

Perancangan Isolator Berbahan Dasar Cangkang Telur Sebagai Pengganti Kwarts Dan Veld Spaat Pada Isolator Padat

Syrojul Qori¹; Mardiah Rangkuti²; Kanaya Tasua Salsabila³; Al Nizar Baihaqi⁴;
Daffa Farrel Wiratama¹; Samsurizal^{1*}

1. Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi PLN
2. Prodi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi PLN
3. Prodi Teknik Sistem Energi, Institut Teknologi PLN
4. Prodi Teknik Informatika, Institut Teknologi PLN

Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat,
DKI Jakarta 11750, Indonesia

*Email: samsurizal@itpln.ac.id

Received: 22 Mei 2024 | Accepted: 31 Mei 2024 | Published: 05 Juli 2024

ABSTRACT

Electricity problems in Indonesia, including limited funds, create difficulties for Indonesia to improve the business environment to make it more conducive. Insulators as key components in various industrial and engineering applications often face obstacles in the form of high costs and significant weight. One of the raw materials for making conventional insulators is feldspar and quartz mineral rocks which are included in the non-renewable group. One material that can replace this mineral rock is eggshell. Eggshells contain calcium and phosphate which are also found in feldspar. In this research we used quantitative methods which included tool design and testing tools. Testing consists of testing for penetration resistance, mechanical strength, and weather resistance. The result is that the eggshell insulator has quite good insulating properties, and decent resistance to electric current, where the test results show a figure of 80kV. Based on SPLN Number 475.K/DIR/2010 which regulates the standard for the use of insulators, the minimum breakdown voltage limit is 25kV, so it can be said that this eggshell insulator design can replace conventional insulators.

Keywords: Insulator, eggshell, feldspar, quartz

ABSTRAK

Permasalahan ketenagalistrikan yang ada di Indonesia termasuk keterbatasan dana menciptakan kesulitan tersendiri bagi Indonesia untuk memperbaiki lingkungan bisnis agar lebih kondusif. Isolator sebagai komponen kunci dalam berbagai aplikasi industri dan rekayasa sering kali menghadapi kendala dalam bentuk biaya tinggi dan bobot yang signifikan. Salah satu bahan baku dalam pembuatan isolator konvensional adalah batuan mineral feldspar dan kuarsa yang termasuk dalam kelompok non-renewable atau tidak dapat diperbaharui. Salah satu bahan yang dapat menggantikan batuan mineral ini adalah cangkang telur. Cangkang telur mengandung kalsium serta fosfat yang juga ditemukan dalam feldspar. Pada penelitian ini kami menggunakan metode kuantitatif meliputi perancangan alat serta pengujian alat. Pengujian terdiri dari pengujian tegangan tembus, kekuatan mekanik, dan ketahanan terhadap cuaca. Hasilnya isolator dari cangkang telur memiliki sifat isolatif yang cukup baik, resistansi yang layak terhadap arus listrik, dimana hasil pengujian menunjukkan angka 80kV. Berdasarkan SPLN Nomor 475.K/DIR/2010 yang

mengatur standar penggunaan isolator batas minimum tegangan tembus nya 25kV, sehingga bisa dikatakan perancangan isolator dengan cangkang telur ini dapat menggantikan isolator konvensional.

Kata kunci: *Isolator, cangkang telur, feldspar, kuarsa*

1. PENDAHULUAN

Kelangsungan hidup manusia pada zaman ini tidak terlepas dari ketergantungan akan energi listrik. Pada akhir Desember 2022, total kapasitas pembangkit PLN terpasang dan jumlah unit pembangkit PLN (Holding dan Anak Perusahaan) mencapai 44.939,88 MW dan 6.314 unit, dengan 31.328,92 MW (69,71%) berada di Jawa. Total kapasitas terpasang mengalami peningkatan sebesar 1,07% dibandingkan dengan akhir Desember 2021. Dengan adanya kenaikan jumlah pembangkit PLN tentu jumlah transmisi untuk disalurkan ke pelanggan juga bertambah. Salah satu komponen paling penting dari sistem transmisi adalah isolator dan juga komponen yang termasuk komponen yang memerlukan biaya yang cukup besar. Oleh sebab itu, pemakaian isolator harus seekonomis mungkin namun tidak mengurangi kemampuan. Isolasi adalah sifat bahan yang dapat memisahkan secara elektrik dua buah penghantar atau lebih yang berdekatan [1] hingga tidak terjadi kebocoran arus atau dalam hal gradien tegangan tinggi, tidak terjadi loncatan api. Jadi isolator merupakan bahan yang dipakai untuk mengisolasi bagian yang bertegangan. Isolator yang dipakai pada setiap peralatan listrik terutama peralatan tegangan tinggi, adapun komponen biaya yang besar yang diperlukan untuk membuat peralatan tersebut. Jika isolator memiliki kualitas yang buruk maka akan berdampak pada efisiensi sistem tenaga listrik, dan juga kebocoran arus. Untuk mendapatkan isolator dengan kualitas yang baik memerlukan biaya yang tinggi [2].

