan dalam jangka waktu yang sangat panjang.
   b. Tidak mempertimbangkan variasi beban dalam kondisi ekstrem seperti pemakaian listrik saat kondisi darurat atau pemadaman bergilir.

Dengan batasan masalah ini, penelitian dapat lebih terarah dan realistis untuk diselesaikan dalam jangka waktu yang ditentukan tanpa kehilangan fokus utama, yaitu optimalisasi kapasitas daya trafo melalui keseimbangan beban.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini akan menjelaskan mengenai bab-bab yang ada pada isi laporan. Berikut sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini:

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas ketidakseimbangan beban pada gedung kantor DJKN Kalimantan Barat dengan fokus pada penataan beban peralatan listrik untuk menyeimbangkan fasa. Penelitian dilakukan melalui perhitungan analitis dan simulasi tanpa perubahan fisik pada trafo atau distribusi utama, dengan tujuan meningkatkan keseimbangan beban fasa listrik pada gedung.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Memaparkan teori dasar sistem tenaga listrik, meliputi distribusi daya, karakteristik trafo, dan ketidakseimbangan beban. Standar SPLN 17:2014 dan IEEE Std 446-1995 disertakan sebagai acuan, diikuti pembahasan redistribusi beban serta penggunaan ETAP untuk simulasi perubahan tingkat keseimbangan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, yaitu metode kuantitatif berbasis simulasi. Lokasi penelitian dilakukan pada gedung kantor DJKN Kalimantan Barat, dengan data yang dikumpulkan melalui pengukuran arus fasa serta spesifikasi trafo dan sistem proteksi. Simulasi dilakukan menggunakan software ETAP. Evaluasi hasil dilakukan dengan membandingkan kondisi sesudah optimasi berdasarkan standar yang berlaku.

BAB IV : ANALISIS REDISTRIBUSI BEBAN DAN SIMULASI SISTEM KELISTRIKAN GEDUNG DJKN KALIMANTAN BARAT

Menyajikan perhitungan, analisis, serta simulasi pembebanan data eksisting dan perbaikan pembebanan beban fasa. Evaluasi hasil dilakukan dengan mengacu pada standar SPLN SE 17:2014 dan IEEE Std 446-1995, untuk menentukan apakah sistem telah memenuhi kriteria keseimbangan beban yang baik.

BAB V : PENUTUP

Berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Saran diberikan kepada teknisi kelistrikan mengenai pentingnya analisis keseimbangan beban sebelum pemasangan beban baru, serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya agar mengembangkan analisis lebih lanjut.