



**ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN
TERHADAP ARUS KAWAT NETRAL GEDUNG E11
DAN GEDUNG DEKANAT FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

Oleh

Yoana Anestia Pradita

NIM.5301414036

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2019**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Yoana Anestia Pradita
NIM : 5301414036
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul : Analisis Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Kawat
Netral Gedung E11 Dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 14 Desember 2018

Dosen pembimbing



Drs. Agus Murnomo M.T.

NIP 195506061986031002

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “Analisis Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Kawat Netral Gedung E11 Dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 02 bulan 01 tahun 2019

Oleh

Nama : Yoana Anestia Pradita
NIM : 5301414036
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Panitia

Ketua

Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto S.T., M.T.
NIP.197805312005011002

Sekretaris

Drs. Agus Suryanto M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji 1

Drs. Ir. Henry Ananta M.Pd., IPM
NIP. 195907051986011002

Penguji 2

Drs. Agus Suryanto M.T.
NIP. 196708181992031004

Penguji 3/Pembimbing

Drs. Agus Murnomo M.T.
NIP.195506061986031002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Qudus M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 02 Januari 2019

Yang membuat pernyataan,



Yoana Anestia Pradita

NIM. 5301414036

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah nasibnya.”

(QS Ar-Ra'd : 11 .)

“Barangsiapa bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhannya itu adalah untuk dirinya sendiri.”

(QS Al-Ankabut : 6)

“Never give up because the winner never stop trying”

(Yoana Anestia Pradita)

Persembahan

Alhamdulillah atas Rahmat dan Ridho Allah SWT, skripsi ini terselesaikan dan kupersembahkan untuk:

1. Ayah dan Ibu (Yoswardi Yohanes dan Narti Irawani) yang telah memberikan segalanya untuk kesuksesan saya.
2. Tante saya Tri Eko Agustiningrum S.Pd, M.Pd yang telah membantu saya dalam dukungan moril dan semangatnya.
3. Viki Barik Rizqiya yang selalu membantu dan memberikan semangat.
4. Untuk teman-teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan dan semangatnya.

ABSTRAK

Yoana Anestia Pradita, 2018, “ Analisis Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Kawat Netral Gedung E11 Dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang”, Drs. Agus Murnomo, M.T. Pendidikan Teknik Elektro.

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang mudah dalam penyaluran serta pemanfaatannya dan tanpa disadari, semua kegiatan yang dilakukan masyarakat sangatlah membutuhkan energi listrik baik di rumah tangga, suatu kelembagaan, perkantoran maupun industri. Seiring dengan laju pertumbuhan pembangunan maka dituntut adanya sarana dan prasarana yang mendukung. Pada setiap pembangunan gedung, pasti memiliki perencanaan instalasi listrik sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan oleh bangunan itu sendiri. Namun seringkali ditemukan kondisi lapangan yang berubah setelah bangunan difungsikan dan penambahan pemasangan beban. Sedangkan penggunaan konsumsi energi listrik umumnya selalu menunjukkan gejala yang meningkat tiap tahunnya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi besarnya nilai ketidakseimbangan beban dan nilai arus kawat netral yang terjadi pada gedung E11 dan gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Metode yang digunakan yaitu metode statistik deskriptif kuantitatif. Penelitian dilakukan pada pukul 07.00; 09.00; 11.00; 13.00; 16.00 wib dengan pengambilan tiga kali sampel penelitian tiap waktunya. Berdasarkan data penelitian diperoleh hasil ketidakseimbangan beban tertinggi di gedung E11 yaitu sebesar 34% dengan besar nilai arus pada kawat netral 26,60A di hari ketiga dan kelima sedangkan yang terendah sebesar 3% dengan besar nilai arus pada kawat netral 9,10A pada hari keempat. Pada gedung Dekanat Fakultas Teknik diperoleh hasil ketidakseimbangan beban tertinggi sebesar 49% dengan besar nilai arus pada kawat netral 24,00A pada hari ke tiga dan terendah sebesar 9% dengan besar nilai arus pada kawat netral 14,20A pada hari pertama.

Kata-kata kunci : Ketidakseimbangan beban, Arus pada kawat netral

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Kawat Netral Gedung E11 Dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumul akhir nanti, Aamiin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, selaku Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T, selaku Dekan Fakultas Dekan Teknik, dan Dr.-Ing. Dhidik Prastiyanto S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Drs. Agus Murnomo M.T. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang penuh perhatian dan atas berkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.

4. Drs. Ir. Henry Ananta M.Pd. IPM sebagai Dosen Penguji 1 yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pernyataan, komentar, tanggapan, serta menambah bobot dan kualitas karya tulis saya.
5. Drs. Agus Suryanto M.T. sebagai Dosen Penguji 2 yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pernyataan, komentar, tanggapan, serta menambah bobot dan kualitas karya tulis saya.
6. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
7. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat untuk masyarakat lainnya.

Semarang, 02 Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	5
1.4. Rumusan Masalah	6
1.5. Tujuan Penelitian.....	6
1.6. Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	8
2.1. Kajian Pustaka	8
2.2. Landasan Teori	11
2.2.1. Konsep Dasar Arus Listrik.....	11
2.2.2. Konsep Dasar Tegangan	12
2.2.3. Konsep Dasar Daya Listrik	13

	Halaman
2.2.4. Konsep Dasar Beban Listrik	14
2.2.5. Sistem 3 Fasa Seimbang	19
2.2.6. Keseimbangan Beban.....	20
2.2.7. Kestidakseimbangan Beban	21
2.2.8. Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang.....	22
2.2.9. Gedung E11.....	24
2.2.10. Gedung Dekanat FT UNNES.....	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	28
3.2. Desain Penelitian	28
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	31
3.4. Teknik Pengumpulan Data	34
3.5. Teknik Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Deskripsi Data	38
4.2. Analisis Pembahasan	47
BAB V KESIMPULAN.....	71
5.1. Kesimpulan.....	71
5.2. Saran.....	73
LAMPIRAN.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Gedung E11.....	25
Tabel 2.2 Data Peralatan/beban Gedung E11.....	26
Tabel 2.3 Spesifikasi Gedung Dekanat FT.....	27
Tabel 3.1 Spesifikasi Power and Harmonics Analyzer Langlois 6830.....	31
Tabel 3.2 Spesifikasi Digital Clamp Meter.....	33
Tabel 4.1 Spesifikasi Gedung E11.....	39
Tabel 4.2 Data Peralatan/beban Gedung E11.....	39
Tabel 4.3 Spesifikasi Gedung Dekanat FT.....	40
Tabel 4.4 Data Peralatan/beban Gedung Dekanat.....	41
Tabel 4.5 Hasil pengukuran arus pada hari pertama di gedung E11.....	42
Tabel 4.6 Hasil pengukuran arus pada hari kedua di gedung E11.....	42
Tabel 4.7 Hasil pengukuran arus pada hari ketiga di gedung E11.....	43
Tabel 4.8 Hasil pengukuran arus pada hari ke empat di gedung E11.....	43
Tabel 4.9 Hasil pengukuran arus pada hari ke lima di gedung E11.....	44
Tabel 4.10 Hasil pengukuran arus pada hari pertama di gedung Dekanat.....	44
Tabel 4.11 Hasil pengukuran arus pada hari kedua di gedung Dekanat.....	45
Tabel 4.12 Hasil pengukuran arus pada hari ketiga di gedung Dekanat.....	45
Tabel 4.13 Hasil pengukuran arus pada hari ke empat di gedung Dekanat.....	46
Tabel 4.14 Hasil pengukuran arus pada hari ke lima di gedung Dekanat.....	46
Tabel 4.15 Hasil persentase ketidakseimbangan beban di gedung E11.....	56
Tabel 4.16 Hasil persentase ketidakseimbangan beban di gedung E11.....	65
Tabel 4.21 Data Arus Kawat Netral di Gedung E11.....	67
Tabel 4.22 Data Arus Kawat Netral di Gedung Dekanat.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Arus dan Tegangan Sefasa.....	15
Gambar 2.2. Arus Tertinggal 90° dari Tegangan.....	16
Gambar 2.3. Arus Mendahului 90° Dari Tegangan.....	18
Gambar 2.4 Gelombang 3 fasa.....	19
Gambar 2.5 Diagram vektor arus kondisi seimbang.....	20
Gambar 2.6 Diagram vektor arus kondisi tidak seimbang.....	21
Gambar 2.7 Wiring Diagram Kelistrikan Gedung E11.....	25
Gambar 2.8 Wiring Diagram Kelistrikan Gedung Dekanat.....	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.2 Power and Harmonic Analyzer.....	32
Gambar 3.3 Digital Clamp Ampere.....	33
Gambar 4.1. Grafik Ketidakseimbangan beban pada Gedung E11.....	56
Gambar 4.2. Grafik Ketidakseimbangan beban pada Gedung Dekanat.....	66
Gambar 4.3. Grafik Arus Netral pada Gedung E11.....	68
Gambar 4.4. Grafik Arus Netral pada Gedung Dekanat.....	69