Permasalahan ketenagalistrikan di Indonesia termasuk juga ambivalensi regulasi keterbatasan dana dan “BPP yang lebih tinggi daripada harga jual” [3]. Dimana pertumbuhan demand juga yang lebih tinggi di bandingkan supply. Masih terbatasnya tingkat ketersediaan tenaga listrik menciptakan kesulitan tersendiri bagi Indonesia untuk memperbaiki lingkungan bisnis agar lebih kondusif. Kelistrikan tetap dipandang sebagai faktor disinsentif yang membuat cost of doing business di Indonesia menjadi lebih mahal dibandingkan dengan beberapa negara, seperti Malaysia, Thailand, dan Tiongkok [4].

Isolator, sebagai komponen kunci dalam berbagai aplikasi industri dan rekayasa, sering kali menghadapi kendala dalam bentuk biaya tinggi dan bobot yang signifikan. Salah satu bahan baku dalam pembuatan isolator konvensional adalah batuan mineral feldspar dan kuarsa, yang mana jenis batuan mineral ini termasuk dalam kelompok non-renewable atau tidak dapat diperbaharui [5]. Selain itu kedua bahan ini juga memiliki harga yang cukup tinggi contohnya pada isolator konvensional seperti keramik atau bahan isolator khusus. Inovasi terkini telah membimbing penelitian menuju pengembangan alternatif yang lebih efisien, fokus pada penggabungan cangkang telur dan resin sebagai bahan baku isolator yang lebih murah dan ringan. Cangkang telur yang sebelumnya dianggap sebagai limbah, menawarkan struktur yang kuat dan ringan, sedangkan resin memberikan kekuatan tambahan serta sifat keuletan yang diperlukan. Cangkang telur akan melewati proses kalsinasi pada temperatur 200°C selama 5 jam sebelum digabungkan dengan resin, agar terjadi pelepasan seluruh senyawa organik dan pelepasan CO₂ melalui reaksi panas $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$.

Cangkang telur tersusun kira-kira 94% kalsium karbonat, 1% magnesium karbonat, 1% kalsium fosfat, dan 4% bahan organik terutama protein. Selain itu, rerata dari cangkang telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi dan tembaga [6]. Bubuk cangkang telur dapat dimanfaatkan untuk membuat beton ramah lingkungan atau pengganti sebagian semen [7]. Keuntungan dari bahan isolator ini melibatkan sejumlah aspek yang relevan. Pertama, biaya produksinya

jauh lebih rendah dibandingkan dengan isolator konvensional dan membuka pintu bagi penggunaan yang lebih luas dalam berbagai sektor. Kedua, dengan bobot yang lebih ringan, bahan ini menjadi pilihan yang ideal di lingkungan di mana aspek berat memainkan peran penting. Dengan kemunculan bahan isolator inovatif ini, diharapkan dapat menjadi salah satu upaya dalam mendukung Sustainable Development Goals (SDGs) serta dapat memberikan dorongan signifikan pada efisiensi biaya, keringanan, dan kualitas isolasi dalam berbagai aplikasi, merangkul dampak positif pada sektor-sektor yang membutuhkan solusi isolasi yang lebih terjangkau dan ringan. Keuntungan selanjutnya melibatkan kekuatan dan kekakuan bahan, yang memastikan kinerja isolasi yang andal tanpa mengorbankan sifat-sifat esensialnya. Terakhir, penggunaan sumber daya daur ulang, seperti cangkang telur, menanamkan dimensi keberlanjutan pada bahan isolator tersebut, menciptakan solusi yang ramah lingkungan.

