

**ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP
RUGI-RUGI DAYA DAN PENYEIMBANGANNYA PADA
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT PLN (PERSERO) RAYON SEDAYU**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata-1 Pada Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



Disusun oleh:

FAIZAL AGUNG KURNIAWAN

20150120020

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2019

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Faizal Agung Kurniawan
NIM : 20150120020
Program Studi : Teknik Elektro
Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Ketidaseimbangan Beban Terhadap Rugi-Rugi Daya dan Penyeimbangannya pada Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini adalah asli hasil karya diri saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, terkecuali sesuai yang tertulis pada sumber dalam naskah dan daftar pustaka. Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar dan hasil karya saya terbukti merupakan hasil plagiat/menjiplak karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan aturan yang berlaku.

Yogyakarta, 23 Juli 2019

Yang menyatakan,



Faizal Agung Kurniawan

NIM : 20150120020

HALAMAN PERSEMBAHAN



Segala puji bagi Allah SWT, tuhan semesta alam atas nikmat dan karunia-Nya dan dengan mengucap syukur Alhamdulillah atas limpahan keberkahan yang telah menciptakan makhluk-makhluk setia yang diutus untuk menemani proses perjalanan panjang pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga terasa singkat. Oleh karena itu, secara bangga dan pantas saya mengucapkan terimakasih dengan setulus hati yang sedalam-dalamnya. Dan sebuah karya kecil penuh cerita ini saya persembahkan kepada:

- ❖ Ayah Choiruddin dan Ibu Dwi Retno Hartami, yaitu kedua orang tua tercinta yang tanpa lelah memberikan doa, bimbingan, motivasi, moral dan kasih sayang tiada hentinya yang tidak akan mampu saya membalas semua yang telah dilakukan dan dikorbankan.
- ❖ Ketiga kakak perempuanku yang memberi dukungan dan nasihat ilmu.
- ❖ Teman-teman teknik elektro UMY yang membantu dan berbagi ilmu, referensi, dan saran serta menghabiskan waktu bersama dalam menempuh pendidikan ini sampai selesai.
- ❖ Teman atau orang-orang sekitar yang memberi energi positif lebih kepadaku untuk lebih bersemangat melakukan apapun.

MOTTO

وَمَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ بِهِ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ

“Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga.”

(HR. Muslim)

إِذْ وَ تَأَذَّنَ رَبُّكُمْ لَئِنْ شَكَرْتُمْ مَّا لَزِيدَنَّكُمْ وَلَئِنْ كَفَرْتُمْ إِنَّ عَذَابِي لَشَدِيدٌ

"Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (nikmat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih".

(Qs. Ibrahim: 7)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir yang berjudul “Analisis Pengaruh Ketidaseimbangan Beban Terhadap Rugi-Rugi Daya dan Penyeimbangannya pada Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu”. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, dan kepada umatnya hingga akhir zaman, amin ya rabbal alamin.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan kurikulum sarjana strata-1 (S-1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari pada proses pengerjaannya tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan serta saran dari semua pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Orang tua karena jasa-jasanya, doa, pengorbanan, kesabaran tiada henti dan tidak pernah lelah untuk membimbing serta mendidik penulis semenjak kecil.
2. **Dr. Ir Gunawan Budiyanto, M.P** selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak **Jazaul Ikhsan, S.T., Ph.D** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak **Dr. Ramadoni Syahputra, S.T., M.T** selaku Ketua Progam Studi Teknik Elektro dan Dosen Pembimbing 1 yang telah memberi izin dan membimbing penulis selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak **Ir. Slamet Suropto, M.Eng** selaku Dosen Pembimbing 2 yang membimbing, membagi ilmunya, dan mengarahkan penulis selama melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Bapak **Yudhi Ardiyanto, S.T., M.Eng** selaku penguji saat pendadaran dan memberi masukan dalam penyempurnaan penyusunan tugas akhir ini.
7. Segenap Dosen pengajar di Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberi segala ilmu dan pengarahan selama kegiatan perkuliahan.
8. Staf Laboratorium Bapak **Indri Listiyono**, Bapak **Wastik Purnomo**, dan Bapak **Nurhidayat** yang selalu membimbing dan memberi ilmunya selama melakukan praktikum di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
9. Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
10. Sahabat “Trio Penjemput Wisuda 2019” , Almaridliyatul Wardatun Nisa Almunawaroh dan Waridatun Nida
11. Teman-teman Teknik Elektro pada umumnya, dan khususnya teman-teman kelas A 2015 yang selalu menemani dan kebersamai penulis sejak awal semester satu sampai terselesaikannya tugas akhir ini, yang namanya tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kemajuan di masa yang akan datang. Akhirnya, hanya kepada Allah SWT penulis serahkan segalanya, semoga dapat bermanfaat khususnya bagi penulis, dan umumnya bagi kita semua.