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Wiring Diagram Pada Sistem Kelistrikan Gedung E11	78
Lampiran 2. Wiring Diagram Pada Sistem Kelistrikan Gedung E11.....	86
Lampiran 3. Lembar Usulan Dosen Pembimbing.....	91
Lampiran 4. Lembar SK Dosen Pembimbing.....	92
Lampiran 5. Lembar Surat Tugas Dosen Penguji Seminar Proposal.....	93
Lampiran 6. Lembar Surat Ijin Penelitian	94
Lampiran 7. Lembar Surat Peminjaman Alat	95
Lampiran 8. Lembar Selesai Bimbingan Skripsi	96
Lampiran 9. Lembar Surat Tugas Panitia Ujian Skripsi	97
Lampiran 10. Lembar Berita Acara Ujian Skripsi	98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang mudah dalam penyaluran dan pemanfaatannya. Energi listrik dapat dengan mudah diubah kedalam bentuk energi lain. Oleh sebab itu, energi listrik menjadi kebutuhan utama bagi masyarakat. Tanpa disadari, semua kegiatan yang dilakukan masyarakat sangatlah membutuhkan energi listrik baik di rumah tangga, perkantoran maupun industri.

Seiring dengan laju pertumbuhan pembangunan maka dituntut adanya sarana dan prasarana yang mendukung seperti tersedianya tenaga listrik yang mencukupi. Listrik menjadi kebutuhan penting bagi masyarakat, baik kebutuhan dengan tegangan rendah maupun tegangan menengah untuk memenuhi kebutuhan rumah ataupun industri yang kian hari semakin pesat dan berkembang. Hal ini disebabkan karena tenaga listrik mudah untuk ditransportasikan dan dikonversikan ke dalam bentuk tenaga yang lain. Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik.

Konsumsi listrik nasional terus menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya perubahan gaya hidup masyarakat. Berdasarkan data Kementerian ESDM, konsumsi energi listrik Indonesia 2017 mencapai 1.021 Kilowatt per Hour (KWH)/kapita, naik 5,9 persen dari tahun sebelumnya. Berdasarkan data tersebut membuktikan bahwa energi listrik menjadi kebutuhan pokok bagi masyarakat. Hal ini, tidak menutup kemungkinan

bahwa pada tahun 2018 kebutuhan konsumsi energi listrik juga akan semakin meningkat.

Menurut Alfri Bernal Turumi (2015) menyatakan bahwa “Sistem distribusi merupakan salah satu sistem dalam tenaga listrik yang mempunyai peran penting karena berhubungan langsung dengan pemakai energi listrik, terutama pemakai energi listrik tegangan menengah dan tegangan rendah. Biasanya sering kali terjadi beban tidak seimbang pada fasa-fasanya atau terjadi kelebihan beban karena pemakaian alat-alat listrik dari konsumen energi listrik. Keseimbangan beban antar fasa diperlukan untuk pemerataan beban sehingga meminimalkan perubahan yang diakibatkan oleh beban penuh. Hal ini juga penting karena bermanfaat pada teknik optimasi untuk menghasilkan sistem yang handal dan efisien”.

Menurut Julius Sentosa Setiadji, Tabrani Machmudsyah dan Yanuar Isnanto (2006) menyatakan bahwa “Dalam memenuhi kebutuhan tenaga listrik tersebut, terjadi pembagian beban-beban yang pada awalnya merata tetapi karena ketidakserempakan waktu penyalaan beban-beban tersebut maka menimbulkan ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik. Ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T) inilah yang menyebabkan mengalirnya arus di netral trafo”. Sehingga semakin besar faktor ketidakseimbangan maka akan semakin besar arus netral yang muncul dan *losses* atau rugi-rugi daya akibat arus netral yang mengalir ke tanah semakin besar pula”.

Universitas Negeri Semarang adalah salah satu perguruan tinggi negeri dilingkungan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi

(Kemristekdikti) Republik Indonesia untuk melaksanakan pendidikan akademik dan profesional dalam sejumlah disiplin ilmu. Universitas Negeri Semarang memiliki delapan fakultas yang terdiri dari beberapa gedung perkuliahan, beberapa gedung untuk kegiatan administrasi perkantoran serta memiliki beberapa fasilitas yang diperuntukkan untuk menunjang kegiatan akademik maupun non akademik. Hal ini, tentu saja tidak dapat dipungkiri bahwa konsumsi energi listrik di Universitas Negeri Semarang sangat tinggi.

Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang merupakan Fakultas yang memiliki beberapa gedung untuk kegiatan perkuliahan, gedung untuk praktik dan gedung untuk kegiatan administrasi perkantoran seperti gedung Dekanat serta memiliki fasilitas yang digunakan untuk menunjang kegiatan non akademik. Pemakaian beban listrik yang bervariasi seperti penerangan, komputer, pendingin ruangan (*air conditioning*), lcd proyektor, mesin induksi yang terdapat pada beberapa gedung untuk kegiatan penunjang perkuliahan serta peralatan elektronik lainnya. Oleh karena itu, adanya beban yang bervariasi serta adanya penambahan beban di Fakultas Teknik akan mempengaruhi ketidakseimbangan beban.

Berdasarkan observasi yang peneliti lakukan pada bulan September 2018 di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang memiliki tiga belas gedung, dimana terdapat dua gedung yang memiliki nilai ketidakseimbangan beban tinggi yaitu gedung E11 sebagai gedung perkuliahan dan gedung Dekanat FT UNNES sebagai gedung administrasi perkantoran. Kedua gedung tersebut termasuk gedung baru yang dimana pada umumnya belum terjadi perubahan penambahan beban yang begitu banyak.

Menurut Hasbullah (2016) “ketidakseimbangan beban merupakan hal yang pasti terjadi pada distribusi tenaga listrik. Terutama pada sisi jaringan tegangan rendah. Semakin tingginya ketidakseimbangan beban maka akan semakin tinggi pula arus yang timbul pada penghantar netral. Arus yang mengalir pada penghantar netral akan menjadi rugi daya listrik pada jaringan. Oleh karena itu dalam pendistribusian tenaga listrik ketidakseimbangan beban harus di minimalisir demi mencapai efisiensi penyaluran yang optimal”.

