

SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) UP3 OGAN
ILIR ULP PRABUMULIH



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan
9 Agustus 2022

Disusun Oleh :
ALDY ARYA PUTRA
13.2018.050

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2022

SKRIPSI
ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA
TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) UP3 OGAN
ILIR ULP PRABUMULIH



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan
9 Agustus 2022

Disusun Oleh :
ALDY ARYA PUTRA
13.2018.050

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Erliza Yuniarti, S.T., M.Eng
NIDN. 0230066901

Penguji 1

Ir. Zulkifli Saleh, M.Eng
NIDN. 0212056402

Pembimbing 2

Sofiah, S.T., M.T
NIDN. 0209047302

Penguji 2

Yosi Apriani, S.T., M.T
NIDN. 0213048201

Menyetujui
Dekan Fakultas Teknik

Dr. H. Kgs. Ahmad Roni, M.T., IPM
NIDN. 0227077004

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Taufik Barlian, S.T., M.Eng
NIDN. 0218017202

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam proposal penelitian ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Palembang, 24 Maret 2022

Yang membuat pernyataan



Aldy Arya Putra

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunianya jualah penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini dengan judul **“ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI DI PT. PLN (PERSERO) UP3 OGAN ILIR ULP PRABUMULIH”** yang disusun guna untuk syarat mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada.

1. Erliza Yuniarti,S.T.,M.Eng selaku Pembimbing I
2. Sofiah,S.T., M.T selaku Pembimbing II

Dan tak lupa pula penulis secara khusus mengucapkan terima kasih kepada,

1. Bapak Dr. Abid Djazuli, S.E.,M.M, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Dr. Ir. Kgs Ahmad Roni, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Taufik Barlian, S.T.,M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Feby Ardianto, S.T,M.Cs, selaku Sekrertaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang

7. Orang Tua ku yang tak pernah lelah memberikan dukungan dan do'a yang terbaik, serta adik dan keluargaku
8. Rekan-rekan sahabat saya yang membantu dan memotivasi saya dalam mengerjakan skripsi sehingga bisa menyelesaikan proposal penelitian ini.

Yang telah banyak membantu penulis baik secara moril maupun material dalam menyelesaikan proposal penelitian ini, semoga amal baik yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari penulisan proposal penelitian ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca akan penulis terima sangat senang hati. Semoga proposal penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi rekan-rekan pembaca di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Palembang, 24 Maret 2022

Penulis,



Aldy Arya Putra

ABSTRAK

Transformator Distribusi LE 0193 adalah salah satu transformator tiga fasa yang di suplai oleh Penyulang Fatmawatih. Transformator distribusi LE 0193 memiliki kapasitas 100 kVA dengan tegangan 380 V. Tidak meratanya beban-beban di setiap fasa pada transformator LE 0193 mengakibatkan ketidakseimbangan beban dan rugi-rugi daya disepanjang penghantar. Berdasarkan data beban transformator fasa (R, S, T, N) yang pengukurannya di lakukan selama satu minggu di PT. PLN (Persero) UP3 Ogan Ilir ULP Prabumulih, hasil penelitian menunjukkan pembebanan pada transformator LE 0193 mengalami puncak pembebanan tertinggi pada siang hari dengan perhitungan manual sebesar 54,0 % dan dengan analisa ETAP 12.6.0 sebesar 54,0 kVA. Persentase tertinggi ketidakseimbangan beban di malam hari sebesar 28,4%. Rugi-rugi daya pada transformator tertinggi dipersentasikan sebesar 0,54 %.

Kata kunci : Transformator distribusi, ketidakseimbangan beban, rugi-rugi daya.

ABSTRACT

Distribution Transformer LE 0193 is a three-phase transformer supplied by Fatmawatih Feeder. The LE 0193 distribution transformer has a capacity of 100 kVA with a voltage of 380 V. The uneven loads in each phase of the LE 0193 transformer result in load imbalances and power losses along the conductor. Based on phase transformer load data (R, S, T, N) whose measurements were carried out for one week at PT. PLN (Persero) UP3 Ogan Ilir ULP Prabumulih, the results showed that the loading on the LE 0193 transformer experienced the highest loading peak during the day with manual calculations of 54.0% and with ETAP 12.6.0 analysis of 54.0 kVA. The highest percentage of load imbalance at night is 28.4%. The highest power losses in the transformer are represented by 0.54%.

