

STUDI PEMELIHARAAN TRANSFORMATOR DAYA DI PLN UPT MAKASSAR

Muh Anzar Amrullah¹, Haripuddin², Firdaus³

¹Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar
anzarelektrounm@gmail.com

²Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar
Haripuddin@unm.ac.id

³Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Negeri Makassar
dauselektro@unm.ac.id

ABSTRAK

Jenis Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif bertujuan untuk mengetahui cara pemeliharaan transformator daya di Unit Pelaksana Transmisi Makassar, dan perangkat peralatan yang perlu dipelihara pada transformator daya di PLN UPT Makasar. Data penelitian diperoleh dengan dokumentasi, observasi dan wawancara. Subjek dalam penelitian adalah supervisor gardu induk satu orang, operator gardu induk satu orang, dan supervisor pemeliharaan satu orang. Objek dalam penelitian ini adalah pemeliharaan transformator daya di PLN UPT Makassar ULTG Panakkukang GI Panakkukang. teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan kegiatan pemeliharaan transformator daya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kegiatan pemeliharaan transformator daya dilaksanakan sekali setahun, namun untuk transformatornya masing-masing dua tahun sekali mengikut tahun genap atau ganjil disesuaikan dengan kode nomor transformator, dan bagian transformator yang dipelihara secara rutin dua tahun sekali adalah *body* transformator, pembumian dalam hal ini kawat dan terminal pembumian, *box* terminal, pengecekan pondasi transformator apakah ada retak atau miring, tahanan isolasi dengan cara diukur nilai tahanannya, pengujian sensor suhu, *lightning arrester*, dan penggantian minyak transformator.

Kata Kunci: Studi, Pemeliharaan, Transformator Daya, GI Panakkukang.

STUDY ON TRANSFORMERS MAINTENANCE AT PLN UPT MAKASSAR

ABSTRACT

This type of research is a quantitative study aimed to determine the maintenance of transformers in the Makassar Transmission Implementing Unit, and the equipment that needs to be maintained on transformers at PLN UPT Makassar. Research data obtained by documentation, observation and interviews. The subjects in the study were a one-person substation supervisor, one-person substation operator, and one-person maintenance supervisor. The object of this research is the maintenance of power transformers at PLN UPT Makassar ULTG Panakkukang GI Panakkukang. The data analysis technique used is descriptive quantitative to analyze the data by describing the maintenance activities of the power transformer. The results of this study indicate that power transformer maintenance activities are carried out once a year, but for each transformer every two years according to the even or odd year according to the transformer number code, and the transformer part that is routinely maintained every two years is the transformer body, grounding in the case of a transformer. This is grounding wire and terminals, terminal boxes, checking the transformer foundation for cracks or tilting, insulation resistance by measuring the resistance value, testing temperature sensors, lightning arresters, and replacing transformer oil.

Keyword: Study, Maintenance, Transformer, GI Panakkukang

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi maka kebutuhan akan energi listrik sangat tinggi. Begitu pula halnya dengan Indonesia tentunya dalam menghadapi tantangan tersebut membutuhkan pasokan-pasokan energi untuk menunjang pembangunan di segala bidang. PT PLN (Persero) sebagai perusahaan yang membidangi kelistrikan di Indonesia memegang peranan penting dalam menjamin kualitas kelistrikan dan pemberian pelayanan baik [1].

Sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama, yaitu : pusat-pusat pembangkit, saluran transmisi, dan saluran distribusi serta beban. Pusat pembangkit berfungsi untuk mengkonfersikan sumber energi primer seperti air, gas, panas bumi, nuklir menjadi energi listrik. Melalui transformator penaik tegangan, daya listrik tersebut dikirimkan lewat saluran transmisi tegangan tinggi menuju pusat-pusat beban (gardu induk sisi beban). Dari gardu induk tersebut, kemudian daya listrik dikirimkan lewat saluran distribusi ke transformator distribusi. Pada transformator distribusi, tegangan diturunkan menjadi tegangan rendah dan akhirnya diterima pihak konsumen [2].

