

ANALISIS SIMULASI PEMASANGAN CIRCUIT BREAKER DAN SHORT CIRCUIT PADA TRANSFORMATOR DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI ETAP

Dwi Fahmi Al Fiqri¹, Alona Situmeang², Debyo Saptono³

^{1,2,3} Fakultas Teknologi Industri/Jurusan Teknik Elektro, Universitas Gunadarma

Article History

Received : 16-04-2023

Revised : 20-04-2023

Accepted : 16-05-2023

Published : 16-05-2023

Corresponding author*:

Dwi Fahmi Al Fiqri

No. Contact:

dwifahmi50@gmail.com

Cite This Article:

Al Fiqri, D. F. ., Situmeang, A. ., & Saptono, D. . (2023). ANALISIS SIMULASI PEMASANGAN CIRCUIT BREAKER DAN SHORT CIRCUIT PADA TRANSFORMATOR DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI ETAP. Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 2(03), 26–34.

DOI:

<https://doi.org/10.56127/jukim.v2i03.821>

Abstract: Transformer is an electrical device that is used to prevent damage and disruptions that can lead to power supply failures. One common method of protection is installing a circuit breaker. In this research, the ETAP application is used as a simulation tool to analyze the electrical system from the power generation to the substation. ETAP enables the analysis of various short circuit scenarios based on real data and configurations, resulting in outcomes that reflect actual field conditions. The first step in this analysis involves constructing the existing electrical circuit, including the transformer and circuit breaker installation. Subsequently, different short circuit scenarios Substation will be simulated using the ETAP application. The simulation results will provide insights into the system's response to short circuit disturbances and the effectiveness of transformer protection with the circuit breaker installation. This analysis can assist in determining the appropriate configuration to minimize the impact of short circuit disturbances on the electrical system.

Keywords: ETAP, Transformer, Short Circuit, Circuit Breaker

Abstrak: Transformator adalah perangkat listrik yang digunakan untuk mencegah kerusakan dan gangguan yang dapat menyebabkan gangguan pada pasokan listrik. Salah satu metode pengamanan yang umum digunakan adalah dengan melakukan pemasangan circuit breaker. Pada penelitian ini, menggunakan aplikasi ETAP yang digunakan sebagai alat simulasi untuk menganalisis sistem kelistrikan dari pembangkit hingga gardu induk. Aplikasi ETAP memungkinkan untuk melakukan analisis short circuit dengan berbagai skenario berdasarkan data dan konfigurasi nyata, sehingga hasilnya dapat mencerminkan kondisi aktual pada lapangan. Langkah pertama dalam analisis ini adalah membuat rangkaian listrik yang ada, termasuk transformator dan pemasangan circuit breaker. Selanjutnya, berbagai skenario short circuit yang mungkin terjadi di sepanjang lintasan. Hasil dari simulasi ini akan memberikan informasi tentang respon sistem terhadap gangguan short circuit, dan efektivitas pengamanan transformator dengan pemasangan circuit breaker. Analisis tersebut dapat membantu dalam menentukan konfigurasi yang tepat untuk meminimalkan dampak dari gangguan short circuit pada sistem kelistrikan.

Kata Kunci: ETAP, Transformator, Short Circuit, Circuit Breaker.

PENDAHULUAN

Transformator merupakan salah satu komponen kunci dalam sistem kelistrikan yang berperan penting dalam mentransformasikan tegangan listrik. Keamanan dan keandalan operasi transformator menjadi fokus utama dalam rangka menjaga kelangsungan pasokan listrik yang stabil dan efisien. Salah satu cara untuk meningkatkan pengamanan transformator adalah dengan memasang *circuit breaker*, yang berfungsi untuk melindungi transformator dari gangguan seperti hubung singkat (*short circuit*). Selain itu, *short circuit analysis* juga menjadi langkah penting dalam memahami respons sistem kelistrikan terhadap gangguan dan untuk menentukan konfigurasi yang tepat dalam menghadapi gangguan *short circuit*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi pengamanan transformator dengan pemasangan *circuit breaker* serta melakukan analisis hubung singkat dari pembangkit menggunakan aplikasi ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*).