Keywords : Distribution transformer, load unbalances, power losses.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Transformator	5
2.1.1. Prinsip Kerja Transformator.....	6
2.1.2. Keadaan Transformator Tanpa Beban.....	8
2.1.3. Keadaan Transformator Berbeban.....	10
2.1.4. Jenis-jenis Transformator	11
2.2. Transformator Distribusi	12
2.2.1. Inti Transformator	13
2.2.2. <i>Bushing</i> Transformator	14
2.2.3. Tipe Pendingin Transformator	16
2.3. Ketidak Seimbangan Transformator	18
2.3.1. Akibat Ketidak Seimbangan Beban.....	20

2.3.2. Analisa Ketidakseimbangan Beban pada Transformator	20
2.4 Arus Netral	20
2.4.1. Arus Netral Karena Beban Tidak Seimbang	21
2.4.2. Penyaluran dan susut Daya pada Keadaan Arus Seimbang	22
2.4.3. Penyaluran dan susut Daya pada Keadaan Tidak Seimbang	23
2.4.4. Faktor Daya	23
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1. Tempat dan Waktu	24
3.2. Bahan Penelitian	24
3.3. Flowchart Penelitian	25
3.4. Langkah-langkah Digunakan Dalam Perhitungan	26
BAB 4 PERHITUNGAN DAN ANALISA	28
4.1. Data Penelitian	28
4.2. Perhitungan Pembebanan Transformator	29
4.3. Perhitungan Ketidakseimbangan Beban Transformator	32
4.4. Perhitungan Rugi-Rugi Daya	34
4.5. Analisa dan Pembahasan	36
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	38
5.1. Kesimpulan	38
5.2. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip hukum elektromagnetik	6
Gambar 2. 2 Fluks pada transformator	7
Gambar 2. 3 Transformator dalam keadaan tanpa beban	9
Gambar 2. 4 Transformator dalam keadaan berbeban	10
Gambar 2. 5 Transformator distribusi.....	13
Gambar 2. 6 Transformator tipe inti dan tipe cangkang	14
Gambar 2. 7 Bushing	14
Gambar 2. 8 Bagian-bagian dari bushing	15
Gambar 2. 9 Kertas isolasi pada bushing.....	15
Gambar 2. 10 Indikator level minyak bushing.....	16
Gambar 2. 11 Radiator.....	17
Gambar 2. 12 Vektor diagram arus keadaan seimbang	19
Gambar 2. 13 Vektor diagram arus keadaan tidak seimbang	19
Gambar 2. 14 Diagram fasor tegangan saluran daya model fasa tunggal	22
Gambar 2. 15 Segitiga daya	23
Gambar 4. 1 Name plate transformator.....	28
Gambar 4. 2 Running load flow pada ETAP beban siang hari ke-1	30
Gambar 4. 3 Kurva beban harian jam 12.00 siang dan jam 24.00 malam	31
Gambar 4. 4 Grafik ketidakseimbangan beban selama 7 hari.....	33
Gambar 4. 5 Rugi-rugi daya pada ETAP beban siang hari ke-1	34
Gambar 4. 6 Grafik rugi-rugi daya	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Macam-macam pendingin pada trafo	17
Tabel 4. 1 Data transformator	28
Tabel 4. 2 Pengukuran transformator siang hari	29
Tabel 4. 3 Pengukuran transformator malam hari	29
Tabel 4. 4 Pembebanan pada siang hari.....	30
Tabel 4. 5 Pembebanan pada malam hari	31
Tabel 4. 6 Ketidakseimbangan beban pada siang hari	32
Tabel 4. 7 Ketidakseimbangan beban pada malam hari	33
Tabel 4. 8 Rugi-rugi daya pada siang hari	35
Tabel 4. 9 Rugi-rugi daya pada malam hari.....	35

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan bermasyarakat. Kebutuhan akan energi listrik saat ini semakin lama semakin meningkat, sedangkan sumber daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi ini semakin berkurang. Oleh sebab pengembangan sumber energi listrik untuk membantu kegiatan masyarakat dan meningkatkan taraf hidup yang berkesinambungan perlu diperhatikan oleh PT PLN selaku pengelola energi listrik di Indonesia. Pengembangan sistem kelistrikan membutuhkan adanya sarana dan prasarana yang mendukung untuk tercapainya tujuan pembangunan tersebut.

Sistem tenaga listrik adalah sistem penyedia dan penyalur daya listrik yang terdiri dari pusat pembangkit listrik yang saling terhubung oleh jaringan listrik yang nantinya disalurkan ke pusat beban [1]. Komponen-komponen sistem tenaga listrik seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban yang dihubung-hubungkan dan membentuk suatu sistem kelistrikan. Dimana energi listrik yang digunakan pelanggan awalnya dibangkitkan pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik kemudian disalurkan ke pusat-pusat beban melalui jaringan transmisi, subtransmisi dan distribusi, hingga akhirnya tegangan yang sampai pada konsumen berada sesuai dengan besar tegangan yang diinginkan [2].