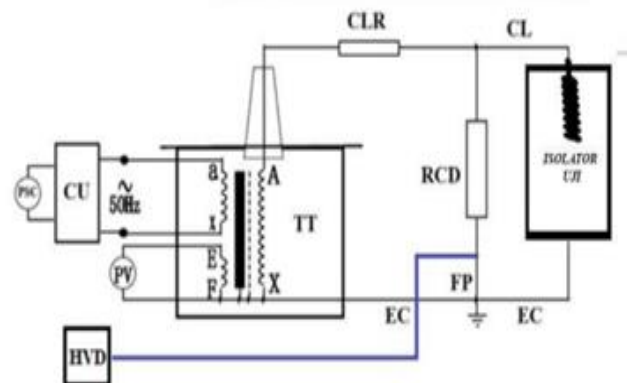
2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

Dalam penelitian ini berfokus pada pemanfaatan cangkang telur sebagai pengganti 94% kalsium karbonat, 1% magnesium karbonat, 1% kalsium fosfat, dan 4% bahan organik terutama protein. Selain itu, rerata dari cangkang telur mengandung 3% fosfor dan 3% terdiri atas magnesium, natrium, kalium, seng, mangan, besi dan tembaga, hal ini yang nantinya akan menjadi bahan utama dalam pembuatan isolator. Kemudian sebagai bahan pengikat di gunakan juga resin yang memiliki kandunga larutan kimia yang tersusun dari berbagai senyawa komoleks seperti Alkohol, asam resnat, dan resnotannol ester [8] selanjutnya digunakan juga Katalis yang merupakan suatu substansi atau zat tambahan yang dapat mempercepat atau mengubah laju reaksi kimia tanpa mengalami perubahan dalam komposisinya. Fungsi utama ini adalah mengurangi energi aktivasi yang dibutuhkan untuk memicu terjadinya reaksi kimia. [9] Kemudian alat yang digunakan untuk pencetakan adalah semen dengan Teknik cor dimana campuran resin dan cangkang telur segar dituangkan ke dalam bekisting atau cetakan untuk membentuk struktur isolator yang diperlukan.

Teknik pengambilan data yang digunakan adalah dengan cara Pengujian Tegangan tembus menggunakan variasi tegangan 5 kV, sampai dengan 80 kV pada kondisi kering dengan durasi masing masing selama 2 menit. Alat dan perlengkapan yang digunakan dalam pengambilan data diantaranya:

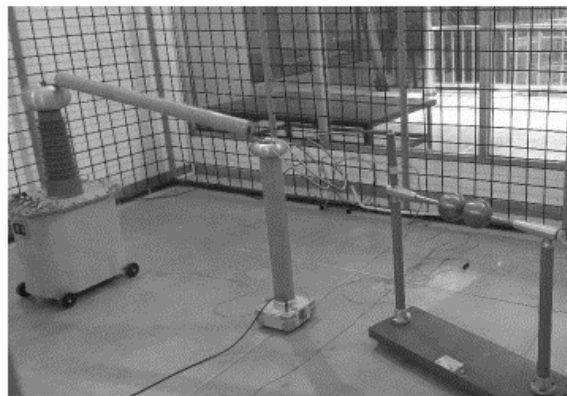
Komponen	Unit	Komponen	Unit
unit Power Supply Cable (PSC)	1	unit Current Limiting Resistance (CLR)	1
unit Control Unit (CU)	1	unit RC Divider (RCD)	1
unit HV Test Transformer (TT)	1	set Earth Cable (EC)	1
unit High Voltage Divider (HVD)	1	unit Space Ball Current-Limiting Resistor (SB-CLR)	1
unit Floor Pedestal (FP)	1	unit Manual Discharge Space Ball (SB)	1
unit Connecting Line (CL)	2	unit High Voltage Filter Capacitor (FC)	1
unit Support Insulator (SI)	2	Isolator Keramik	1
Sprayer air	1		

Tahap selanjutnya dilakukan percobaan pengujian dari prototype yang sudah dibuat, langkah percobaan kondisi kering, adapun rangkain pengujian yang digunakan disajikan pada gambar 1.



