

Analisis Penentuan Lokasi Gangguan Saluran Kabel Bawah Tanah Tegangan Menengah Menggunakan Metode Direct Circuit Analysis 20 KV di PT Cikarang Listrindo

Agus Hamdani¹

¹⁾ Teknik Elektro Universitas Jenderal Achmad Yani
Jl Terusan Jenderal Sudirman, Cimahi, Jawa Barat
Email: ¹⁾ hamdaniagus707@gmail.com

ABSTRAK

Peningkatan kualitas pelayanan PT. Cikarang Listrindo Tbk harus semakin baik dengan berkembangnya teknologi untuk memberikan pelayanan yang baik kepada pelanggan atau konsumen. Akan tetapi, kenyataannya pada sistem tenaga listrik pasti terjadi gangguan yang menyebabkan penyaluran tenaga listrik padam sebagian atau total. Lokasi setiap jenis gangguan kabel bawah tanah ditentukan melalui beberapa tahap pekerjaan diantaranya pengenalan karakteristik gangguan kemudian pengukuran jarak gangguan dan terakhir penentuan lokasi titik gangguan. Metode penentuan lokasi gangguan menggunakan Direct Circuit Analysis (DCA) dengan aplikasi matlab sebagai media perhitungan data. Metode Direct circuit Analysis (DCA) merupakan salah satu metode yang digunakan dalam menentukan lokasi gangguan pada sistem seimbang ataupun tidak seimbang tanpa menggunakan metode komponen simetris, tetapi dengan menggunakan analisa rangkaian tiga fasa secara langsung. Dengan metode ini dapat menentukan lokasi gangguan pada kabel bawah tanah di saluran feeder lippo-3 PT. Cikarang Listrindo sebesar 625,35 meter dari jarak gardu induk atau konsumen pertama dan dengan cara manual didapatkan hasil sebesar 669,89 meter, hasil error yang diperoleh sebesar 0,066 % dengan total jarak perbedaan antara manual dengan metode Direct Circuit Analysis (DCA) sebesar 44,54 meter.

Kata Kunci : Direct Circuit Analysis, Kabel Bawah Tanah, Penentuan Lokasi Gangguan, Sistem Distribusi.

ABSTRACT

Improving the quality of service of PT. Cikarang Listrindo Tbk must be better with the development of technology to provide good service to customers or consumers. However, the fact is that in the electric power system there must be a disruption which causes a partial or total outage of electricity. The location of each type of underground cable interference is determined through several stages of work including the introduction of disturbance characteristics and then measurement of the disturbance distance and finally the location of the point of disturbance. The method of determining fault locations uses Direct Circuit Analysis (DCA) using the matlab application as a data calculation medium. The Direct circuit Analysis (DCA) method is one method used in determining the location of the disturbance in a balanced or unbalanced system without using the symmetrical component method, but by using a three-phase circuit analysis directly. With this method it can determine the location of disturbances in underground cables in the lippo-3 feeder channel PT. Cikarang Listrindo Tbk of 625.35 meters from the distance of the substation and manually obtained a result of 669.89 meters, the results of the error obtained by 0.066% with a total rarely the difference between the Direct Circuit Analysis (DCA) method of 44.54 meter.

Keywords: Direct Circuit Analysis, Underground Cable, Fault Location, Distribution System

1 PENDAHULUAN

Dewasa ini, telah kita ketahui bahwa hampir semua kegiatan manusia membutuhkan tenaga listrik. Dalam memenuhi keandalan penyediaan dan penyaluran energi listrik, kebutuhan sistem proteksi yang memadai sangatlah di perlukan. Peralatan sistem proteksi berfungsi sebagai identifikasi gangguan dan memisahkan bagian yang terganggu dari bagian yang masih normal untuk mencegah kerugian yg lebih besar. Oleh karena itu pentingnya

keamanan dalam sistem distribusi, keamanan pada lingkungan, keamanan pada perlengkapan listrik, keamanan bagi pengguna listrik maupun keamanan pekerja di bidang perusahaan listrik [1], [2], [3]

Untuk keperluan penyediaan tenaga listrik bagi para pelanggan khususnya industri di PT. Cikarang Listrindo, diperlukan berbagai peralatan listrik. Berbagai peralatan listrik tersebut dihubungkan satu sama lain yang mempunyai interrelasi dan secara keseluruhan membentuk suatu sistem tenaga listrik.