Pada setiap pembangunan gedung, pasti memiliki perencanaan instalasi listrik sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan oleh bangunan itu sendiri. Namun seringkali ditemukan kondisi lapangan yang berubah setelah bangunan difungsikan dan penambahan pemasangan beban. Sedangkan penggunaan konsumsi energi listrik umumnya selalu menunjukkan gejala yang meningkat tiap tahunnya. Oleh karena hal itu akan menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan beban dan akan berpengaruh pada arus yang mengalir di kawat netral.

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang tersebut, penulis ingin membuat judul penelitian “ **Analisis Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Kawat Netral Gedung E11 Dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang**”.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, penulis mengidentifikasi beberapa masalah yang akan dijadikan bahan penelitian selanjutnya:

1. Adanya perubahan penambahan beban yang signifikan terjadi di Gedung E11 dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik yang akan mempengaruhi keseimbangan beban.
2. Adanya arus yang mengalir pada kawat netral yang terjadi di Gedung Gedung E11 dan Gedung Dekanat Fakultas Universitas Negeri Semarang yang diakibatkan karena adanya ketidakseimbangan beban.

1.3. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini agar tidak menyimpang dari maksud dan tujuan penyusunan skripsi ini juga mengingat adanya keterbatasan waktu penelitian maka dalam penyusunan skripsi hanya membatasi masalah pada:

1. Penulis tidak memperhatikan arus beban penuh atau *current full load* yang ada di Gedung E11 dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Penulis tidak mengamati maupun melakukan pengukuran daya beban reaktif
3. Penulis tidak mengamati maupun melakukan pengukuran nilai faktor daya
4. Penulis tidak mengamati maupun melakukan pengukuran tegangan

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan di atas, rumusan masalah utama yang akan dikemukakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana ketidakseimbangan beban yang terjadi Gedung E11 dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang ?
2. Seberapa besar arus yang mengalir pada kawat netral yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan beban yang terjadi di Gedung E11 dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang?

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan jawaban atau sasaran yang ingin dicapai penulis dalam sebuah penelitian. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi dan menganalisis terjadinya ketidakseimbangan beban di Gedung E11 dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Untuk mengidentifikasi dan menganalisis nilai arus kawat netral karena adanya ketidakseimbangan beban di Gedung E11 dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian yang penulis lakukan ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Bagi Universitas Negeri Semarang

Sebagai acuan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi perbaikan akibat ketidakseimbangan beban terhadap arus kawat netral di Gedung E11 dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

2. Bagi Peneliti

Sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Elektro serta dapat menambah pengetahuan dan pengalaman dalam menganalisis ketidakseimbangan beban terhadap arus kawat netral di Gedung E11 dan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

3. Bagi Pembaca

Dengan penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi maupun rujukan tentang menganalisis ketidakseimbangan beban terhadap arus kawat netral pada suatu gedung.

4. Bagi Masyarakat

Dapat membantu dan mempermudah masyarakat dalam meneliti ketidakseimbangan beban terhadap arus kawat netral pada suatu gedung.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Gamma Ayu Kartika Sari (2018) dalam penelitian skripsi yang berjudul “Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Arus Netral Dan *Losses* Pada Trafo Distribusi Studi Kasus Pada PT. PLN (Persero) Rayon Blora” menjelaskan bahwa pengambilan data diperoleh dari salah satu trafo distribusi merk Sintra yang berkapasitas 200kVA milik PT. PLN Rayon Blora. Dari penelitian tersebut diperoleh persentase ketidakseimbangan beban sebesar 25,67% pada siang hari dan 16,33% pada malam hari. Diperoleh juga *losses* yang disebabkan oleh munculnya arus netral yang mengalir pada penghantar netral sebesar 7,12 kW dan persentase 4,45% di siang hari, sedangkan di malam hari sebesar 7,40 kW dan persentase 4,63%. Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa Semakin besar ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi mengakibatkan *losses* trafo dan arus netral yang mengalir ke tanah (IG) juga semakin besar.

Fahrurozi, dkk (2014) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa Persentase ketidak seimbangan pembebanan terbesar terjadi saat pengukuran di hari libur nasional 15/05/2014 yaitu mencapai 39,39% pada pukul 07:00 Wib. Persentase keseimbangan pembebanan terbaik terjadi saat hari senen perkuliahan 12/05/2014 yaitu 3,77% pada pukul 13:00 Wib. Persentase *losses* akibat arus netral terbesar terjadi saat pengukuran di hari libur nasional 15/05/2014 yaitu mencapai 0,45% pada pukul 07:00 Wib. Persentase *losses*

akibat arus netral terbaik terjadi saat pengukuran di hari minggu 11/05/2014 yaitu 0,001% pada pukul 04:00 Wib. Ketidakseimbangan pembebanan terjadi karena pembebanan pada tiap fasa yang tidak merata, sebab waktu penggunaan listrik yang tidak bersamaan.

Radhin D. Yulisetiawan, dkk (2016) dalam penelitian yang berjudul “Effect Analysis Of Unbalanced Electric Load In Ship At Three Phase Synchronous Generator On Laboratory Scale” menjelaskan bahwa Hingga saat ini, beberapa penelitian telah dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi generator. Selain itu, di pengoperasian generator, ada beberapa masalah yang menyebabkan generator bekerja tidak efisien, yang merupakan beban tidak seimbang setiap fase dalam generator. Tugas akhir ini menganalisis efek dari beban tidak seimbang dalam generator sinkron tiga fase. Hasil penelitian adalah ketika generator pada 50% beban kapasitas generator (240 Watt), dan bebannya semakin tidak seimbang, daya yang dihasilkan oleh generator meningkat 30%, dan nilai arus netral juga meningkat 50%, dibandingkan dengan kondisi beban seimbang. Selain itu, itu Nilai getaran dalam setiap kondisi cenderung berfluktuasi. Ini adalah diterapkan untuk eksperimen lain. Sesuai dengan generator operasi di kapal adalah ketika beban semakin tidak seimbang, konsumsi bahan bakar juga meningkat. Ini menunjukkan bahwa ada penggunaan disipasi dalam konsumsi bahan bakar minyak.

M. H. Albadi, dkk (2015) dalam penelitiannya yang berjudul “Unbalance in Power Systems Case Study” menjelaskan bahwa ketidakseimbangan beban dalam sistem di pengukuran dalam Main

Interconnected Network (MIS) dari Oman. Tinjauan yang teliti tentang penyebab ketidakseimbangan, dampak negatif, teknik mitigasi, indeks kuantifikasi dan batas-batasnya disajikan. Selain itu, ketidakseimbangan tegangan dan arus pengukuran di tiga stasiun jaringan yang memasok tiga utama kawasan industri yang terletak di MIS Oman dilakukan. Hasil pengukuran dibandingkan dengan batas yang ditentukan oleh standar nasional dan internasional. Studi kasus tentang pengukuran tingkat ketidakseimbangan di tiga stasiun jaringan memberi supply kawasan industri dalam sistem interkoneksi utama Oman menunjukkan tegangan itu tingkat ketidakseimbangan berada di bawah batas 1%