Penyediaan tenaga listrik yang stabil dan kontinyu merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi dalam pemenuhan kebutuhan tenaga listrik. Transformator termasuk peralatan penting dalam sistem kelistrikan. Transformator merupakan suatu alat listrik yang mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu level ke level yang lain melalui gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet [1]. Adapun transformator di sistem distribusi digunakan untuk menurunkan tegangan dari tegangan menengah ke tegangan rendah menuju ke pelanggan 20 kV – 380/220 V [3]. Sistem distribusi pada saat pemenuhan kebutuhan energi listrik, terjadi pembagian beban-beban yang tidak merata sehingga menimbulkan ketidakseimbangan beban di setiap fasa (R, S, T).

Ketidakseimbangan beban mengakibatkan arus mengalir pada netral transformator yang besarnya bergantung dari seberapa besar faktor ketidakseimbangan [4]. Arus yang mengalir pada penghantar netral transformator ini akan menyebabkan terjadinya rugi-rugi (*losses*) daya disepanjang penghantar tersebut, sehingga merugikan konsumen dan PLN.

Penelitian terdahulu mengenai ketidakseimbangan beban telah dilakukan oleh [5] dengan judul “Penyeimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Dengan Metode Pengaturan Grup Beban Di PT. PLN (Persero) ULP Mattoangin Makasar Selatan”. Hasil penelitian tersebut didapatkan perhitungan penyeimbangan beban untuk mengurangi ketidakseimbangan beban pada transformator berkapasitas 200kVA GTMIK011. Penurunan persentase ketidakseimbangan beban yang mana pada saat sebelum penyeimbangan LWBP didapatkan 39,66%, sedangkan saat WBP 26,33% dapat diturunkan menjadi 16% pada saat LWBP dan 15,67% saat WBP. Kemudian pada penelitian yang dilakukan [6] dengan judul “Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* pada Transformator Distribusi Studi Kasus Pada PT. PLN (Persero) Rayo Blora”. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi berkapasitas 200kVA salah satunya disebabkan dengan penggunaan beban listrik yang tidak merata pada konsumen. Semakin besar ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi mengakibatkan *losses* pada transformator dan arus netral yang mengalir ke tanah juga semakin besar. Penelitian yang dilakukan [7] dengan judul “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Pembebanan dan Efisiensi Transformator Pada Gardu Distribusi PT. PLN (Persero) ULP Sungguminasa”. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka semakin kecil persentase pembebanan transformator dan semakin besar persentase ketidakseimbangan beban maka semakin kecil efisiensi transformator.

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik terjadi disebabkan oleh pembagian beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah yang tidak merata. Telah diidentifikasi oleh pihak PLN dan menjadi permasalahan di sistem penyaluran. Ketidakseimbangan beban yang

terjadi di penyulang fatmawatih mengakibatkan muncullah arus netral transformator. Penelitian ini akan membahas “Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi 20 kV Di PT. PLN (Persero) UP3 Ogan Ilir ULP Prabumulih”. Analisis ketidakseimbangan beban menggunakan perhitungan manual dan simulasi *software* ETAP 12.6.0 dengan menggunakan data primer yang belum pernah dibahas sebelumnya.

1.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisa pembebanan transformator distribusi ULP Prabumulih.
2. Untuk menentukan persentase ketidakseimbangan beban transformator distribusi terhadap arus netral.

1.3. Batasan Masalah

Agar penyusunan penelitian ini menjadi lebih terarah dan tidak menyimpang dari permasalahan, maka penulis membatasi pokok permasalahan ini hanya pada pembebanan dan ketidakseimbangan beban transformator 20 kV di penyulang fatmawatih, berdasarkan data di PT. PLN (Persero) UP3 Ogan Ilir ULP Prabumulih, menggunakan perhitungan manual dan simulasi *software* ETAP 12.6.0.

1.4. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam penyusunan laporan penelitian yang jelas maka penulis membaginya dalam sistematika penulisan yang terdiri dari beberapa bab pembahasan dengan urutan sebagai berikut :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Pada bab ini, menjelaskan latar belakang dari penyusunan proposal penelitian, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori dasar transformator, prinsip kerja transformator, keadaan transformator tanpa beban, keadaan transformator berbeban, jenis transformator, rugi-rugi transformator, efisiensi transformator, transformator tiga fasa, teori tentang jaringan distribusi

tenaga listrik yaitu distribusi primer, distribusi skunder, rak tegangan rendah, komponen jaringan tegangan rendah, sistem tenaga listrik tiga fasa, transformator distribusi, perhitungan arus beban penuh transformator, rugi-rugi (*losses*) akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator, ketidakseimbangan beban, penyaluran dan susut daya pada transformator dan faktor daya.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Pada bab ini membahas tentang data-data pengukuran pembebanan transformator dan tahanan penghantar netral transformator, data teknis alat ukur yang digunakan dan data teknis transformator.