Gangguan pada kabel bawah tanah dapat disebabkan oleh kerusakan pada konduktor, bahan isolasi atau kadang-kadang terjadi dua-duanya. Akibatnya dapat terjadi kondisi gangguan konduktor putus (hubungan terbuka), gangguan seri (adanya tahanan gangguan yang terhubung seri), gangguan antar fasa, gangguan fasa ke tanah. Adapun gangguan dapat terjadi karena kerusakan mekanis akibat pekerjaan-pekerjaan (penggalian) didekat lintasan kabel. Hal ini dapat segera menimbulkan gangguan, tetapi jika kerusakannya sedikit gangguan dapat terjadi beberapa bulan kemudian. Masuknya kelembaban ke dalam kabel adalah alasan utama untuk gangguan jenis ini. Alasan-alasan lain seperti korosi selubung kabel, hal ini juga menyebabkan masuknya kelembaban ke dalam kabel, penggerakan tanah, menyebabkan putusnya kabel, kerusakan akibat getaran, hal ini dapat mematahkan mantel timah, pekerjaan yang tidak baik, seperti belokan yang terlalu tajam, terutama pada pekerjaan sambungan dan terminasi/mof [2], [4], [5], [6].

Seperti kita ketahui saluran kabel tegangan menengah (SKTM) menggunakan kabel sebagai media transmisi-distribusi yang ditanam di bawah tanah dengan aturan-aturan tertentu yang di atur dengan standar SPLN [5], [7], [8], [9]. Penanaman kabel di bawah tanah bukan tanpa alasan karena segi keindahan di balik itu ada kelebihan dan kekurangan pada saat terjadi hal-hal yang tidak diinginkan seperti gangguan. Gangguan short circuit satu fasa ke tanah adalah yang paling sering terjadi jika jaringan menggunakan saluran kabel tegangan menengah (SKTM) di tanam di bawah tanah untuk itu keandalan dalam terjadinya gangguan akibat surja petir adalah yang paling utama untuk menghindari waktu pemadaman yang lama dan kerusakan yang lebih besar, di samping itu pencarian titik gangguan itu sangat rentan dan sulit untuk di cari karena lokasi gangguan di bawah tanah atau bisa di katakan kasat mata. Salah satu metode yang di gunakan adalah dengan Direct Circuit Analisis (DCA) [10]. Metode Direct Circuit Analisis (DCA) merupakan suatu metode yang digunakan untuk pencarian titik gangguan kabel tengangan menengah 20kV.

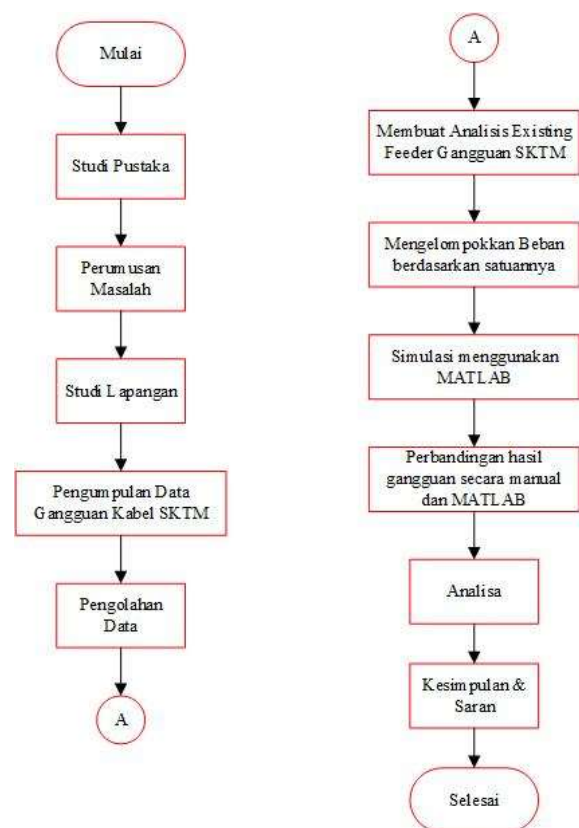
Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui titik lokasi gangguan saluran kabel tegangan menengah 20kv dengan metode Direct Circuit Analisis (DCA) menggunakan software Matlab sebagai media analisa percobaan.

2 METODOLOGI

Dalam penelitian ini menunjukkan alur kerja yang sistematis dalam menganalisis gangguan kabel

SKTM. Proses dimulai dari pengumpulan informasi (studi pustaka, studi lapangan) hingga analisis berbasis simulasi MATLAB [11], [12].