Julius Sentosa Setiadji dkk (2006) dalam penelitiannya dengan judul “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* Pada Trafo Distribusi” menjelaskan bahwa pengambilan data diperoleh dari salah usatu transformator distribusi merk Trafindo yang berkapasitas 200kVA milik PT. PLN(Persero) Distribusi Jawa Timur. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa terjadi ketidakseimbangan beban 28,67% pada siang hari dan 26,00% pada malam hari. Diperoleh nilai arus netral sebesar 118,6 A pada siang hari sedangkan 131,7 A pada malam hari. Sedangkan *losses* pada siang hari sebesar 5,66% dan pada malam hari 6,98%. Dari hasil persentase tersebut nilai arus netral yang mengalir dipenghantar netral trafo (I_n) maka semakin besar pula *losses* pada penghantar netral trafo senilai (P_n). Diperoleh kesimpulan bahwa pada siang hari ketidakseimbangan beban pada trafo tiang semakin besar karena penggunaan beban listrik tidak merata dan salah satu

cara mengatasi *losses* arus netral adalah dengan membuat sama ukuran kawat netral dan fasa.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Konsep Dasar Arus Listrik

Irwan Dinata, Wahri Sunanda (2015) menyatakan bahwa “Arus listrik adalah mengalirnya elektron secara kontinyu pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. Satuan arus listrik adalah Ampere”. Satu Ampere arus adalah mengalirnya elektron sebanyak 628×10^{16} atau sama dengan satu *coulomb per sekon* yang melewati suatu penampang konduktor. Untuk mencari arus listrik maka dapat menggunakan rumus:

$$I = \frac{q}{t} \quad (2.1)$$

Keterangan:

I = arus listrik (Ampere)

q = banyaknya muatan listrik (Coulomb)

t = waktu (sekon)

Secara matematis berdasarkan hukum Ohm dapat dituliskan :

$$I = V / R \quad (2.2)$$

Keterangan :

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Tahanan (Ohm)

Arus listrik yang mengalir tersebut dari sumber arus listrik tersebut dapat kita bedakan menjadi 2 macam yaitu :

Arus bolak-balik (Alternating Current) Arus bolak-balik (AC) adalah arus yang mengalir dengan polaritas yang berubah dan dimana masing-masing terminal polaritasnya bergantian. Pada umumnya arus AC ini adalah arus yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti alat-alat elektronika yang dipakai didalam rumah kita. Arus listrik ini dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik yang bernama generator yang ada pada pembangkit listrik.

Arus searah (Direct Current) Arus searah (DC) merupakan arus yang mengalir dengan arah yang tetap (konstan) dengan masing-masing terminal selalu tetap pada polaritasnya. Arus ini bisa terjadi karena berasal dari akumulator (Accu). Arus listrik searah ini dapat dihasilkan dengan cara merubah arus AC menjadi DC menggunakan power supply dengan dioda sebagai penyearah arus yang dapat menyearahkan arus bolak-balik menjadi arus searah.

2.2.2. Konsep Dasar Tegangan

Irwan Dinata, Wahri Sunanda (2015) menyatakan bahwa “tegangan adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu *coulomb*) pada elemen atau komponen dari satu terminal atau kutub ke terminal atau kutub lainnya, atau pada kedua terminal atau kutub akan mempunyai beda potensial jika kita menggerakkan atau memindahkan muatan sebesar satu *coulomb* dari

satu terminal ke terminal lainnya”. Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat disederhanakan bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan. Untuk mencari tegangan maka dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$V = I \times R \quad (2.3)$$

Keterangan:

I = arus listrik (Ampere)

R = tahanan (Ohm)

V = tegangan (Voltage)

2.2.3. Konsep Dasar Daya Listrik

Menurut B. G. Melipurbowo (2016:19) “Daya listrik di definisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik”. Dalam pengertian lain, Daya listrik adalah jumlah besar listrik yang dapat diserap dalam sebuah rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah watt, yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Dalam rangkaian arus searah besarnya daya yang diserap dalam suatu beban listrik ditentukan oleh nilai tahanan beban serta besar arus yang mengalir pada beban tersebut. Pada rangkaian DC, daya dalam watt merupakan perkalian antara arus (I) dan tegangan (V). Jadi $P = V I$. Tetapi dalam rangkaian AC, persamaan $P = V I$, hanya benar untuk nilai sesaat saja atau kondisi tertentu yaitu pada saat arus dan tegangan sefasa (beban resistif).

Tetapi dalam banyak hal beban-beban listrik tidak hanya terdiri dari resistansi saja, melainkan kombinasi dari beberapa jenis tahanan. Misalnya resistansi dengan reaktansi induktif, resistansi dengan reaktansi kapasitif atau kombinasi dari ketiganya

2.2.4. Konsep Dasar Beban Listrik

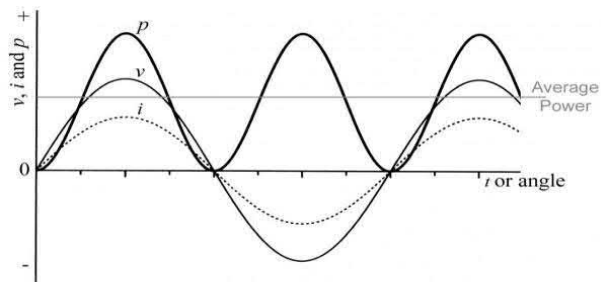
Menurut Nuraeni dan Charles (2013). Beban listrik adalah segala sesuatu yang membutuhkan tenaga atau daya listrik. Dalam kehidupan sehari-hari contoh beban listrik adalah setrika listrik, lampu listrik, kulkas, pendingin ruangan dan masih banyak yang lainnya. Beban listrik dapat dikatakan sebagai hambatan atau *resistance* dalam ilmu listrik dimana dapat dirumuskan pada hukum Ohm. Hukum Ohm adalah suatu pernyataan bahwa besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan beda potensial yang diterapkan kepadanya. Sebuah benda penghantar dikatakan mematuhi hukum Ohm apabila nilai resistansinya tidak bergantung terhadap besar dan polaritas beda potensial yang dikenakan kepadanya.

Dalam sistem listrik arus bolak-balik, jenis beban dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam, yaitu :

- a. Beban resistif (R)
- b. Beban induktif (L)
- c. Beban kapasitif (C)

2.2.4.1 Beban resistif (R)

Beban resistif adalah beban yang terdiri dari komponen tahanan ohm / resistor murni, seperti elemen pemanas dan lampu pijar. Beban jenis ini hanya mengkonsumsi beban aktif saja dan mempunyai faktor daya sama dengan satu. Nuraeni dan Charles (2013) dalam bukunya menyebutkan bahwa beban resistor tidak menyebabkan adanya geser fasa antara arus dan tegangan pada rangkaian ac. Apabila pada sebuah resistor diterapkan tegangan bolak-balik maka arus dan tegangan sefasa yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Arus dan Tegangan Sefasa

Bila tegangan $U = V = U_m \sin \omega t$ diberikan pada rangkaian dengan tahanan R maka arus dalam rangkaian adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{U}{R}$$

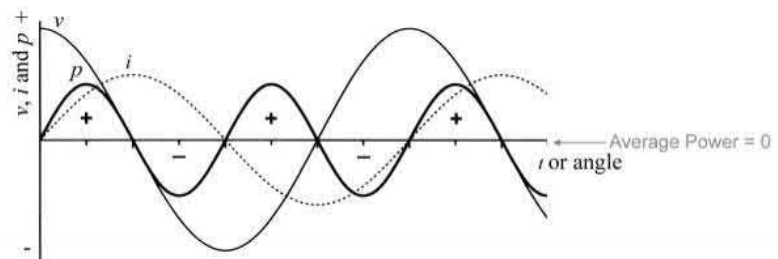
$$I = \frac{U_m \sin \omega t}{R}$$

$$I = I_m \sin \omega t$$

Dengan demikian dapat mengerti bahwa $R = (U_m/I_m)$ dan gelombang arus, bersamaan fasanya dengan tegangan, atau beda fasa antara arus dan tegangan adalah nol.