Sistem kelistrikan merupakan jaringan kompleks yang melibatkan berbagai komponen seperti pembangkit, transformator, saluran transmisi, dan beban. Seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan sistem kelistrikan, kebutuhan akan pengamanan dan analisis *short circuit* semakin mendesak. Gangguan *short circuit* dapat menyebabkan gangguan serius dalam pasokan listrik, yang pada gilirannya dapat berdampak negatif terhadap kehidupan sehari-hari dan aktivitas ekonomi. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam meningkatkan keamanan dan keandalan sistem kelistrikan, khususnya dalam pengamanan transformator dan penanganan gangguan *short circuit*.

Aplikasi ETAP telah terbukti menjadi alat yang efektif dalam melakukan simulasi dan analisis sistem kelistrikan. Dengan memanfaatkan kemampuan ETAP dalam mensimulasikan kondisi nyata, penelitian ini berusaha untuk memahami dampak dari pemasangan *circuit breaker* pada transformator dan bagaimana respons sistem kelistrikan secara keseluruhan terhadap gangguan *short circuit*. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang inovatif dan efisien dalam meningkatkan pengamanan dan kehandalan sistem kelistrikan guna menghadapi tantangan di masa depan.

METODE PENELITIAN

Pada bagian ini membahas tentang langkah-langkah dalam membuat simulasi pada aplikasi ETAP. Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja simulasi, berikut ditampilkan diagram alur dari simulasi.



Gambar 1. Diagram Alur Simulasi

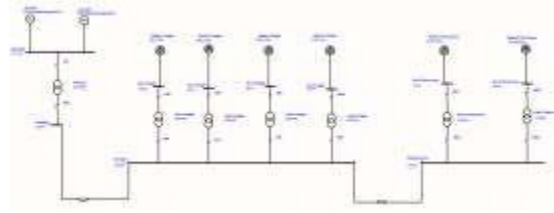
Berikut adalah penjelasan gambar 8 dalam langkah- langkah pembuatan simulasi analisis aliran beban pada aplikasi ETAP

1. Mengisi Informasi *Project File*

Pada saat baru menjalankan aplikasi ETAP, ada beberapa informasi yang harus diisi untuk bisa menjalankan aplikasi ETAP. Seperti mengisi informasi tentang *project file*, *user information*, dan *access level*.

2. Memasukkan Komponen Pada Lembar Kerja

Setelah mengisi beberapa informasi *project file*, selanjutnya akan muncul tampilan awal berupa lembar kerja kosong yang siap dimasukkan komponen untuk membuat *single line diagram*. Berikut adalah *single line diagram* dari jaringapembangkit.



Gambar 2. Rangkaian Simulasi

3. Memasukkan Data Setting

Kemudian, memasukkan data pada setiap elemen dengan menekan setiap komponen pada lembar kerja secara bergantian. Setelah kotak dialog entri data ditutup, langkah selanjutnya adalah memasukkan data yang ingin dimasukkan untuk setiap komponen rangkaian simulasi.

Tabel 1. Data Setiap Komponen

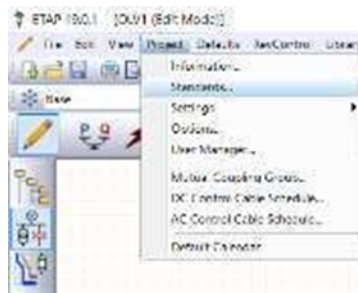
Komponen	Data
Generator Sinkron	ID : Unit 1 dan 2 PLTUMuara Karang <i>Operation Mode : Swing</i> <i>Real Power Rating : 100MW</i> <i>Voltage Rating : 11,5kV</i> <i>Power Factor : 92 %</i> <i>Power Rating : 108,696</i> MVA <i>Efficiency : 95 %</i> Type Generator : Steam Turbo
Trafo Up	ID : Trafo Up <i>Voltage Rating : 11,5 / 150 kV</i> <i>Power Rating : 150 MVA</i> Type : Liquid-Fill Sub Type : Mineral Oil Class : OFAF (Oil Force Air Force)