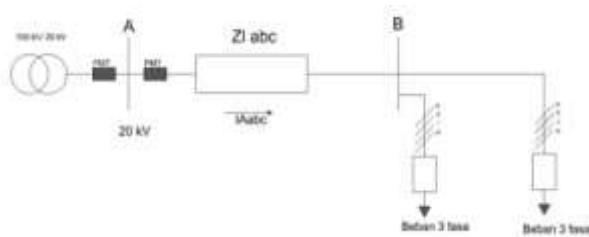
Selanjutnya Menghimpun data terkait gangguan yang terjadi, termasuk parameter teknis seperti arus gangguan, tegangan, jenis beban, dan konfigurasi sistem, Mengkaji kondisi eksisting dari feeder (penghantar) yang terganggu. Analisis ini melibatkan pemeriksaan parameter operasional kabel dan jenis gangguan yang terjadi, Beban listrik pada feeder dikelompokkan sesuai dengan jenis atau satuan bebannya untuk mempermudah simulasi dan analisis, Data yang telah diolah digunakan untuk menjalankan simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB, yang memungkinkan penghitungan lebih rinci dan visualisasi hasil analisis gangguan. Kemudian perbandingan hasil gangguan dari Hasil perhitungan dari simulasi dibandingkan dengan perhitungan manual untuk memastikan keakuratan dan validasi hasil analisis, Tahap evaluasi terhadap hasil perbandingan, mengidentifikasi penyebab gangguan, serta dampaknya terhadap sistem kelistrikan, dan memastikan validitas temuan dan memberikan rekomendasi yang tepat. Berikut diagram alir gangguan kabel SKTM dengan metode Direct Current Analysis dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur proses penentuan titik lokasi gangguan kabel

Dalam penelitian ini gangguan pada kabel SKTM metode yang digunakan adalah *Direct Circuit Analysis* (DCA). Sehingga Matlab sebagai media perhitungan supaya lebih akurat. Cikarang Listrindo merupakan media dalam penyelesaian analisis mulai dari pengelompokan data sampai perbandingan metode dalam pencarian gangguan menggunakan secara manual dilapangan, jaringan distribusi cikarang listrindo menggunakan spindel yang dimana jaringan tersebut lebih handal dalam proses manuver untuk pelayanan kepada konsumen, jaringan spindel yang di terapkan di sistem distribusi cikarang listrindo lebih baik dalam saluran kabel mengingat perusahaan ini selalu melakukan maintenance secara berkala dan test cable secara bertahap.

Pada sistem tenaga listrik 3 fasa, idealnya daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban semuanya seimbang. Impedansi ekuivalen Feeder Lippo-3 (Zabc) adalah gabungan dari dua beban saluran tiga fasa yang seimbang. Berikut gambar diagram satu garis saluran distribusi seimbang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Satu Garis Saluran Distribusi Seimbang

Maka dengan pemodelan diagram satu garis saluran distribusi seimbang yang dapat dihitung pada persamaan 1 dan 2.

$$Z = R + jX \quad (1)$$

$$Y = G + jB \quad (2)$$

Dalam jaringan saluran distribusi kabel tegangan menengah 20kV karena memiliki jarak pendek dibandingkan dengan saluran kabel tegangan ekstra tinggi 150 kV maka konduktansi kawat (G) dan suseptansi kawat (b) dianggap memiliki nilai 0.

Rumus di atas merupakan permodelan dari sistem saluran kabel tiga fasa yang tidak seimbang dengan menggunakan hukum kirchof tegangan. Hal tersebut maka dilampirkan juga perhitungan pemodelan menggunakan hukum kirchof arus untuk melengkapi data perhitungan. Maka hasil perhitungan dapat dilihat pada persamaan 3

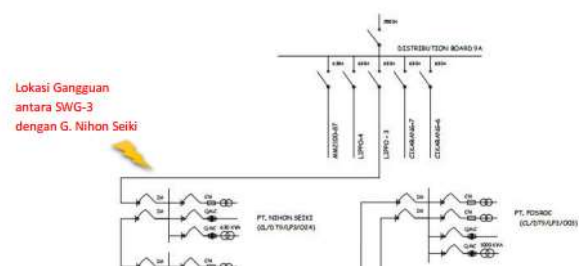
$$I_s = I_r \left[1 + \frac{ZY}{2} \right] + V_r [1 \cdot Y] \quad (3)$$

Dari rumus di atas jaringan saluran distribusi kabel tegangan menengah 20 kV karena memiliki jarak pendek dibandingkan dengan saluran kabel tegangan ekstra tinggi 150 kV maka konduktansi kawat (G) dan suseptansi kawat (b) dianggap memiliki nilai 0.

- Menentukan Lokasi Gangguan Direct Circuit Analysis (DCA)

Dalam penelitian ini sistem gangguan pada kabel menggunakan metode Direct circuit Analysis (DCA) merupakan salah satu metode yang digunakan dalam menentukan lokasi gangguan pada sistem seimbang ataupun tidak seimbang tanpa menggunakan metode komponen simetris, tetapi dengan menggunakan analisa rangkaian tiga fasa secara langsung. Adapun Tujuan algoritma ini untuk mengatasi kelemahan algoritma konvensional yang diterapkan dan digunakan pada sistem seimbang. Dalam hal ini Analisa yang dirumuskan pada suatu jaringan urutan (nol, positif dan negatif) dan tiga fasa seimbang pada sistem jaringan distribusi tegangan menengah untuk gangguan single line to ground (SLG). Menentukan lokasi gangguan atau perhitungan jarak gangguan dari rel tegangan menengah pada gardu induk, untuk sistem distribusi yang tidak seimbang didasarkan pada data tegangan dan arus sebelum dan saat terjadi gangguan pada penyulang tersebut.