Kemudahan dari pelaksanaan proses penyaluran energi listrik merupakan suatu hal pokok yang harus dicapai. Salah satu fungsi yang memegang peranan yang sangat penting dalam menjamin kelancaran pelaksanaan kegiatan penyaluran adalah transformator daya, oleh sebab itu suatu perusahaan harus selalu mengusahakan peralatan listrik dalam kondisi yang terbaik sehingga proses pendistribusian listrik dapat berjalan dengan lancar.

Transformator harus dipelihara dengan menggunakan sistem dan peralatan yang benar, baik dan tepat. Untuk itu tenaga operasi pemeliharaan harus mengetahui bagian-bagian transformator dan bagian-bagian mana saja yang perlu diawasi melebihi bagian lainnya [3].

Peralatan yang berperan penting dalam penyaluran daya listrik yaitu transformator daya. Transformator daya merupakan peralatan listrik yang sangat vital, oleh karena itu transformator harus dipelihara agar dapat beroperasi secara maksimal dan jauh dari gangguan-gangguan yang dapat menyebabkan kegagalan transformator. Untuk itu keandalanya harus terjaga agar proses pendistribusian listrik dapat berjalan dengan lancar.

Pemeliharaan transformator daya dilakukan untuk menjaga efektivitas dan daya tahan peralatan sistem tenaga listrik, khususnya transformator daya agar dapat bekerja sebagaimana mestinya sehingga kontinuitas penyaluran tetap terjaga dengan baik.

Oleh karena itu diperlukan pemeliharaan secara terjadwal sesuai dengan buku panduan dari pabrik. Jika terjadi ketidaknormalan dari suatu hasil pemeliharaan transformator maka perlu dilakukan investigasi lebih lanjut agar tidak terjadi gangguan pada saat transformator beroperasi [4].

Pemeliharaan transformator daya khususnya pada minyak isolasi pengujian dilakukan untuk mengetahui keadaan ataupun kemampuan minyak isolasi sebagai penghantar dan sebagai isolasi. PLN memiliki banyak standar untuk pengujian untuk menguji minyak isolasi baik isolasi yang masih baru ataupun yang telah digunakan (pemeliharaan), misalnya tegangan tembus, partikel padat, uap air, gas, dan pengujian dengan metode *Dissolved Gas Analysis* (DGA).

Bahan isolasi akan mengalami pelepasan muatan yang merupakan bentuk kegagalan listrik apabila tegangan yang diterapkan melampaui kekuatan isolasinya. Kegagalan isolasi yang terjadi pada saat peralatan sedang beroperasi bisa menyebabkan kerusakan alat sehingga kontinuitas sistem terganggu. Dengan demikian isolasi merupakan bagian yang terpenting dan sangat menentukan usia dari peralatan, untuk itu sistem isolasi harus dipelihara dan diperhatikan sebaik mungkin, baik itu isolasinya maupun penyebab kerusakan isolasi [5].

Minyak Transformator mempunyai sifat sebagai media pemindah panas dan bersifat pula sebagai isolasi sehingga berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi. Minyak transformator yang dipakai untuk mendinginkan belitan primer maupun sekunder harus selalu dalam kondisi baik dan memenuhi standar tegangan tembus yang diizinkan oleh PT. PLN.

Operasi dan usia transformator sangat bergantung pada kualitas sistem isolasinya. Salah satunya adalah kualitas dari sistem isolasi minyak transformator. Minyak transformator selain berfungsi sebagai isolasi dan pendingin, juga mempunyai sifat dapat melarutkan gas-gas yang timbul akibat kerusakan sistem isolasi baik isolasi padat (*cellulose*) maupun isolasi cair (minyak transformator) selama dalam operasinya. Selama transformator beroperasi maka di dalam minyak transformator akan mengalami beban berupa medan listrik dan juga beban thermal yang berasal baik dari belitan maupun inti transformator. Pemakaian transformator dalam jangka panjang dapat menyebabkan minyak transformator akan mengalami penurunan karakteristik dielektrik, fisik dan kimia. Selain itu juga menyebabkan timbulnya gas-gas terlarut yang berada dalam minyak transformator [6].

PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Makassar (UPT Makassar) berdiri berdasarkan keputusan direksi Nomor 1789.P/DIR/2018 tanggal 19 Desember 2018. Tugas pokok PLN UPT Makassar adalah merencanakan, melaksanakan dan melakukan evaluasi serta membuat laporan atas kegiatan operasional penyaluran tenaga listrik dan pemeliharaan jaringan transmisi dan gardu induk secara efisien dengan mutu dan keandalan yang baik.

PLN UPT Makassar membawahi 7 Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) dan 46 Gardu Induk yang tersebar di dua provinsi yakni Provinsi Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara. Salah satu ULTG berada dibawah naungan UPT Makassar adalah ULTG Panakkukang. ULTG Panakkukang memiliki 15 transformator yang terbagi dalam tujuh gardu induk. Adapun rincian 15 transformator yaitu: tiga buah transformator kapasitas 60 MVA pada GI Panakkukang, dua buah transformator kapasitas 60 MVA pada GI Bontoala, dua transformator kapasitas 30 MVA dan satu buah transformator kapasitas 30 MVA pada GI Tallo lama, tiga buah transformator pada GI tanjung bunga, dua buah transformator kapasitas 60 MVA pada GI Sungguminasa, satu buah transformator kapasitas 20 MVA pada GI Borongloe, dan satu buah transformator kapasitas 60 MVA pada GI Bollangi. Dari tujuh gardu induk diatas, peneliti mengambil tempat penelitian pada PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Makassar, Unit Layanan Transmisi Dan Gardu Induk (ULTG) Panakkukang, Unit gardu induk panakkukang.

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pendekatan Ex Post Facto yakni penelitian yang dilakukan untuk meneliti suatu peristiwa yang telah terjadi dan kemudian diamati ke belakang. Tujuan penelitian deskriptif kuantitatif ini dilakukan untuk mengumpulkan data dan memberikan gambaran secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta tertentu. Fakta tersebut yaitu tentang Studi Pemeliharaan Transformator Daya di PLN UPT Makassar.

B. Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada Unit Pelaksana Transmisi (UPT) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Panakkukang, yang bertempat di Jalan Hertasning Barat, Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar.

C. Teknik Dan Instrumen Pengumpulan Data

1. Teknik Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data pada penelitian ini, peneliti menggunakan teknik pengumpulan data antara lain :

a. Teknik Dokumentasi

Teknik dokumentasi digunakan untuk memperoleh data yang bersumber dari arsip-arsip tentang metode pemeliharaan transformator daya sebelum dan sesudah, serta pengaruh pemeliharaan terhadap usia transformator daya pada PT. PLN (Persero) UPT Makassar.

b. Teknik Wawancara

Teknik wawancara digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kegiatan pemeliharaan transformator daya pada PT. PLN (Persero) UPT Makassar dengan melakukan wawancara secara langsung dengan manajer, pegawai dan karyawan bagian *maintenance* pada PT. PLN (Persero) UPT Makassar

2. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen pengumpulan data adalah alat atau fasilitas yang digunakan oleh peneliti dalam mengumpulkan data agar pekerjaannya lebih mudah dan hasilnya lebih baik, dalam arti lebih cermat, lengkap, dan sistematis sehingga lebih mudah diolah. Berdasarkan teknik pengumpulan data yang digunakan, maka instrumen penelitian ini menggunakan panduan dokumentasi, lembar observasi dan panduan wawancara.

F. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan deskriptif kuantitatif. Setelah data yang diperlukan dalam penelitian ini terkumpul, maka selanjutnya dilakukan Analisis Deskriptif kuantitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Data Transformator Daya Gardu Induk Panakkukang

TABEL 1. DATA TRANSFORMATOR PADA GI PANAKKUKANG

No	Transformator	Kapasitas	Tahun
		Transformator (kVA)	
1	Bay Trafo #1	150	2021
2	Bay Trafo #2	150	2017
3	Bay Trafo #3	150	2012

Pada gardu induk panakkukang terdapat tiga transformator daya yang terpasang. Adapun data ketiga transformator daya tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan data ketiga transformator daya, dimana transformator yang aktif beroperasi adalah transformator #2 dan transformator #3. Transformator #1 beroperasi ketika terjadi gangguan pada salah satu transformator yang beroperasi atau pada saat kegiatan pemeliharaan dilaksanakan.

2. Pengukuran Tahanan Isolasi

Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kondisi isolasi antara belitan dengan *ground* atau antara dua belitan. Metode yang umum dilakukan adalah dengan memberikan tegangan dc dan merepresentasikan kondisi isolasi dengan satuan megaohm. Tahanan isolasi yang diukur merupakan fungsi dari arus bocor yang menembus melewati isolasi atau melalui jalur bocor pada permukaan eksternal. Pengujian tahanan isolasi dapat dipengaruhi suhu, kelembaban dan jalur bocor pada permukaan eksternal seperti kotoran pada bushing atau isolator.

TABEL 2. HASIL PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI DARI PLN TAHUN 2020

Titik Ukur	Fasa (R)		Fasa (S)		Fasa (T)	
	Standar	Hasil Ukur	Standar	Hasil Ukur	Standar	Hasil Ukur
Primer – Tanah Sekunder 1 – Tanah Sekunder 2 – Tanah Sekunder 3 – Tanah Sekunder 4 – Tanah Primer - Sekunder 1	1MΩ	50.3	1MΩ	49.1	1MΩ	54.2
1 – Tanah Sekunder 2 – Tanah Sekunder 3 – Tanah Sekunder 4 – Tanah Primer - Sekunder 2	1MΩ	22.4	1MΩ	25.3	1MΩ	23
2 – Tanah Sekunder 3 – Tanah Sekunder 4 – Tanah Primer - Sekunder 3	1MΩ	19.3	1MΩ	19.8	1MΩ	20.0
3 – Tanah Sekunder 4 – Tanah Primer - Sekunder 4	1MΩ	22.1	1MΩ	23.9	1MΩ	23.4
4 – Tanah Primer - Sekunder 1	1MΩ	15	1MΩ	21.5	1MΩ	20.5
1	1MΩ	18.5	1MΩ	22.6	1MΩ	22.8
2	1MΩ	22.9	1MΩ	14.7	1MΩ	18
3	1MΩ	29.1	1MΩ	25.6	1MΩ	25.3
4	1MΩ	11.5	1MΩ	12.9	1MΩ	11.2

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pengukuran nilai tahanan isolasi belitan oleh pihak PLN diperoleh nilai yang berbeda dimana hasil ukur lebih besar dari pada nilai standar. Pada hasil pengukuran nilai tahanan yang didapatkan lebih dari 1 MΩ yang berarti nilai tersebut sesuai dengan standar yang diterapkan oleh PT PLN. Artinya tahanan isolasi masih layak digunakan.

3. Pengukuran Nilai Tahanan Pembumian

Salah satu sistem pengamanan pada gardu induk adalah pembumian. Sistem pembumian adalah sistem penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dengan bumi sehingga dapat mengalirkan arus gangguan kedalam bumi. Pada persyaratan umum instalasi listrik (PUIL) 2011, nilai tahanan maksimal pembumian adalah 5Ω.

TABEL 3. HASIL PENGUKURAN TAHANAN PEMBUMIAN DARI PLN TAHUN 2020

Hasil Ukur Tahanan Pentanahan	Pengukuran					
	R		S		T	
	Standard	Hasil	Standard	Hasil	Standard	Hasil
	<5 Ω	0.78	<5 Ω	0.81	<5 Ω	1.12

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil pengukuran nilai resistansi pembumian oleh pihak PLN pada transformator #2 diperoleh nilai yang berbeda dimana hasil pengukuran jauh lebih kecil dari standar nilai maksimal. Pada hasil pengukuran nilai resistansi yang didapatkan kurang dari 5Ω yang berarti nilai tersebut sesuai dengan standar dalam PUIL 2011.