<p>Trafo Down Angke</p>	<p>ID : Trafo 1, 2, 3, 4 Down Angke Voltage Rating : 150 / 20 kV Power Rating : 630 kVA Type : Liquid-Fill Sub Type : Mineral Oil Class : ONAN (Oil Natural Air Natural)</p>
<p>Trafo Down Karet Lama</p>	<p>ID : Trafo 1, 2 Down Karet Lama Voltage Rating : 150 / 20 kV Power Rating : 60 MVA Type : Liquid-Fill Sub Type : Mineral Oil Class : ONAN / ONAF (Oil Force Air Force / Oil Natural Air Force)</p>
<p>Lumped Load Angke</p>	<p>ID : BEBAN 1, 2, 3, 4 ANGKE Voltage Rating : 20 kV Power Rating : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Beban 1 Normal : 310,1 kVA ➤ Beban 1 Puncak : 357,1 kVA ➤ Beban 2 Normal : 300,7 kVA ➤ Beban 2 Puncak : 383,4 kVA ➤ Beban 3 Normal : 295,8 kVA ➤ Beban 3 Puncak : 360,4 kVA ➤ Beban 4 Normal : 307,4 kVA ➤ Beban 4 Puncak : 370,2 kVA Power Factor : 95 %</p>
<p>Lumped Load Karet Lama</p>	<p>ID : BEBAN 1, 2 KARET LAMA Voltage Rating : 20 kV Power Rating : <ul style="list-style-type: none"> ➤ Beban 1 Normal : 15,55 MVA ➤ Beban 1 Puncak : 37,65 MVA ➤ Beban 2 Normal : 16,16 MVA ➤ Beban 2 Puncak : 41,59MVA Power Factor : 95 %</p>
<p>Transmission Line Muara Karang to Angke</p>	<p>ID : MK to Angke Length : 4,0 KM Conductor Type : ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) Size : 431 mm² Strands : 54 Configuration : Vertical Height : 13,5 meter</p>

Transmission Line Angke to Karet Lama	ID : Angke to Karet Lama Length : 7,9 KM Conductor Type : ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) Size : 431 mm ² Strands : 54 Configuration : Vertical Height : 13,5 meter
Circuit Breaker Trafo Up	ID : CB Trafo Up Manufaktur : Siemens Rating kV : 170 kV Rating Ampere : 4.000 A
Circuit Breaker Trafo Angke	ID : CB Trafo 1 Angke, CB Trafo 2 Angke, CB Trafo 3 Angke, CB Trafo 4 Angke Manufaktur : ABB Rating kV : 25 kV Rating Ampere : 1.200 A
Circuit Breaker Trafo Karet Lama	ID : CB Trafo 1 Karet Lama, CB Trafo 2 Karet Lama Manufaktur : ABB Rating kV : 25 kV Rating Ampere : 1.200 A

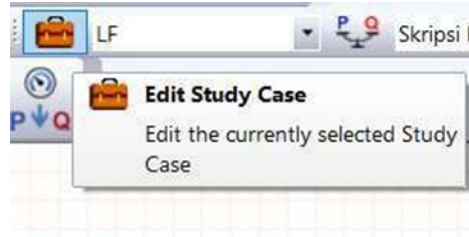
4. Memilih Standar dan Metode

Dalam aplikasi ETAP hanya ada dua standar yaitu ANSI (*American National Standards Institute*) dan IEC (*International Electrotechnical Commission*). Sebelum memulai menjalankan rangkaian simulasi, harus memilih terlebih dahulu standar yang ingin digunakan. Untuk memilih standar yang ingin digunakan, bisa langsung mengarahkan kursor langsung pada *menu bar > project > standards*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



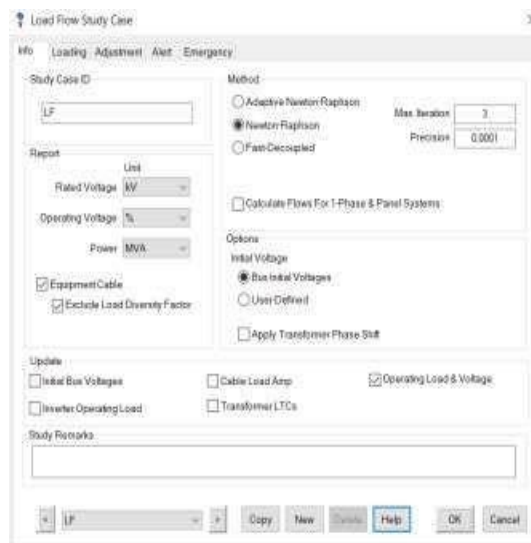
Gambar 3. Pemilihan Standar

Sementara itu, metode yang tersedia pada aplikasi ETAP ada 3, yaitu adaptive Newton-Raphson, Newton-Raphson, dan Fast Decoupled. Pada simulasi ini, menggunakan metode Newton-Raphson dikarenakan kelebihan yang ada pada metode ini cocok untuk menjalankan simulasi. Untuk memilih metode yang ingin digunakan, bisa langsung mengarahkan kursor ke arah edit study case seperti pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Memilih *Study Case*