Berikut merupakan salah satu gangguan tegangan menengah yang diakibatkan hubung singkat dalam keadaan tidak disengaja yang mengakibatkan putusnya aliran listrik saat operasi yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram satu garis gangguan hubung singkat SLD Cikarang Listrindo

Data gambar diatas merupakan gangguan hubung singkat dari satu fasa ke tanah feeder lippo-3 PT. Cikarang Listrindo. Dengan ini tegangan fasa pada saluran A dapat dihitung pada persamaan 5.

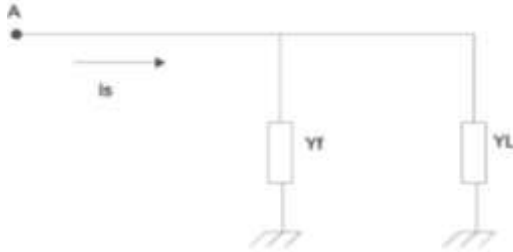
$$V_{Sabc} = (1 - d) \times Z_{labc} \times I_{Sabc} + V_{fabc} \quad (5)$$

Dimana:

$$V_{Sabc} = [V_{Sa} \quad V_{Sb} \quad V_{Sc}] : \text{Tegangan Fasa}$$

$I_{Sabc} = [I_{Sa} \ I_{Sb} \ I_{Sc}]$:	Arus Fasa
$V_{fabc} = [V_{fa} \ V_{fb} \ V_{fc}]$:	Tegangan Fasa pada titik gangguan

Berikut gambar dua cabang paralel pada saat gangguan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Dua cabang paralel gangguan

Saat tegangan fasa a pada gangguan hubung singkat sama dengan $I_f R_f$ ($V_{fa} = I_f R_f$) maka tegangan pada fasa a rel tegangan menengah A dapat dihitung pada persamaan 6.

$$V_{Sa} = (1 - d)(Zl_{aa} I_{Sa} + Zl_{ab} I_{Sb} + Zl_{ac} I_{Sc}) + I_f R_f \quad (6)$$

• Matriks Impedansi Saluran

Perhitungan matriks impedansi saluran (impedance matrix) bertujuan untuk menganalisis karakteristik kelistrikan saluran transmisi dalam sistem tenaga listrik. Matriks ini merupakan representasi matematis yang penting dalam studi saluran transmisi, baik untuk keperluan desain, operasi, maupun analisis gangguan. Berikut perhitungan matriks impedansi saluran dapat dihitung pada persamaan 7.

$$[Zl_{abc}] = \begin{bmatrix} dZl_{aa} & dZl_{ab} & dZl_{ac} \\ dZl_{ba} & dZl_{bb} & dZl_{bc} \\ dZl_{ca} & dZl_{cb} & dZl_{cc} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Impedansi seri dibentuk oleh resistansi R, Induktansi L dan kapasitansi C yang terbagi rata disepanjang saluran. Berikut perhitungan impedansi seri dapat dihitung pada persamaan 8.

$$Z = R + j(XL - XC)\Omega \quad (8)$$

Dimana:

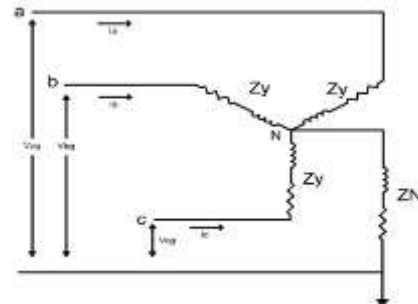
$$XL = 2 \pi f L = 2 \pi f L \ \Omega / km$$

$$XC = j \frac{1}{2 \pi f C} \ \Omega / km$$

$$V_{fabc} = [V_{fa} \ V_{fb} \ V_{fc}]$$

• Matriks impedansi beban

Dalam penelitian ini tujuan perhitungan matriks impedansi beban pada analisis gangguan kabel adalah untuk memahami dan memodelkan pengaruh beban serta karakteristik kabel terhadap performa sistem kelistrikan selama gangguan terjadi. Perhitungan ini menjadi bagian penting dalam analisis sistem tenaga listrik untuk memastikan stabilitas, keandalan, dan keamanan operasi sistem. Sehingga dapat mengidentifikasi arus dan tegangan selama gangguan, menentukan arus gangguan pada kabel untuk memastikan analisis gangguan dapat diterapkan pada sistem kelistrikan yang kompleks. Berikut rangkaian tiga fasa hubungan Y pada beban 3 fasa dapat dilihat pada gambar 5.