2.2.4.2 Beban induktif (L)

Beban induktif (L) yaitu beban yang terdiri dari kumparan kawat yang dililitkan pada suatu inti, seperti coil, motor – motor listrik, transformator, dan selenoida. Beban jenis ini dapat menyebabkan pergeseran fasa pada arus sehingga bersifat *lagging*. Nuraeni dan Charles (2013) dalam bukunya menyebutkan bahwa apabila arus yang berubah-ubah mengalir melewati induktor maka pada induktor tersebut terbangkit ggl. Arus ac adalah arus yang berubah-ubah. Hubungan antara arus dan tegangan suplai pada induktor dapat juga secara grafis sinusoida ditunjukkan dalam gambar 2.2.



Gambar 2.2. Arus Tertinggal 90° dari Tegangan

Pergeseran fasa ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis akan mengakibatkan fasa arus bergeser dan menjadi tertinggal terhadap

tegangan. Beban jenis ini menghisap daya aktif dan daya reaktif. Induktor dalam rangkaian ac memiliki reaktansi yang dinotasikan dengan simbol X_L , dan X_L ini mempunyai nilai sebagai berikut :

$$X_L = \frac{U}{I} \text{ Ohm} \quad (2.4)$$

Dimana :

U = tegangan pada induktor

I = arus ac yang melewati induktor

Jika induktor disuplai dengan tegangan bolak-balik sinusoida maka untuk menghitung besarnya reaktansi induktif (X_L) dapat digunakan rumus :

$$X_L = 2\pi \times f \times L \quad (2.5)$$

Keterangan :

X_L = Reaktansi induktif (Ω)

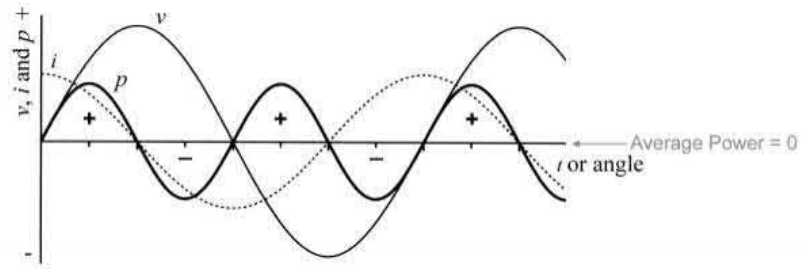
f = Frekuensi (Hz)

L = Induktansi (Henry)

2.2.4.3 Beban kapasitif (C)

Beban kapasitif yaitu beban yang memiliki kemampuan kapasitansi atau kemampuan untuk menyimpan energi yang berasal dari pengisian dielektrik (*electrical charge*) pada suatu sirkuit. Komponen ini dapat menyebabkan arus mendahului tegangan. Beban jenis ini menyerap daya aktif dan mengeluarkan daya reaktif.

Hubungan antara arus dan tegangan ac pada kapasitor ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2.3. Arus Mendahului 90° Dari Tegangan

Terlihat dari gambar 2.12. bahwa arus yang melewati kapasitor memiliki fasa 90 mendahului tegangan yang diterapkan padanya. Kapasitor dalam rangkaian ac memiliki reaktansi kapasitif yang dinotasikan dengan simbol X_C . Untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif (X_C) adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_C = \frac{U}{I} \text{ Ohm} \quad (2.6)$$

Keterangan :

U = tegangan pada kapasitor.

I = arus pada kapasitor

Jika kapasitor disuplai dengan tegangan bolak-balik sinusoida maka reaktansi kapasitor

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \text{ Ohm} \quad (2.7)$$

Keterangan :

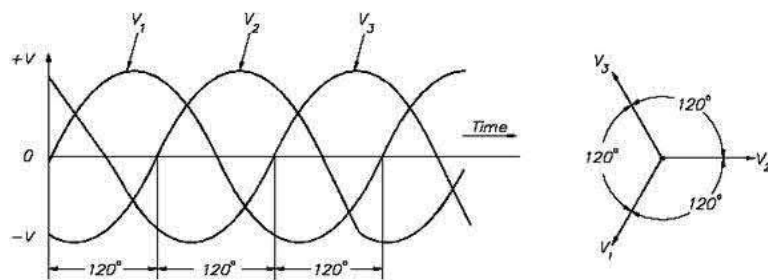
X_c = Reaktansi kapasitif (Ω)

f = Frekuensi (Hz)

C = Kapasitansi (Farad)

2.2.5. Sistem 3 Fasa Seimbang

Pada sistem tenaga listrik 3 fasa, idealnya daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban semuanya seimbang, P pembangkitan = P pemakaian, dan juga pada tegangan yang seimbang. Pada tegangan yang seimbang terdiri dari tegangan 1 fasa yang mempunyai magnitude dan frekuensi yang sama tetapi antara 1 fasa dengan yang lainnya mempunyai beda fasa sebesar 120° listrik, sedangkan secara fisik mempunyai perbedaan sebesar 60°



Gambar 2.4 Gelombang 3 fasa

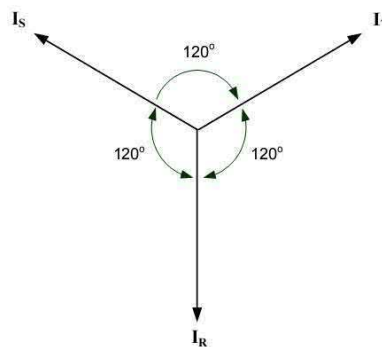
Gambar diatas menunjukkan fasor diagram dari tegangan fasa. Bila fasor-fasor tegangan tersebut berputar dengan kecepatan sudut dan dengan arah berlawanan jarum jam (arah positif), maka nilai maksimum positif dari fasa terjadi berturut-turut untuk fasa V_1 , V_2 dan V_3 . Sistem 3 fasa ini dikenal sebagai sistem yang

mempunyai urutan fasa a – b – c . Sistem tegangan 3 fasa dibangkitkan oleh generator sinkron 3 fasa.

2.2.6. Keseimbangan Beban

Menurut Markus Dwiyanto Tobi Sogen (2018) syarat keadaan keseimbangan beban yaitu jika memenuhi syarat berikut:

- Ketiga vektor arus dari masing-masing fasa (R, S, T) mempunyai nilai yang sama besar.
- Perbedaan sudut dari ketiga vektor fasa adalah masing-masing berbeda 120°



Gambar 2.5 Diagram vektor arus kondisi seimbang

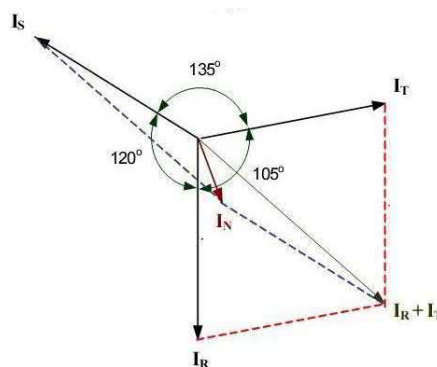
Gambar 2.5 di atas menunjukkan vektor diagram dalam keadaan seimbang, dapat dilihat dari ketiga vektor sama besar atau ketiga vektor saling membentuk sudut 120° , dan penjumlahan ketiga vektor arus (I_R , I_S , dan I_T) adalah sama dengan nol sehingga arus netral (I_N) tidak ada yang muncul. Hal ini juga menunjukkan bahwa hukum Kirchoff berlaku, yaitu jumlah arus yang mengalir di semua sisi adalah nol (Arifin Siregar, 2013).