Setelah menekan ikon edit studi kasus, kotak dialog *load flow study case* akan ditampilkan pada layar. Dalam simulasi ini menggunakan metode Newton- Raphson karena efisien dan praktis untuk sistem kelistrikan yang besar. Pilihan lain yang ada di dalam kotak dialog *load flow study case* tidak diubah.



Gambar 5. Kotak Dialog *Study Case*

5. Menjalankan Simulasi *Load Flow Analysis*

Untuk melakukan analisis *load flow* pada aplikasi ETAP, dapat langsung mengarahkan kursor ke kiri atas pada bagian pemilihan mode, kemudian memilih mode analisis aliran beban seperti pada Gambar 6 di bawah ini. Mode ini memiliki beberapa fungsi yaitu menentukan besarnya nilai tegangan dan sudut tegangan, menentukan jatuh tegangan dan menentukan besarnya daya aktif dan daya reaktif pada setiap titik yang ada pada rangkaian.

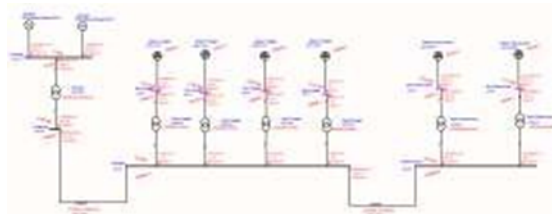


Gambar 6. Mode Load Flow Analysis

Setelah itu, mengarahkan kursor ke bagian kanan aplikasi ETAP harus menekan *run load flow* seperti gambar 7 di bawah. Kemudian hasil analisis akan keluar pada lembar kerja seperti gambar 15.



Gambar 7. Menjalankan Perhitungan AliranBeban



Gambar 8. Hasil Menjalankan Analisis AliranBeban

6. Hasil Menjalankan Simulasi *Load Flow Analysis*

Pada gambar 8, merupakan hasil perhitungan muncul di lembar kerja pada sebelah komponen saat menjalankan simulasi. Hasil perhitungan menunjukkan besarnya tegangan, arus, daya aktif dan reaktif, sudut tegangan, faktor daya dan rugi-rugi yang terjadi selama operasi. Kemudian untuk melihat hasil laporan sebagai tabel data, saat menjalankan analisis aliran beban, dengan mengarahkan kursor ke bagian kanan dalam mode *report manager*.



Gambar 9. Report Manager

7. Menjalankan Simulasi Short Circuit Analysis

Untuk melakukan short circuit analysis pada aplikasi ETAP, bisa langsung mengarahkan kursor ke kiri atas pada bagian pemilihan mode, kemudian memilih mode short circuit analysis seperti pada Gambar 17 di bawah ini.



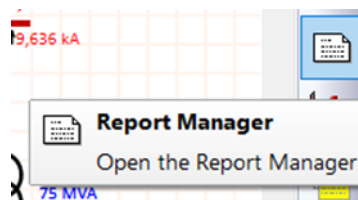
Gambar 10. Menjalankan Short Circuit Analysis

Setelah itu, mengarahkan kursor ke bagian kanan aplikasi ETAP kemudian menekan *run 3-phase device duty* seperti gambar 18 di bawah.

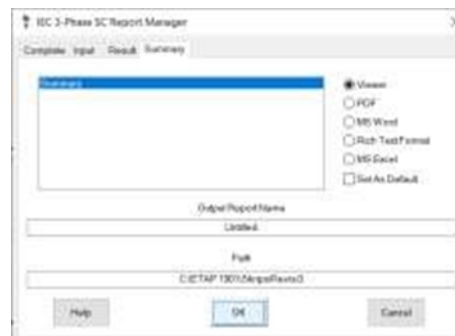


Gambar 11. Run Short Circuit Analysis

Selanjutnya, untuk mengetahui nilai arus AC *breaking* dan arus puncak yang terukur, mengarahkan kursor ke bagian kanan layar kemudian menekan *report manager* dan hasilnya bisa langsung dilihat pada bagian *summary* seperti gambar 12 dan gambar 13 di bawah ini.