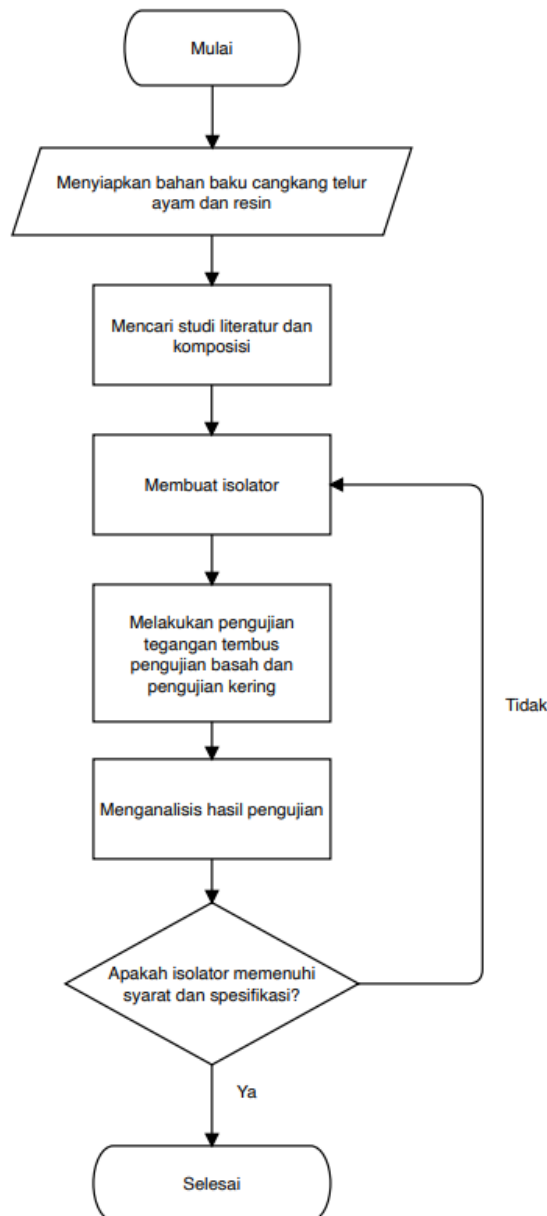
Gambar 1. Rangkaian Percobaan Kondisi Kering

Sedangkan alat yang digunakan pada saat pengujian menggunakan withstand test, discharge test, dan breakdown test terhadap isolator padat yang diujikan disajikan pada gambar 3.



Gambar 2. Peralatan Percobaan Pengujian

Secara garis besar diagram alir penelitian ini di tunjukan pada gambar 3.

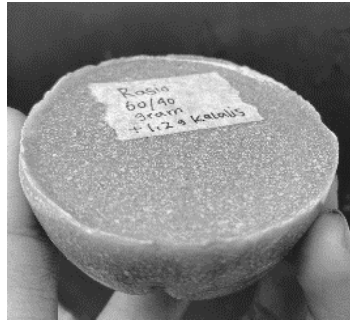


Gambar 3. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

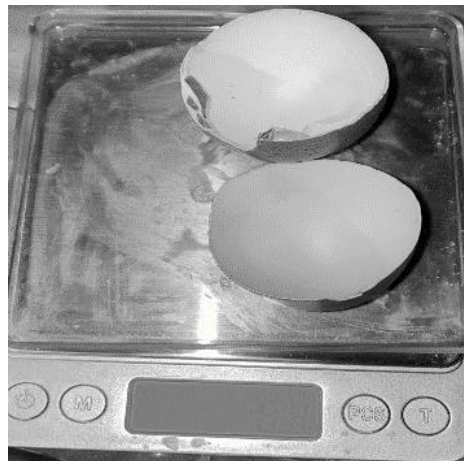
3.1. Hasil Komposisi

Pada tahap awal ini, dilakukan beberapa kali percobaan dengan mencari komposisi yang pas. Mulai dari rasio 50/50 dengan 2% dari Bobot Resin = 1 Gram, hasilnya mengeras dengan sempurna namun sedikit sulit dilepaskan dari cetakan. Material tersebut tahan api dan memiliki tekstur yang keras. Kemudian, percobaan kedua dilakukan dengan rasio 30/70 dan 2% dari Bobot Resin = 0,6 Gram. Hasilnya juga mengeras dengan sempurna namun memiliki tekstur yang agak kasar di permukaan. Material tersebut juga tahan api dan memiliki tekstur yang keras. Percobaan ketiga dilakukan dengan rasio perbandingan 60/40 dan 2% dari Bobot Resin = 1,2 Gram. Hasilnya juga mengeras dengan sempurna, tahan api, dan memiliki tekstur yang keras.