Yogyakarta, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN I | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN II | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | iv |
| HALAMAN PERSEMBAHAN..... | v |
| MOTTO..... | vi |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI..... | ix |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| INTISARI..... | xiv |
| <i>ABSTRACT</i> | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penulisan..... | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.2 Sistem Tenaga Listrik..... | 6 |
| 2.2.1 Pembangkitan | 7 |
| 2.2.2 Transmisi..... | 8 |
| 2.2.3 Distribusi..... | 10 |
| 2.3 Komponen Sistem Distribusi | 13 |
| 2.3.1 Gardu Induk..... | 13 |
| 2.3.2 Jaringan Sistem Distribusi Primer | 13 |
| 2.3.3 Gardu Distribusi | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4 Kwh Meter | 18 |
| 2.4.1 KWh Meter Analog (Pascabayar)..... | 18 |
| 2.4.2 KWh Meter <i>Digital</i> (Prabayar)..... | 19 |
| 2.5 Tegangan Distribusi..... | 22 |
| 2.5.1 Tegangan Menengah (TM)..... | 22 |
| 2.5.2 Tegangan Rendah (TR)..... | 22 |
| 2.5.3 Tegangan Pelayanan | 23 |
| 2.6 Sistem Tiga Fasa | 23 |
| 2.6.1 Ketidakseimbangan Beban pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah..... | 24 |
| 2.6.2 Arus Beban Penuh Transformator | 27 |
| 2.6.3 Persentase Pembebanan Setiap <i>Phase</i> | 28 |
| 2.6.4 Persentase Ketidakseimbangan Beban..... | 29 |
| 2.6.5 Losses (susut) Energi pada Sistem Tiga Fasa Beban Tidak Seimbang | 30 |
| 2.6.6 Rugi-rugi Daya pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah | 30 |
| 2.6.7 Rencana denah perhitungan arus netral..... | 33 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 34 |
| 3.1 Alat dan Bahan Penelitian..... | 34 |
| 3.1.1 Alat Penelitian | 34 |
| 3.1.2 Bahan Penelitian | 34 |
| 3.2 Waktu Penelitian | 34 |
| 3.3 Lokasi Penelitian Tugas Akhir..... | 34 |
| 3.4 Langkah-Langkah Penelitian | 35 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 39 |
| 4.1 Metode Penyeimbangan Beban Trafo Distribusi 3 Fasa..... | 39 |
| 4.2 Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu | 40 |
| 4.3 Data Teknis Transformator | 42 |
| 4.4 Jaringan Tegangan Rendah (JTR) Transformator | 45 |
| 4.4.1. Jenis Penghantar | 45 |
| 4.4.2 Panjang Penghantar..... | 47 |
| 4.5 Data Pembebanan Transformator | 50 |
| 4.6 Analisis Pembebanan Transformator..... | 51 |
| 4.7 Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 4.8 Perhitungan Arus Netral | 58 |
| 4.9 Perhitungan Susut Daya Akibat Arus Netral Pada Penghantar Netral Transformator | 60 |
| 4.10 Perhitungan Susut Daya Akibat Arus Yang Mengalir ke Tanah..... | 61 |
| 4.11 Perhitungan Susut Daya Penghantar Fasa..... | 62 |