BAB 4 : PERHITUNGAN DAN ANALISIA

Pada bab ini berisikan uraian tentang pengolahan data yaitu analisa arus beban penuh (*full load*) transformator, analisa pembebanan pada transformator, analisa ketidakseimbangan beban dan analisa rugi-rugi (*losses*) pada transformator.

BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran dalam penyusunan proposal penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Try Marwanto, I. Ir Junaidi, M.Sc, M. E. Zainal Abidin, S.T., Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura Pontianak, “Analisis Ketidakseimbangan Beban Pada Feeder Sejangkung di PT.PLN (Persero) ULP SAMBAS,” 2021.
- [2] Dr. Ramadoni Syahputra, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta "Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik", vol. 28, no. 4. Yogyakarta: LP3M UMY, 2017.
- [3] M. I. Wiranto, L. S. Patras, Sartje Silimang, T. Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, “Analisa Kinerja Transformator Distribusi Kawanua Emerald City-Amethyst”, 2021.
- [4] Pramudya Sari Dewi, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, “Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisienasi Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) ULP PEDAN”, 2021.
- [5] Muhammad Irwan Kurniawan, Program Studi Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN “Penyeimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Dengan Metode Pengaturan Grup Beban di PT.PLN (Persero) ULP MATTOANGIN MAKASSAR SELATAN”, 2021.
- [6] Gamma Ayu Kartika Sari, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta “Analisa Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* Pada Transformator Distribusi Studi Kasus Pada PT. PLN (Persero) RAYON BLORA”, 2018.
- [7] Ariyen Duri, Riana T, Mangesa, and Udin Sidin Sidik, “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Pembebanan dan Efisiensi Transformator Pada Gardu Distribusi PT. PLN (Persero) ULP

- SUNGGUMINASA”, *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 21–25, 2017.
- [8] Tharo Zuraidah, A. D. Tarigan, and R. Pulungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Pancabudi “Pengaruh Pemakaian Beban Tidak Seimbang Terhadap Umur Peralatan Listrik,” RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 10–15, 2018.
- [9] H. L. Latupeirissa, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* Daya Pada Transformator Distribusi Gardu KP-01 Desa Hative Kecil”, vol. 7, no. 2, pp. 16–22, 2017.
- [10] R. Ruliyanto, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Nasional Jakarta “Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Arus Ground pada Trafo 1 dan Trafo 2 pada Beban Puncak Sesaat”, *J. Ilm. Giga*, vol. 23, no. 1, p. 27, 2020.
- [11] M. Dwiyanto and T. Sogen, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong “Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan *Losses* Pada Transformator Distribusi di PT PLN (Persero) Area SORONG,” vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2018.
- [12] Jhonson Siburian, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Darma Agung “Karakteristik Transformator” *Maret*, vol. VIII, no. 1, pp. 21–28, 2019.
- [13] Ardi Aswar Alamsyah and Suardil, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Makasar “Perancangan Transformator 3 Fasa Dengan Menggunakan Transformator 1 Fasa”, *Peranc*, 2018.
- [14] J. Jamaaluddin and I. Robandi, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo “Perancangan Transformator Satu Fasa dan Tiga Fasa” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, , vol. 434, no. 1, Dec. 2018.
- [15] Z. Sya’roni and T. Rijanto, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro,

Universitas Negeri Surabaya “Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi 20 kV Dan Solusinya Pada Jaringan Tegangan Rendah,” vol. 8, no. 1, pp. 173–180, 2019.

- [16] Suganda and A. Muis, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional “Analisa Kualitas Tahanan Isolasi Transformator Daya,” vol. XXIII, no. 2, pp. 1–10, 2021.
- [17] I. W. Y. Prasetya, I. N. Setiawan, and I. G. D. Arjana, Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana “Harmonisasi Pada Transformator Distribusi MI 0096 Penyulang ABIANBASE,” vol. 7, no. 1, pp. 109–115, 2020.
- [18] Mutiar, Dosen Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang “Perhitungan Efisiensi Transformator 60 MVA di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Prabumulih,” pp. 29–38, 2018.