Gambar 4. Rasio Perbandingan

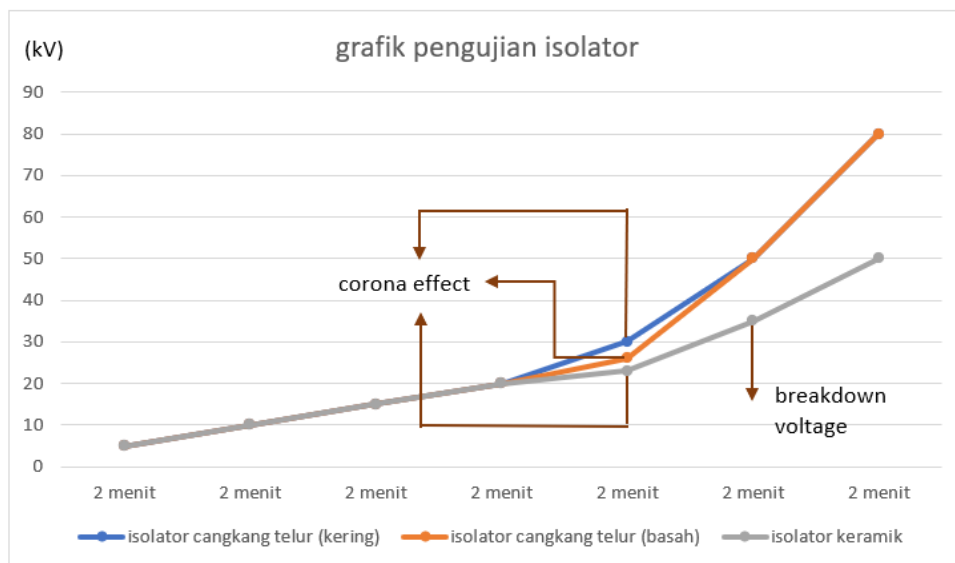
Dengan berat total 5 kg, dan jika cangkang telur memiliki berat rata-rata 7 gram per butir, maka dalam pembuatan satu buah isolator tumpu/pin post dibutuhkan sekitar 3000 gram atau sekitar 428 butir cangkang telur dengan perbandingan 60/40. Proses ini memerlukan telur sebanyak itu untuk mencapai proporsi yang optimal dalam pencampuran bahan, memastikan kekuatan, dan sifat tahan api yang diinginkan pada hasil akhirnya. Dengan menggunakan jumlah telur yang cukup, dapat dipastikan bahwa campuran resin dan cangkang telur akan memiliki konsistensi yang tepat untuk menciptakan isolator yang berkualitas dan efektif.



Gambar 5. Cangkang Telur

3.2. Hasil pengujian

Setelah di dapatkan prototype isolator berbahan cangkang telur tahap berikutnya pengujian isolator cangkang telur untuk mendapatkan besarnya nilai tegangan tembus dengan menggunakan 1 unit *Current Limiting Resistance* (CLR). Hasil pengujian secara keseluruhan dapat di lihat pada grafik gambar 6.