4. Pengujian Sensor Suhu Belitan Transformator

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sensor suhu dan kipas pendingin transformator. Dalam kegiatan ini, transformator diberikan beban hingga mencapai suhu yang telah ditentukan, dimana pada suhu tertentu kipas pendingin akan beroperasi, lalu ketika suhu tetap naik maka alarm akan berbunyi, dan ketika suhu tetap naik maka otomatis akan trip.

TABEL 4. FUNCTION TEST SENSOR SUHU BELITAN TRANSFORMATOR TAHUN 2020

Pengujian	Setting			Hasil Pengukuran				
	Kipas Trafo	Alarm	Trip	Kipas Trafo		Alarm		
				Pickup	Reset	Pickup	Reset	Trip
Winding Temperature	90	95	100	90	75	100	85	105

Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil pengujian sensor suhu oleh pihak PLN yang di atur untuk kipas pendingin 90°C kipas beroperasi maka di suhu tersebut langsung beroperasi, namun untuk keadaan alarm dan trip nya terjadi penyimpangan sebesar 5°C dari suhu yang telah diatur.

5. Pengukuran Tahanan Isolasi Lightning Arrester

TABEL 5. PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI LIGHTNING ARRESTER DARI PLN TAHUN 2020

Titik Ukur	Fasa (R)		Fasa (S)		Fasa (T)	
	Standar	Hasil Ukur	Standar	Hasil Ukur	Standar	Hasil Ukur
Atas – Ground	1MΩ	210	1MΩ	289	1MΩ	253
Bawah - Ground	1MΩ	189	1MΩ	164	1MΩ	172

Pemeliharaan ini meliputi pemeriksaan kondisi fisik dari *lightning arrester* serta pengukuran

tahanannya. Adapun pemeriksaan fisik *lightning arrester* yaitu kawat dan terminal pembumian, kebersihan dan keretakan isolator, kekencangan baut terminal dan baut pembumian, serta keadaan pondasi. Adapun hasil pengukuran *lightning arrester* dapat di lihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan tahanan isolasi dalam keadaan baik dan masih layak digunakan. Tahanan standard yang diterapkan oleh PLN adalah 1 M Ω dan hasil pengukuran tahanan isolasi jauh lebih besar dari nilai tahanan standar sehingga masih sangat layak digunakan.

B. Pembahasan

Hasil penelitian [1] menunjukkan bahwa Sistem pemeliharaan peralatan utama gardu induk Panakkukang, khususnya pada transformator belum sesuai dengan ketentuan yang harus dijalankan yakni pemeriksaan secara rutin pada peralatan yang sedang beroperasi diluar jadwal pemeliharaan bulanan dan tahunan, dalam hal ini jadwal pemeliharaan harian belum dijalankan, dan kerusakan peralatan-peralatan utama pada gardu induk Panakkukang bukan disebabkan oleh cara pengoperasian yang salah, tetapi disebabkan oleh cara pemeliharaan yang kurang baik, dan hal ini bukan disebabkan adanya unsur kesengajaan namun disebabkan oleh kurangnya personil yang menangani masalah tersebut.

Berdasarkan hasil data pemeliharaan transformator daya tahun 2020 di GI Panakkukang, peneliti beranggapan bahwa pengadaan pengawasan terhadap pemeliharaan pada GI Panakkukang sangat penting, karena dapat mencegah kerusakan peralatan, dan sebaliknya kurangnya pengawasan akan berakibat kelalaian atau kesalahan dalam kegiatan pemeliharaan tidak akan dapat dihindari. Apabila terjadi gangguan saat beroperasi maka akan berakibat buruk terhadap perusahaan.