2.2.7. Kestidakseimbangan Beban

Menurut Rizky Syahputra Siregar dan Raja Harahap (2017) “Ketidakseimbangan beban adalah suatu keadaan dimana satu atau dua syarat dari beban seimbang tidak terpenuhi”.

Pada sistem yang tidak seimbang, arus setiap komponen dapat memberikan kenaikan arus atau tegangan urutan komponen yang lain. Suplai dari sumber tegangan dan arus pada fasa banyak selalu di desain pada sistem seimbang, dalam hal ini, maka keadaan sistem tidak seimbang terjadi karena adanya beban atau impedansi yang tidak seimbang yang harus dipikul oleh sistem suplai tersebut. Ada tiga kemungkinan keadaan beban tidak seimbang, yaitu :

1. Vektor arus pada fasa R, S, dan T mempunyai nilai yang sama besar tetapi sudut antar fasa satu dengan yang lain tidak membentuk 120°
2. Sudut pada vektor antar fasa sebenarnya sudah membentuk 120° namun nilai vektor pada fasa R, S, dan T terdapat perbedaan.
3. Nilai vektor pada fasa R, S, dan T terdapat perbedaan sekaligus sudut pada vektor antar fasa tidak membentuk 120°



Gambar 2.6 Diagram vektor arus kondisi tidak seimbang

Gambar 2.6 adalah contoh keadaan tidak seimbang. Terdapat perbedaan nilai pada masing-masing fasa, dan apabila dijumlahkan tidak bernilai nol. Selain itu, sudut antar fasanya juga tidak membentuk 120° . Keadaan ini akan memunculkan arus netral (I_N) dan besar dari arus netral ini berpengaruh pada besar dari faktor ketidakseimbangannya. Dalam sistem tenaga tiga fasa ideal, arus netral adalah jumlah vektor dari arus tiga fasa, harus sama dengan nol. Di bawah kondisi operasi normal, beberapa ketidakseimbangan fasa terjadi mengakibatkan arus netral kecil (Dey & A.K, 2013). Menurut standard IEC (International Electrotechnical Commission) nilai persentase ketidakseimbangan beban yang diijinkan adalah 5%.

2.2.8. Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang

Arus netral dalam sistem distribusi tenaga listrik dikenal sebagai arus yang mengalir pada kawat netral di sistem distribusi tegangan rendah 3 fasa 4 kawat. Arus netral ini akan muncul jika kondisi beban tidak seimbang atau karena adanya arus harmonisa akibat dari beban non linear yang semakin berkembang digunakan saat ini. Arus yang mengalir pada kawat netral yang merupakan arus balik untuk sistem distribusi 3 fasa 4 kawat adalah penjumlahan vektor dari ketiga arus fasa dalam komponen simetris.

Pada kondisi beban tak seimbang, perhitungan nilai arus netral dapat diketahui melalui metode komponen simetris. Dengan menggunakan notasi-notasi yang sama seperti pada tegangan akan

didapatkan persamaan-persamaan untuk arus-arus phasanya sebagai berikut :

$$I_a = I_1 + I_2 + I_0 \quad (2.8)$$

$$I_b = a^2 I_1 + a I_2 + I_0 \quad (2.9)$$

$$I_c = a I_1 + a^2 I_2 + I_0 \quad (2.10)$$

Dengan tiga langkah yang telah dijabarkan dalam menentukan tegangan urutan positif, urutan negatif, dan urutan nol terdahulu, maka arus-arus urutan juga dapat ditentukan dengan cara yang sama, sehingga dapatkan juga:

$$I_1 = 1/3 (I_a + a I_b + a^2 I_c) \quad (2.11)$$

$$I_2 = 1/3 (I_a + a^2 I_b + a I_c) \quad (2.12)$$

$$I_0 = 1/3 (I_a + I_b + I_c) \quad (2.13)$$

Disini terlihat bahwa arus urutan nol (I_0) adalah merupakan sepertiga dari arus netral atau arus baliknya akan menjadi nol jika dalam sistem tiga phasa empat kawat. Dalam sistem tiga phasa empat kawat ini jumlah arus saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral, jadi :

$$I_a + I_b + I_c = I_N \quad (2.14)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan 2.13 ke 2.14 diperoleh

$$I_N = 3I_0 \quad (2.15)$$

Arus I_N adalah arus yang mengalir di titik netral karena keadaan beban tidak seimbang pada transformator dan besarnya tergantung seberapa besar faktor ketidakseimbangannya

(Watiningsih, 2012). Sedangkan menurut Setiatmoko dan Iwa Garniwa (2014) menyatakan bahwa “munculnya arus netral merupakan representasi dari ketidakseimbangan beban. Semakin besar ketidakseimbangan beban maka jumlah arus netralnya akan semakin meningkat”.

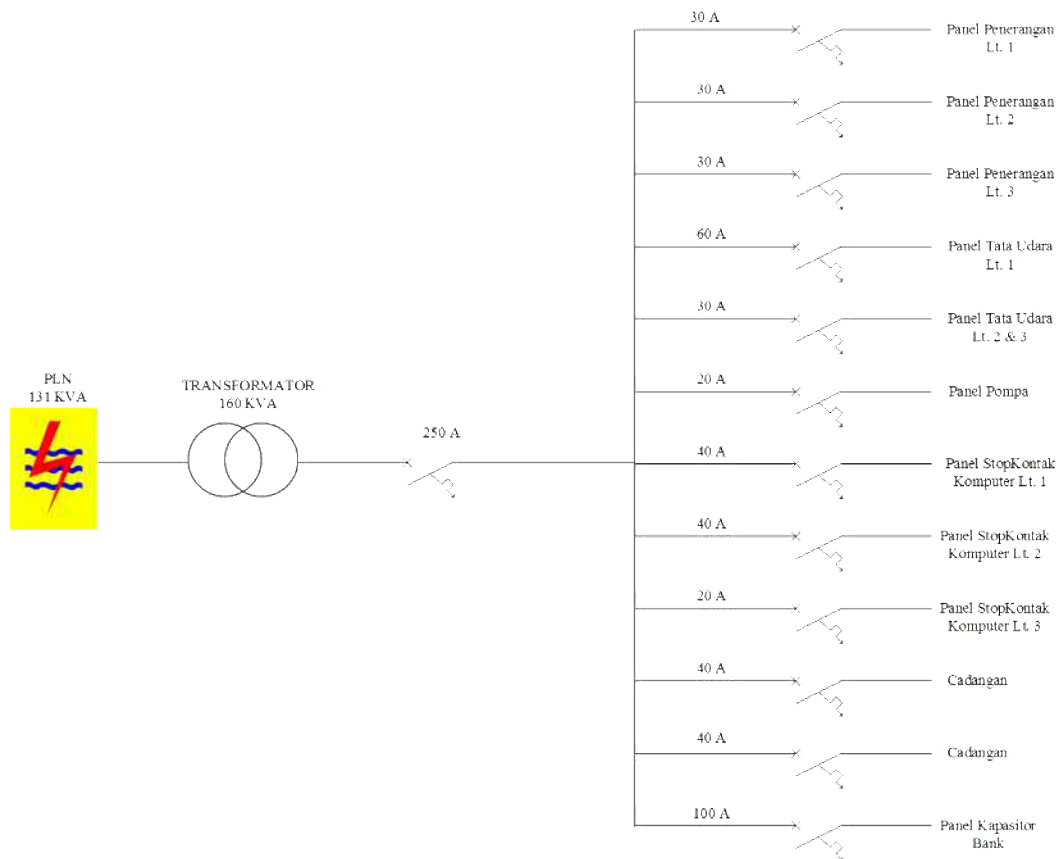
Dalam sistem tiga fasa empat kawat ini jumlah arus saluran sama dengan arus netral yang kembali lewat kawat netral. Jika arus- arus phasanya seimbang maka arus netralnya akan bernilai nol, tapi jika arus- arus phasanya tidak seimbang akibat pembebanan yang tak seimbang, maka akan ada arus yang mengalir dikawat netral sistem (arus netral akan mempunyai nilai dalam arti tidak nol).