Gambar 12. Report Manager



Gambar 13. Summary Short Circuit Analysis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menghitung tegangan dan arus yang terukur pada sisi sekunder transformator

Pada bagian ini, dilakukan analisis load flow untuk menghitung besar tegangan dan arus yang terukur melewati sisi sekunder transformator. Hal ini bertujuan untuk mencari tahu nilai rating tegangan dan rating arus yang sesuai dengan pemasangan circuit breaker. Berikut adalah hasil pengukuran tegangan dan arus yang dimasukkan ke dalam tabel 2.

Tabel 2. Tegangan dan Arus Transformator

No.	Komponen	Tegangan (V)	Arus (A)
1	Trafo <i>Up</i>	148.543	127,5
2	Trafo 1 Angke	19.465	9,1
3	Trafo 2 Angke	19.475	8,8
4	Trafo 3 Angke	19.480	8,7
5	Trafo 4 Angke	19.468	9,0
6	Trafo 1 Karet Lama	19.553	455,1
7	Trafo 2 Karet Lama	19.546	473,1

Dari hasil pengukuran yang ditampilkan pada tabel 2, mendapatkan nilai tegangan dan arus yang terukur. Selanjutnya adalah memasukkan komponen circuit breaker pada rangkaian. Spesifikasi circuit breaker yang dibutuhkan mengharuskan nilai rating tegangan dan rating arus harus melebihi tegangan dan arus yang terukur pada setiap transformator. Hal ini bertujuan agar circuit breaker dapat bekerja secara normal dan rangkaian tidak mengalami trip.

Pemasangan Circuit Breaker

Pada bagian ini, dilakukan perbandingan tegangan dan arus yang terukur pada setiap trafo dengan rating tegangan dan rating arus pada circuitbreaker untuk menentukan pemasangan jenis circuit breaker yang tepat. Rating tegangan dan rating arus yang digunakan pada circuit breaker, harus lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan dan arus yang terukur pada setiap komponen yang terpasang. Selain itu, dibutuhkan juga nilai arus AC breaking dan arus puncak yang didapatkan setelah menjalankan simulasi short circuit analysis. Setelah itu hasil perbandingan akan dimasukkan ke dalam tabel.

Tabel 7. Circuit Breaker

No.	Komponen	<i>Circuit Breaker</i>
1	Trafo <i>Up</i> : ➤ Sisi Sekunder : 148.543V / 127,5 A ➤ Arus AC Breaking : 3.062 A ➤ Arus puncak : 8.708 A	➤ CB Trafo <i>Up</i> : 170.000 V / 4.000 A ➤ Arus AC Breaking : 40.000 A ➤ Arus Puncak : 135.000 A
2	Trafo 1 Angke : ➤ Sisi Sekunder : 19.465 V / 9,1 A ➤ Arus AC Breaking : 522 A ➤ Arus Puncak : 895	➤ CB 4 : 25.000 V / 1.200 A ➤ Arus AC Breaking : 25.000 A ➤ Arus Puncak :

	A	63.000 A
3	Trafo 2 Angke : ➤ Sisi Sekunder : 19.475 V / 8,8 A ➤ Arus AC Breaking : 521 A ➤ Arus Puncak : 891 A	➤ CB 6 : 25.000 V / 1.200 A ➤ Arus AC Breaking : ➤ Arus Puncak :
4	Trafo 3 Angke : ➤ Sisi Sekunder : 19.480 V / 8,7 A ➤ Arus AC Breaking : 520 A ➤ Arus Puncak : 890 A	➤ CB 8 : 25.000 V / 1.200 A ➤ Arus AC Breaking : ➤ Arus Puncak :
5	Trafo 4 Angke : ➤ Sisi Sekunder : 19.468 V / 9 A ➤ Arus AC Breaking : 522 A ➤ Arus Puncak : 894 A	➤ CB 10 : 25.000 V / 1.200 A ➤ Arus AC Breaking : ➤ Arus Puncak :
6	Trafo 1 Karet Lama : ➤ Sisi Sekunder : 19.553 V / 455,1 A ➤ Arus AC Breaking : 12.022 A ➤ Arus Puncak : 31.496 A	➤ CB 12 : 25.000 V / 1.200 A ➤ Arus AC Breaking : Arus Puncak :
7	Trafo 2 Karet Lama : ➤ Sisi Sekunder : 19.546 V / 473,1 A ➤ Arus AC Breaking : 12.096 A ➤ Arus Puncak : 31.674 A	➤ CB 14 : 25.000 V / 1.200 A ➤ Arus AC Breaking : Arus Puncak :