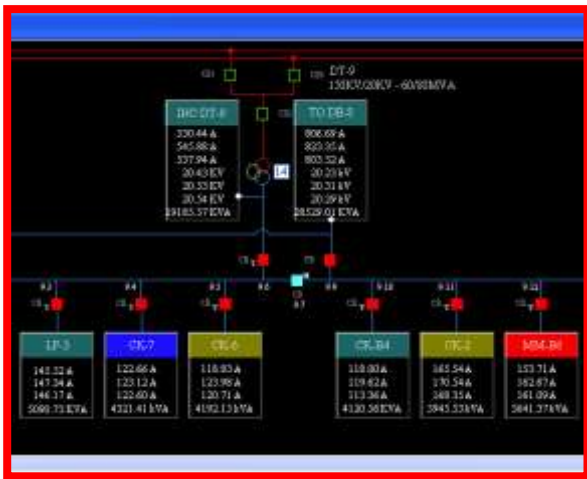
Gambar 5. Impedansi beban tiga fasa rangkaian Y

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini meneliti tentang analisis existing feeder gangguan kabel SKTM, analisis gangguan kabel tegangan menengah (SKTM) menggunakan metode direct current analysis (DCA), analisis perhitungan saluran kabel SKTM feeder lippo-3 menggunakan DCA.

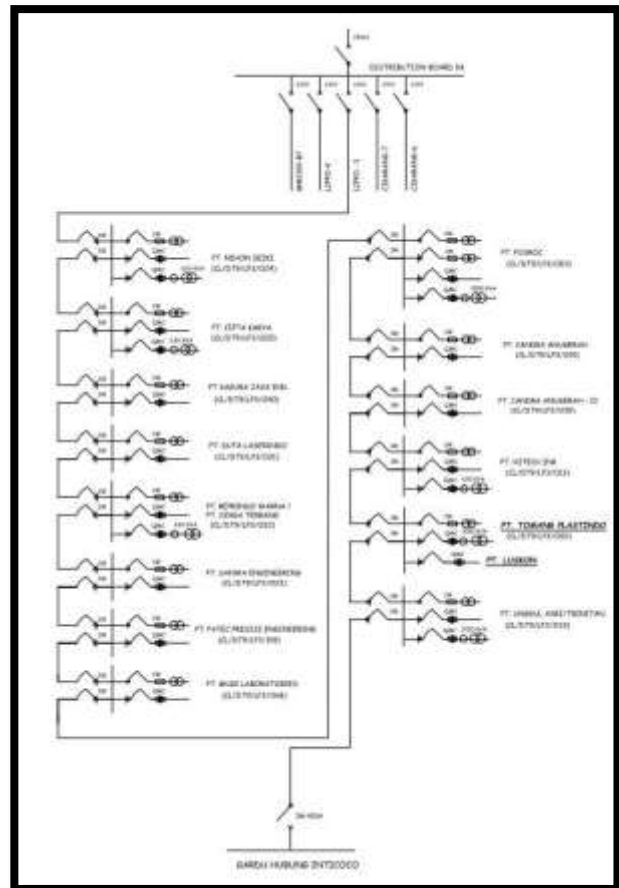
• Analisis Existing Feeder gangguan kabel SKTM

Objek penelitian yang di analisis adalah sebuah pembangkit yang berlokasi di Bekasi yaitu PT. Cikarang Listrindo. Perusahaan ini terbagi ke dalam 3 plant dan beroperasi sebagai pembangkit tenaga gas, tenaga uap dan tenaga gas dan uap. Data unit pembangkit PT. Cikarang Listrindo. Berikut single line diagram via scada pada beban distribusi trafo untuk jaringan feeder lippo-3 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Single Line Diagram Via SCADA Actual Beban Distributon Trafo untuk Jaringan Feeder Lippo-3

Gambar 6. merupakan kondisi aktual lapangan via SCADA dalam keadaan beban normal yang digunakan oleh konsumen di setiap feeder yang digunakan di PT Cikarang Listrindo. Setiap feeder atau distribution board memiliki kapasitas beban yang berbeda dengan melayani beberapa gardu konsumen. Sistem jaringan saluran distribusi PT Cikarang Listrindo melayani beberapa konsumen yang ada di lima kawasan industri tersebar di daerah kabupaten bekasi dengan jumlah konsumen sebesar 2.500 pelanggan. Pada penentuan lokasi gangguan melalui metode perhitungan yang dilakukan pada penelitian ini, di pilih Feeder Lippo-3 di kawasan industry Lippo Cikarang, Jawa Barat. Feeder Lippo-3 merupakan jaringan tegangan menengah dengan konfigurasi spindel seperti di tunjukan pada gambar 7.