2.2.9. Gedung E11

Gedung E11 Unnes mempunyai luas bangunan 1855592 m² terdiri dari 3 lantai dengan luas bangunan total 5566776 m². Pada sistem kelistrikan Gedung E11 Unnes mempunyai dual power yaitu listrik dari PLN dan Genset sebagai cadangan listrik ketika terjadi pemadaman pada listrik PLN. Genset yang berada di samping. Gedung E11 Unnes mempunyai kapasitas sebesar 30 KVA per genset.

Sistem kelistrikan dari PLN yang menyuplai Gedung E11 Unnes kapasitas trafo merk B&O Transformer sebesar 250 KVA disuplai dari trafo Dekanat. Sistem transportasi pada Gedung E11 Unnes adalah bantuan anak tangga. Pada sistem pengairan (pompa air) di Gedung E11 Unnes mempunyai 1 pompa. Gedung E11

Unnes disuplai pompa utama yang mempunyai daya 1 PK dengan kapasitas daya 750 watt yang berfungsi sebagai pemompa air dari pusat tandon penyimpanan air dengan skala besar menuju ke tandon gedung.



Gambar 2.7 Wiring Diagram Kelistrikan Gedung E11

Tabel 2.1 Spesifikasi Gedung E11

Gedung :	E11
Luas Bangunan	Luas bangunan = $1855592m^2$ Luas Total = $5566776m^2$
Jumlah Lantai	3
Merk Trafo	B&O Transformer
Kapasitas Trafo	250 KVA
Tegangan	220-380 V
Genset	30 KVA (untuk lantai 1 dan lantai 2)

Tabel 2.2 Data Peralatan/beban Gedung E11

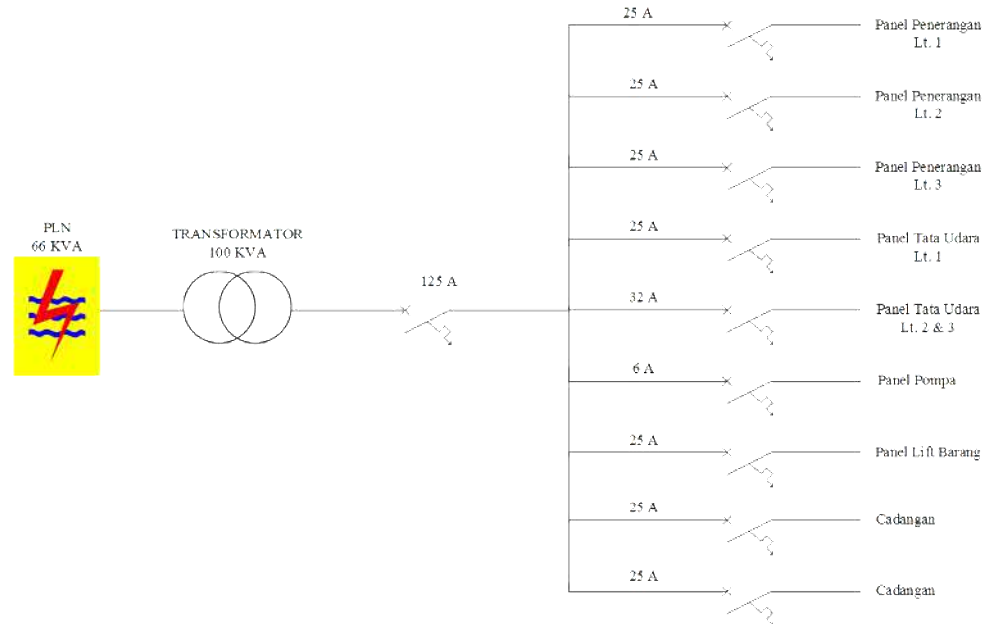
No	Peralatan / Beban	Jumlah
1	Lampu	316
2	Proyektor	12
3	Pc	54
4	Printer	5
5	Fc	1
6	Ac	50
7	Exhaust	18
8	Kipas	11
9	Speaker	1
10	Dispenser	5

2.2.10. Gedung Dekanat FT UNNES

Gedung Dekanat FT Unnes mempunyai luas bangunan 5103625 m² terdiri dari 3 lantai dengan luas bangunan total 15310875 m². Pada sistem kelistrikan Gedung Dekanat FT Unnes mempunyai dual power yaitu listrik dari PLN dan Genset sebagai cadangan listrik ketika terjadi pemadaman pada listrik PLN. Genset yang berada di samping Gedung Dekanat FT Unnes mempunyai kapasitas sebesar 150 KVA per genset hanya untuk lantai 2 dan lantai 3.

Sistem kelistrikan dari PLN yang menyuplai Gedung Dekanat FT Unnes kapasitas trafo SIENTA sebesar 100 KVA disuplai dari trafo Dekanat. Sistem transportasi pada Gedung Dekanat FT Unnes adalah bantuan anak tangga. Pada sistem pengairan (pompa air) di Gedung Dekanat FT Unnes mempunyai 1 pompa. Gedung Dekanat FT Unnes disuplai pompa utama yang mempunyai daya 2 PK dengan kapasitas daya 1,5 Kw yang

berfungsi sebagai pemompa air dari pusat tandon penyimpanan air dengan skala besar menuju ke tandon gedung.



Gambar 2.8 Wiring Diagram Kelistrikan Gedung Dekanat

Tabel 2.3 Spesifikasi Gedung Dekanat FT

Gedung	Dekanat FT
Luas Bangunan	Luas bangunan = $5103625m^2$ Luas Total = $15310875m^2$
Jumlah Lantai	3
Merk Trafo	SIENTA
Kapasitas Trafo	100 KVA
Tegangan	220-380 V
Genset	150 KVA

Tabel 2.4 Data Peralatan/beban Gedung Dekanat

No	Peralatan / Beban	Jumlah
1	Lampu	227
2	Proyektor	7
3	Pc	46
4	Printer	24
5	Fc	2
6	Ac	24
7	Exhaust	6
8	Kulkas	1
9	Laptop	16

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan melalui analisis yang pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan beberapa hal sebagai berikut:

1. Nilai persen ketidakseimbangan beban gedung E11 Universitas Negeri Semarang pada hari pertama tertinggi yaitu 25% pada pukul 16.00 serta terendah yaitu 11% pada pukul 09.00 dan 11.00 wib. Pada hari kedua tertinggi yaitu 21% pada pukul 07.00 serta terendah 6% pada pukul 09.00 wib. Pada hari ketiga tertinggi yaitu 34% pada pukul 09.00 serta terendah yaitu 10% pada pukul 11.00 wib. Pada hari ke empat tertinggi yaitu 23% pukul 16.00 serta terendah yaitu 4% pukul 09.00 wib. Pada hari ke lima tertinggi yaitu 34% pada pukul 16.00 serta terendah yaitu 10% pada pukul 11.00 wib.
2. Nilai persen ketidakseimbangan beban gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada hari pertama tertinggi yaitu 47% pada pukul 07.00 serta terendah yaitu 9% pada pukul 09.00 wib. Pada hari kedua tertinggi yaitu 39% pada pukul 07.00 serta terendah 22% pada pukul 09.00 dan 13.00 wib. Pada hari ketiga tertinggi yaitu 49% pada pukul 07.00 serta terendah yaitu 17% pada pukul 13.00 wib. Pada hari ke empat tertinggi yaitu 46% pukul 07.00 serta terendah yaitu 18% pukul

13.00 wib. Pada hari ke lima tertinggi yaitu 38% pada pukul 07.00 serta terendah yaitu 12% pada pukul 16.00 wib.