| 4.12 Hasil Perbandingan Susut Daya/Rugi-Rugi Daya | 64 |
| 4.13 Energi yang Hilang dan Kerugian Finansial pada Jaringan Tegangan Rendah Beban Tidak Seimbang..... | 64 |
| 4.14 Penyeimbangan Beban Pelanggan | 67 |
| 4.15 Penghematan Biaya Sesudah Penyeimbangan Beban..... | 77 |
| BAB V PENUTUP | 79 |
| 5.1 Kesimpulan | 79 |
| 5.2 Saran..... | 80 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Skema Umum Sistem Tenaga Listrik | 6 |
| Gambar 2.2 Diagram Umum Sistem Transmisi | 9 |
| Gambar 2.3 <i>Overhead Lines</i> | 10 |
| Gambar 2.4 Skema Umum Distribusi | 11 |
| Gambar 2.5 Bagian-Bagian Sistem Distribusi Primer | 14 |
| Gambar 2.6 Skema Pola Sistem <i>Radial</i> | 15 |
| Gambar 2.7 Skema Pola Sistem Loop | 16 |
| Gambar 2.8 Skema Pola Sistem <i>Spindle</i> | 17 |
| Gambar 2.9 Skema Pola Sistem Cluster | 17 |
| Gambar 2.10 Gardu Distribusi | 18 |
| Gambar 2.11 Medan magnet pada kWh meter <i>analog</i> | 19 |
| Gambar 2.12 kWh meter <i>digital</i> (prabayar) | 21 |
| Gambar 2.13 Diagram blok kWh-meter digital PLN | 21 |
| Gambar 2.14 Sistem 3 Fasa Umum dengan Urutan ABC..... | 23 |
| Gambar 2.15 Diagram Phasor Sistem Tiga Fasa Beban Seimbang | 25 |
| Gambar 2.16 Diagram Phasor Sistem 3 Fasa Beban Tidak Seimbang | 26 |
| Gambar 2.17 Peta pelanggan di gardu distribusi 1503115 Gunung Sempu | 33 |
| Gambar 2.18 Peta pelanggan di gardu distribusi 1411671019 Baturan..... | 33 |
| Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Proses Penelitian..... | 35 |
| Gambar 4.1 Gardu distribusi 1503115 | 42 |
| Gambar 4.2 Gardu distribusi 1411671019 | 44 |
| Gambar 4.3 <i>Clamp on Power Tester</i> | 50 |
| Gambar 4.4 Skema aliran arus transformator 1503115 | 52 |
| Gambar 4.5 Skema aliran arus transformator 1411671019 | 54 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Tegangan Distribusi Dan Frekuensi Berbagai Negara | 11 |
| Tabel 4.1 Daya dan jumlah trafo 3 fasa di Rayon Sedayu | 41 |
| Tabel 4.2 Spesifikasi Transformator 1503115 | 43 |
| Tabel 4.3 Spesifikasi Transformator 1411671019..... | 44 |
| Tabel 4.4 Karakteristik Elektris NFA2X-T..... | 46 |
| Tabel 4.5 Jaringan Pelayanan Transformator 1503115 | 47 |
| Tabel 4.6 Jaringan Pelayanan Transformator 1411671019..... | 48 |
| Tabel 4.7 Data pembebanan transformator 1503115 | 51 |
| Tabel 4.8 Data pembebanan transformator 1411671019 | 51 |
| Tabel 4.9 Perbandingan Susut Daya Kedua Transformator | 64 |
| Tabel 4.10 Sampel Penggunaan Beban Pelanggan..... | 68 |
| Tabel 4.11 Pemindahan Beban <i>Phase S</i> ke R Trafo 1503115..... | 70 |
| Tabel 4.12 Pemindahan Beban <i>Phase T</i> ke R Trafo 1503115 | 70 |
| Tabel 4.13 Pemindahan Beban <i>Phase R</i> ke S Trafo 1411671019..... | 74 |
| Tabel 4.14 Pemindahan Beban <i>Phase T</i> ke S Trafo 1411671019 | 75 |