Gambar 7. Single Diagram Garis Tunggal Jaringan Saluran Distribusi dengan Feeder Lippo-3

Dalam proses penentuan lokasi gangguan melalui metode perhitungan, sebelumnya perlu diketahui terlebih dahulu seksi mana yang terganggu, yaitu dengan mengecek Eart Fault Relay (EFI) yang terpasang di setiap gardu. Dalam proses perhitungan diperlukan pada saat sebelum gangguan terjadi maupun saat terjadinya gangguan, meliputi :

- A. Sebelum terjadi gangguan hubung singkat
- B. Setelah terjadi gangguan hubung singkat

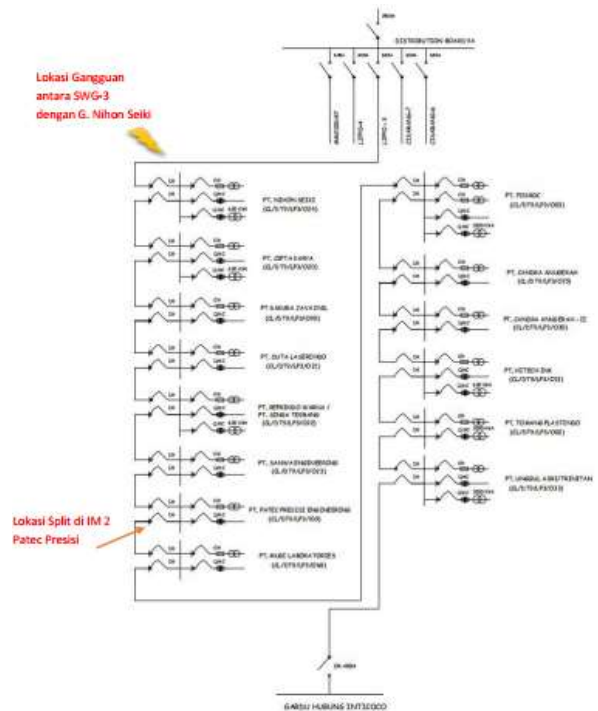
Berikut dilampirkan data gangguan feeder Lippo-3 yang terjadi di PT Cikarang Listrindo secara terperinci sebagai berikut :

- a. Titik gangguan di lokasi yang sama dengan lokasi gangguan LP-B2 tepatnya di belakang PT Mantap, yakni antara dari SWG-3 arah G. Nihon Seiki. Kondisi kabel terpotong karena salah potong kabel perbaikan gangguan LP-B2 (gambar 4).
- b. Ukuran Kabel 150mm² (airbag).
- c. Karena pencarian gangguan belum menemukan titik gangguan sampai dengan hari Jumat tanggal 27 Juli 2018 maka dibuat rencana penggantian / relokasi kabel feeder LP-B2. Pekerjaan persiapan relokasi dengan trace jalur dan trace

identifikasi kabel st-by di area galian sebelum jembatan CIK-4 dan median jalan depan SIERAD BIOTEK sejak Sabtu 28 Juli 2018.

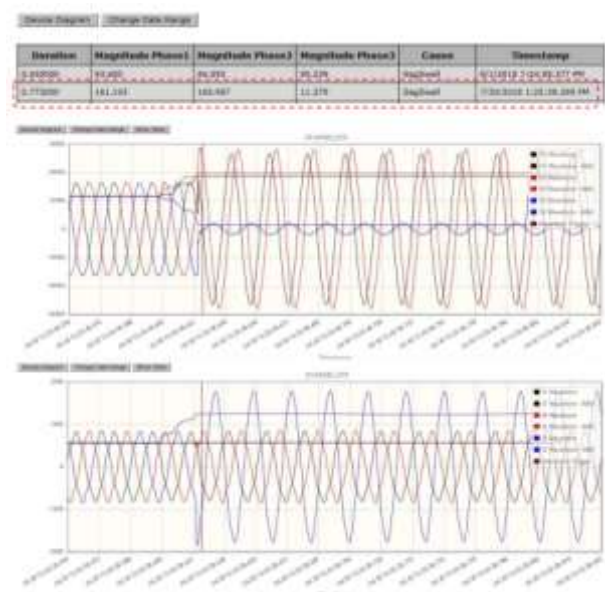
- d. Pekerjaan pencarian gangguan dilakukan secara parallel dibantu oleh PT PLN (tidak bisa menemukan titik gangguan karena tipikal gangguan yang terjadi tergolong gangguan dengan impedance yang sangat rendah sehingga deteksi dengan metode akustik sangat sulit dilakukan) dengan pekerjaan persiapan relokasi pada hari Sabtu 28 Juli 2018 setelah selesai trace identifikasi kabel EJ-9 untuk persiapan penggantian kabel 3x185 mm².
- e. Melakukan identifikasi kabel LP-B2 di area galian sebelum Jembatan Cik- 4, selanjutnya dengan melakukan pemotongan kabel. Setelah dipotong dilakukan pengetesan kabel arah PT Tandi W (hasil bagus) dan arah CL (hasil tidak bagus fasa R di jarak 1100meter dari 4.400meter).
- f. Tim commissioning melakukan pralokasi gangguan dengan inject tegangan sampai 8kV namun peralatan Digiphone tidak dikirimkan ke lokasi karena driver pengirim peralatan tersesat ke area Ejip.
- g. Setelah yakin dengan penemuan titik gangguan tersebut diintruksikan tim galian dari kontraktor PT Jaya Inti Dinamika untuk melakukan penggalian di lokasi titik gangguan agar kabel bisa terlihat semua untuk dilanjutkan perbaikan kabel yang rusak.
- Analisis Gangguan Kabel Tegangan Menengah (SKTM) dengan menggunakan Metode Direct Circuit Analysis (DCA)