Dari perbandingan dalam tabel di atas, terlihat rating tegangan, rating, arus AC breaking, dan arus puncak pada circuit breaker lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan, arus, arus AC breaking, dan arus puncak yang terukur pada setiap komponen. Hal ini dikarenakan apabila spesifikasi circuit breaker lebih rendah daripada semua parameter yang terukur pada setiap komponen, maka circuit breaker akan memutuskan aliran listrik pada rangkaian dikarenakan tegangan dan arus yang terukur melebihi spesifikasi circuit breaker yang terpasang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Untuk pemasangan circuit breaker yang tepat pada rangkaian, nilai rating tegangan, rating arus, arus AC breaking, dan arus puncak pada circuit breaker harus lebih besar dari rating tegangan, rating arus, arus AC breaking, dan arus puncak yang terukur pada setiap trafo yang terpasang. Hal ini bertujuan agar circuit breaker dapat bekerja secara normal untuk mengamankan semua transformator pada rangkaian dan tidak mengalami trip yang disebabkan spesifikasi circuit breaker lebih rendah dari semua parameter yang terukur. Dalam perhitungan rangkaian, spesifikasi circuit breaker yang harus terpasang untuk trafo up adalah circuit breaker yang memiliki rating tegangan 170.000 Volt, rating arus 4.000 Ampere, arus AC breaking 40.000 Ampere, dan arus puncak 135.000 Ampere. Sedangkan spesifikasi circuit breaker yang harus terpasang adalah circuit breaker yang memiliki rating tegangan 25.000 Volt, rating arus 1.200 ampere, arus AC breaking 25.000 Ampere, dan arus puncak 63.000 Ampere.

Saran

Untuk melakukan pengamanan pada transformator menggunakan *circuit breaker*, sesuaikanlah spesifikasi *circuit breaker* dengan rating tegangan, rating arus, arus AC breaking, dan arus puncak yang terukur pada transformator, agar *circuit breaker* bekerja secara normal dan rangkaian tidak mengalami *trip*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badaruddin, dan Fery Agung Firdianto, "Analisis Minyak Transformator pada Transformator Tiga Fasa di PT X", No.2, Vol. 7, Universitas Mercu Buana, Mei 2016.
- [2] Ali Supriyadi, "Analisis Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP 12.6", No. 3, Vol. 6, Forum Teknologi, 2016.
- [3] Ramadhany Rauf, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Susut Umur Transformator Tenaga Unit 2 GI Karet Lama 150/20 kV Jakarta Pusat", Proyek Akhir, Institut Teknologi PLN, Jakarta, 2020.
- [4] Fadhila Adriani, "Pengaruh Suhu Sekitar Terhadap Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV di PLN UP3 Bandengan", Proyek Akhir, Institut Teknologi PLN, Jakarta, 2020.
- [5] Fajar Dwi Safitri, dan Henry Ananta, "Simulasi Penempatan Transformator pada Jaringan Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan Menggunakan ETAP Power Station 12.6.0", No. 1, Vol. 4, Universitas Negeri Semarang, 2020.
- [6] Nolki Jonal Hontong dkk, "Analisis Rugi- Rugi Daya pada Jaringan Distribusi di PT. PLN Palu", Universitas Sam Ratulangi, 2015.
- [7] SPLN 72-1987, "Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)", Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara, Jakarta.
- [8] Saifi Sabiq, Ontoseno Penangsang, dan Rony Seto Wibowo, "Estimasi Kerugian Energi Jaringan Distribusi Radial pada Penyulang NR 7 20 kV Kota Medan Menggunakan Loss Factor", No.2, Vol.6, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [9] C Silvia Calnela, Suyitno, dan Imam Arif R, "Analisis Hubung Singkat Pada Gardu Induk 150/20 kV (Studi Kasus di Gardu Induk Gandul, Cinere)", No. 2, Vol. 4, Universitas Negeri Jakarta, September 2019.