3. Berdasarkan data penelitian diperoleh hasil ketidakseimbangan beban tertinggi di gedung E11 yaitu sebesar 34% dengan besar nilai arus pada kawat netral 26,60A di hari ketiga dan kelima sedangkan yang terendah sebesar 3% dengan besar nilai arus pada kawat netral *losses* 9,10A pada hari keempat.
4. Berdasarkan data penelitian diperoleh hasil ketidakseimbangan beban tertinggi di gedung Dekanat Fakultas Teknik diperoleh hasil ketidakseimbangan beban tertinggi sebesar 49% dengan besar nilai arus pada kawat netral 24,00A pada hari ke tiga dan terendah sebesar 9% dengan besar nilai arus pada kawat netral 14,20A pada hari pertama.
5. Arus yang mengalir pada kawat netral terjadi akibat adanya ketidakseimbangan beban. Semakin besar nilai ketidakseimbangan beban maka akan semakin besar pula nilai arus yang muncul pada kawat netral.

5.2. Saran

Pada penulisan skripsi ini terdapat saran untuk memperbaiki penelitian selanjutnya. Saran yang diberikan pada penelitian ini adalah sebagai berikut,

1. Pada penelitian ini hanya mengambil dua gedung, untuk penelitian atau pengembangan selanjutnya dapat mengambil tempat penelitian lebih dari dua gedung.
2. Pada Penelitian ini waktu yang diambil adalah pukul 07.00, 09.00, 11.00, 13.00, 16.00 untuk penelitian atau pengembangan selanjutnya dapat mengambil data saat malam hari agar dapat melihat seberapa besar ketidakseimbangan beban yang terjadi dan seberapa besar nilai arus pada kawat netral.
3. Perlu dilakukannya penyeimbangan beban dengan cara memindahkan sebagian beban di fasa beban tertinggi ke fasa beban terendah. Akan tetapi jika tidak memungkinkan untuk pemindahan beban dapat diatasi dengan perencanaan jangka panjang ditahun-tahun berikutnya agar jika ada penambahan beban baru dapat ditambahkan ke fasa beban rendah.
4. Pada saat terjadi ketidakseimbangan beban akan menimbulkan arus yang mengalir pada kawat netral yang akan berdampak pada kerugian *Financial*. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menyertakan penghitungan *Financial* yang diakibatkan karena adanya arus yang mengalir pada kawat netral.

DAFTAR PUSTAKA

- Albadi, M.H., A. S. Al Hinai, A. H. Al-Badi, M. S. Al Riyami, S. M. Al Hinai, dan R.S Al Abri. 2015. Unbalance In Power Systems Case Study. *IEEE*.
- Astuti, B. 2011. *Pengantar Teknik Elektro*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Dey, N., & A. C. 2013. Neutral Current and Neutral Voltage in a Three Phase Four Wire Distribution System of a Technical Institution. *International Journal of Computer Application*.
- Dinata, I., Sunanda, W. 2015. Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database. *Jurnal Nasional Teknik Elektro* 4(1): 83-88.
- Fahrurozi, Firdaus, dan Feranita. 2014. Analisa Ketidak Seimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Transformator Distribusi di Gedung Fakultas Teknik Universitas Riau. *Jurnal FTEKNIK* 1(2)
- Hasbullah. 2016. Analisa Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Rugi Daya Listrik Pada Jaringan Distribusi Sekunder. *Jurnal Politeknik Negeri Sriwijaya* 1: 1-6.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2017. *Data Realisasi 2017*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Melipurbowo, B.G. 2016. Pengukuran Daya listrik Real Time Dengan Menggunakan Sensor Arus ACS 712. *ORBITH* 12 (1): 17-23.
- Nuraeni, R. dan C. A. Selan. 2013. Dasar Pengukuran Listrik 2. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.
- Prakoso, S. A., Garniwa, I. M. K. 2014. Analisis Pengaruh Harmonik Terhadap Arus Netral Transformator Pelanggan Industri, Bisnis Dan Rumah Tangga. *Jurnal Teknik Elektro* 6(1)1-20.
- Priyono. 2008. *Metode Penelitian Kuantitatif*. Edisi revisi. Sidoarjo: Zifatama publishing

- Ramdhani, M. 2008. *Rangkaian Listrik*. Edisi Pertama. Jakarta: Erlangga
- Riduwan. 2010. *Skala Pengukuran Variabel-variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Sari, G. A. K. 2018. Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban terhadap Arus Netral Dan *Losses* Pada Trafo Distribusi Studi Kasus Pada PT. PLN (Persero) Rayon Blora. *Skripsi*. Program S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Setiadji, J. S., Machmudsyah, T. Isnanto, Y. 2006. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* pada Trafo Dsitribusi. *Jurnal Teknik Elektro* 6(1):68-73.
- Siregar, M. A. 2013. Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Di PT. PLN (PERSERO) Rayon Panam Pekanbaru. *Skripsi*. Program S1 Teknik Elektro Universitas Islam Negeri Suska Riau.
- Siregar, R. S., Harahap, R. 2017. Perhitungan Arus Netral Rugi-rugi dan Efisiensi Transformator Distribusi 3 Fasa 20kV/400V Di PT. PLN(Persero) Rayon Medan Timur Akibat Ketidakseimbangan Beban. *Journal of Electrical Technology* 2(3):79-85.
- Siyoto, S. dan M. A. Sodik. 2015. *Dasar Metodologi Penelitian*. Edisi Pertama. Sleman: Literasi Media Publishing
- Sogen, M. D. T. 2018. Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* Pada Transformator Distribusi Di PT PLN (PERSERO) Area Sorong. *Jurnal Electro Luceat* 4(1):1-10.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Edisi ke-16. Bandung: Alfabeta.
- _____. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Edisi ke-17. Bandung: Alfabeta.
- _____. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Edisi ke-18. Bandung: Alfabeta.
- _____. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Edisi ke-23. Bandung: Alfabeta.

- Turumi, A. B. 2015. Analisis Ketidakseimbangan Beban Sistem Kelistrikan Kampus Politeknik Negeri Manado. *Tugas Akhir*. Program Diploma IV Politeknik Negeri Manado. Manado.
- Watiningsih, T. 2012 .Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi. *Journal Teodolita (Jurnal Fakultas Teknik)*.
- Yulisetiawan, R.D., E.S. Koenhardono, dan S. Sarwito. 2016. Effect Analysis Of Unbalanced Electric Load In Ship At Three Phase Synchronous Generator On Laboratory Scale. *Jurnal Teknik ITS* 5(2)