Pada gambar di bawah ini merupakan titik gangguan kabel Feeder LIPPO-3 dengan standar SLD perusahaan yang mengacu pada standart laporan dan dokumen perusahaan.



Gambar 8. Single Diagram Garis Tunggal Jaringan Saluran Distribusi dan titik gangguan kabel feeder LIPPO-3

Kondisi Feeder di atas sudah terlihat gangguan feeder LIPPO-3 dengan gardu induk kearah PT NIHON SEIKI INDO dengan total jarak kabel sebesar 900 meter dari arah gardu induk distribusi dan jarak gangguan yang ditemukan secara manual dengan metode HIPOT Test yang menggunakan alat pencari gangguan sebesar panjang jarak kabel 360 meter dengan data mekanis sebagai berikut:



Gambar 9. Hasil Grafik Gangguan *Power Quality Meter* (PQM) Dengan Jaringan *feeder* LIPPO-3

Data di atas merupakan hasil pembacaan *Power Quality Meter* (PQM) pada saat terjadi gangguan *feeder* LIPPO-3 di gardu induk distribusi dengan PT PT NIHON SEIKI INDONESIA dengan hasil pembacaan gangguan terjadi *Short Circuit* antara satu fasa ke tanah diakibatkan hilangnya phasa R yang terbaca di sistem SCADA maupun pembacaan meter. Berikut gambar kondisi kabel bawah tanah SKTM dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Kondisi kabel bawah tanah tegangan menengah jaringan *feeder* LIPPO-3 dan LIPPO-2

Terlihat gambar di atas merupakan kondisi kabel tegangan menengah bawah tanah 20 KV akibat kena beko atau tercangkul saat proyek relokasi kereta api cepat kerjasama indonesia dengan china (KCIC). Pada gambar di atas terlihat 2 kabel yang luka akan tetapi pada tugas akhir ini dibahas satu kabel karena tercangkul atau kena beko yaitu *feeder* LIPPO-3, untuk *Feeder* LIPPO-2 kondisi kabel tersebut kena ledakan yang besar akibat terjadinya LIPPO-3 yang menyebabkan kabel LIPPO-2 ikut terganggu.

- Analisis Perhitungan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) Feeder LIPPO-3 Menggunakan DCA

Analisis teknis untuk mengevaluasi karakteristik kinerja saluran kabel tegangan menengah (SKTM) pada Feeder LIPPO-3 dengan menggunakan metode Direct Current Analysis (DCA). Metode ini berfokus

pada penghitungan parameter kelistrikan seperti resistansi saluran, rugi-rugi daya, dan penurunan tegangan, dengan pendekatan berbasis arus searah (DC). Berikut data kabel *feeder* lippo-3 cikarang listrindo dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data kabel *feeder* lippo-3 cikarang listrindo

NO	NAMA	KETERANGAN
1	Merk Kabel	Kabelindo INA
2	Jenis Kabel	NA2XSEYBY
3	Jenis Isolasi	XLPE
4	Luas Penampang	150 mm ²
5	Jari-Jari Penghantar	7,15 mm
6	Diameter Penghantar	16,8 mm
7	Diameter Isolasi	30
8	Ketebalan Isolasi	5,5 mm
9	Jarak Antara Penghantar	25,89
10	Diameter Kabel Total	84
11	Berat Kabel	9,065
12	Jari-Jari Penekukan Kabel	1,260
13	Minimal Resistansi DC	900
14	Maksimal Resistansi DC	0,206
15	Kapasistansi Per Fasa	0,254
16	Induktansi Per Fasa	0,315
17	Maksimal Arus Kerja	315

Data di atas merupakan ukuran kabel dari *feeder* LIPPO-3 yang mengakibatkan terjadinya gangguan pada *feeder* tersebut dengan ukuran maksimal resistansi kabel sebesar 0.206 dan induktansi perfasa sebesar 0,315 serta arus maksimal pada kabel sebesar 400 Ampere. Dalam hal ini kabel yang digunakan merk kabelindo dengan jenis kabel NA2XSEYBY dan jenis Isolasi XLPE serta memiliki luas penampang sebesar 150 mm². Kabel ini sering digunakan oleh Tegangan Menengah (TM) untuk tipe kabel bawah tanah.