Gambar 6. grafik pengujian isolator

Berdasarkan gambar 6 grafik pengujian tegangan tembus menggunakan variasi tegangan 5kV sampai dengan 80kV pada kondisi kering dengan durasi masing masing selama 2 menit. Dapat di lihat pada kondisi kering isolator keramik mulai muncul corona effect di tegangan 23kV dan breakdwon Voltage pada tegangan 50kV. Untuk melihat efektivitas nilai tegangan tembus di lakukan dengan membandingkan dengan isolator konvensional, corona effect mulai muncul pada tegangan 30kV dan terus naik sampai 80kV, berdasarkan Berdasarkan SPLN Nomor 475.K/DIR/2010 buku 1 kriteria desain enjinereng kontruksi jaringan distribusi tenaga listrik hal ini dapat disimpulkan bahwa isolator cangkang telur lebih unggul dalam sifat dielektriknya dibandingkan dengan isolator keramik. Keunggulan ini menjadi penting dalam aplikasi di mana tegangan tinggi diperlukan karna memiliki nilai dielektrik yang baik, Oleh karena itu, isolator dengan komposisi cangkang telur dapat menjadi pilihan alternatif dalam berbagai aplikasi listrik.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uji coba yang di lakukan di Laboratorium Peralatan tegangan Tinggi Institut Teknologi PLN di dapat bahwa hasil uji kekuatan dielektrik pada isolator Pinpost yang berbahan dasar cangkang telur memiliki keunggulan mampu menahan tegangan sampai 80kV dalam keadaan kering, Berdasarkan SPLN Nomor 475.K/DIR/2010 buku 1 kriteria desain enjinereng kontruksi jaringan distribusi tenaga listrik. Isolator cangkang telur lebih unggul sifat dielektrik nya Dibandingkan dengan isolator keramik yang hanya mampu menahan tegangan di 30kV saja. hal ini dapat di simpulkan isolator cangkang telur lebih unggul sifat dielektrik nya di bandingkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Institut Teknologi PLN dan BKMK yang bekerjasama dengan LPPM ITPLN yang telah memberikan dana untuk penelitian ini melalui program Student Research Challenge 2023. Dengan bantuan dana tersebut, penelitian ini bisa dilakukan dengan lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. P. P. P. (Persero), STATISTIK PLN 2022, Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT PLN, 2022.
- [2] N. F. Baso , “Analisis Pengaruh Polutan NaCl Pada Isolator Keramik Tipe Post-Pin,” Jurnal Teknologi Elektrika , Vol. %1 dari %2No.1, Vol. 18, pp. 1-6, 2020.
- [3] R. Lupiyanto, “Listrik EBT, Sengkarut Regulasi versus Restorasi Ekologi,” 2021. [Online]. Available: <https://www.kompas.id/baca/opini/2021/10/04/listrik-ebt-sengkarut-regulasi-versus-restorasi-ekologi/>. [Diakses 15 Desember 2023].
- [4] L. Adam, “Dinamika Sektor Kelistrikan Di Indonesia: Kebutuhan Dan Performa Penyediaan,” Jurnal Ekonomi dan Pembangunan, vol. 24(1), pp. 29-41, 2016.
- [5] H. I. A. & W. I. W. Hasria, “Perubahan Komposisi Batuan Metamorf Akibat Proses Alterasi Hidrotermal pada Endapan Emas di Pegunungan Rumbia, Pada Lengan Tenggara Pulau Sulawesi,” Jurnal Geologi dan Sumberdaya Minera, vol. 21(3), pp. 119-127, 2020.
- [6] A. e. a. Nurlaela, “Pemanfaatan limbah cangkang telur ayam dan bebek sebagai sumber kalsium untuk sintesis mineral tulang,” Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia, vol. 10(1), pp. 81-85, 2014.
- [7] R. F. & R. M. R. Pohan, “Beton Ramah Lingkungan Dengan Cangkang Telur Sebagai Pengganti Sebagian Semen,” Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan dan Sains, vol. 2(1), pp. 15-19, 2022.
- [8] A. I. P. Yudi tirajab Harun Amelya Indah Pratiwi, “Karakteristik Dielektrik Isolator Polimer Resin Epoksi Berbahan Pengisi Abu Tongkol Jagung,” ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, Vol. %1 dari %2Volume14, No.1, pp. 1-6, 2020.
- [9] U. M. R. R. A. Lucky Wahyu Nuzulia Setyaningsih, “Pengaruh Konsentrasi Katalis Dan Reusability Katalis,” portal jurnal universitas islam indonesia, vol. Teknoin Vol. 23 No. 1 , pp. 1-7, 2017.
- [10] Christiono, Petunjuk Praktikum Teknik Tegangan Tinggi, Jakarta: laboratorium Peralatan Tegangan Tinggi ITPLN, 2023.