Pelaksanaan pemeliharaan transformator daya pada GI Panakkukang dilakukan setahun sekali, namun untuk transformator daya di pelihara dua tahun sekali. Pemeliharaan transformator tersebut mengikut dari tahun pelaksanaannya, ketika tahun genap maka transformator dengan nomor kode genap yang dipelihara.

Pada kegiatan pemeliharaan ada beberapa kegiatan yang dilakukan yaitu pengecekan fisik, pengukuran nilai tahanan, dan pengujian sensor suhu. Adapun peralatan yang dipelihara pada transformator daya adalah *body* transformator untuk diperiksa kebersihan dan bagian *body* apakah ada lecet atau berkarat, pembumian transformator daya, dilakukan pemeriksaan kondisi fisik kawat

apakah masih baik atau tidak lalu pemeriksaan terminal pembumian setelah itu diukur nilai tahanan pembumiannya, pemeriksaan kondisi pondasi pijakan transformator daya apakah kondisinya miring, ada keretakan, atau masih baik, pemeliharaan *lightning arrester*, pemeriksaan kondisi isolator terkait kebersihan dan retak atau masih baik lalu dilakukan pengukuran tahanan isolasi *lightning arrester*, dan pengujian tahanan isolasi ini bertujuan untuk mengetahui tahanan isolasi antara belitan dengan *ground* dan antar dua belitan.

Berdasarkan penelitian tersebut peneliti beranggapan bahwa kegiatan pemeliharaan pada ULTG Panakkukang ini diharapkan dapat terorganisir dengan baik dan dapat saling bekerja sama satu lainnya untuk bertanggung jawab dalam melaksanakan tugasnya. Dengan demikian kegiatan pemeliharaan dapat berjalan dengan baik sebagaimana mestinya dan dapat mencegah, mengetahui serta menagatasi permasalahan yang terjadi dan mencari solusinya, sehingga dapat tercapainya tujuan dari kegiatan pemeliharaan transformator daya yang efektif dan efisien pada ULTG Panakkukang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah peneliti lakukan sebelumnya, maka peneliti menarik kesimpulan dari apa yang telah diuraikan pada GI Panakkukang:

1. Kegiatan pemeliharaan transformator daya dilaksanakan sekali setahun, namun untuk transformatornya masing-masing dua tahun sekali mengikut tahun genap atau ganjil disesuaikan dengan kode nomor transformator. Pemeliharaan dilaksanakan dengan beberapa tahap, yaitu pengecekan kondisi fisik peralatan, pengukuran nilai tahanan baik itu tahanan pembumian juga tahanan isolasi, dan pengujian peralatan.
2. Bagian transformator yang dipelihara secara rutin dua tahun sekali adalah *body* transformator, pembumian dalam hal ini kawat dan terminal pembumian, *box* terminal, pengecekan pondasi transformator apakah ada retak atau miring, tahanan isolasi dengan cara diukur nilai tahanannya, pengujian sensor suhu, *lightning arrester*, dan penggantian minyak transformator.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Hafid And D. Debiana, “Studi Transformator Pada Gardu Induk Panakkukang Perusahaan Listrik Negara Wilayah III,” *Vertex Elektro*, Vol. 11, No. 2, Pp. 12–18, 2019.
- [2] A. Kadir, *Transformator*. Jakarta: Gramedia, 2013.
- [3] R. Syahputra, “Transmisi Dan Distribusi Tenaga Listrik,” *LP3M UMY*, Yogyakarta, Pp. 249–256, 2016.
- [4] A. N. Afandi, “Determinasi Random Walks Pembangkit Nuklir Pada Smart Grid Power System,” *Tekno*, Vol. 18, No. 2, 2014.
- [5] M. Sau, *Transmisi Daya Elektrik: Dilengkapi Dengan Contoh Soal Matlab*. Penerbit Andi, 2011.
- [6] R. Listiyarini, *Dasar Listrik Dan Elektronika*. Deepublish, 2018.