Pada dasarnya perhitungan ini menggunakan Software Matlab pada metode *direct circuit analysis* (DCA) dengan data pendekatan yang berbeda sesuai dengan beban *feeder* yang dianalisa secara tersendiri baik dalam perhitungan kapasistansi dan induktansi secara sendiri dan dihitung dengan beban yang berbeda mengacu pada jaringan *feeder* lippo-3. Berikut data implementasi perhitungan *feeder* lippo-3

Tabel 2. Data implementasi perhitungan *feeder* lippo-3

NO	Saluran <i>Feeder</i>	Panjang	OHM		
1	NIHON SEIKI	1.8	0.204 + j 0.1301	j 0.02186	j 0.02186
			j 0.02186	0.204 + j 0.1301	j 0.02186
			j 0.02186	j 0.02186	0.204 + j 0.1301
2	MAGMA	0.17	0.036 + j 0.0176	j0.0131	j0.0131
			j0.0131	0.036 + j 0.0176	j0.0131
			j0.0131	j0.0131	0.036 + j 0.0176
3	SAKURA	0.2	0.0432 + j 0.0211	j 0.0046	j 0.0046

			$j\ 0.0046$	$0.0432 + j\ 0.0211$	$j\ 0.0046$
			$j\ 0.0046$	$j\ 0.0046$	$0.0432 + j\ 0.0211$
4	DUTA INDO	0.5	$0.1083 + j\ 0.0530$	$j\ 0.0115$	$j\ 0.0115$
			$j\ 0.0115$	$0.1083 + j\ 0.0530$	$j\ 0.0115$
			$j\ 0.0115$	$j\ 0.0115$	$0.1083 + j\ 0.0530$
5	SINGA TERBANG	0.4	$0.0803 + j\ 0.0393$	$j\ 0.0085$	$j\ 0.0085$
			$j\ 0.0085$	$0.0803 + j\ 0.0393$	$j\ 0.0085$
			$j\ 0.0085$	$j\ 0.0085$	$0.0803 + j\ 0.0393$
6	SANWA INDO	0.7	$0.1456 + j\ 0.0712$	$j\ 0.1555$	$j\ 0.1555$
			$j\ 0.1555$	$0.1456 + j\ 0.0712$	$j\ 0.1555$
			$j\ 0.1555$	$j\ 0.1555$	$0.1456 + j\ 0.0712$
7	PATEC INDO	0.185	$0.036 + j\ 0.0176$	$j\ 0.0038$	$j\ 0.0038$
			$j\ 0.0038$	$0.036 + j\ 0.0176$	$j\ 0.0038$
			$j\ 0.0038$	$j\ 0.0038$	$0.036 + j\ 0.0176$
8	MUGI INDON	1	$0.2292 + j\ 0.1121$	$j\ 0.0244$	$j\ 0.0244$
			$j\ 0.0244$	$0.2292 + j\ 0.1121$	$j\ 0.0244$
			$j\ 0.0244$	$j\ 0.0244$	$0.2292 + j\ 0.1121$
9	FOSECO INDON	0.65	$0.1264 + j\ 0.0618$	$j\ 0.0135$	$j\ 0.0135$
			$j\ 0.0135$	$0.1264 + j\ 0.0618$	$j\ 0.0135$
			$j\ 0.0135$	$j\ 0.0135$	$0.1264 + j\ 0.0618$
10	HI TECH	0.49	$0.0968 + j\ 0.0473$	$j\ 0.0103$	$j\ 0.0103$
			$j\ 0.0103$	$0.0968 + j\ 0.0473$	$j\ 0.0103$
			$j\ 0.0103$	$j\ 0.0103$	$0.0968 + j\ 0.0473$

Setelah hasil R, L, C diperoleh maka kita masukan perhitungan untuk mencari Impedansi pada beban setiap konsumen *feeder* Lippo-3 yang digunakan. Data yang digunakan kondisi beban saat terjadi gangguan pada *feeder* Lippo-3. Berikut data impedansi beban dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data beban implementasi perhitungan *feeder* lippo-3

Beban	Beban	Impedansi Beban
	Pengukuran (kVA)	
b1	345	$0.355+j0.220$
b2	550	$0.223+j0.137$
b3	52.97	$2.317+j1.435$
b4	91.84	$1.336+0.827$
b5	328.21	$0.373+0.231$
b6	71.69	$1.712+j1.060$
b7	268.8	$0.456+j0.282$
b8	115.44	$1.063+j0.658$
b9	2770	$0.737+j0.457$
b10	1100	$0.032+j0.057$

Dengan diketahui data gangguan di atas maka dengan hal ini dapat digunakan dalam mencari titik lokasi gangguan dengan menggunakan metode *Direct Circuit Analisis* pada *feeder* LIPPO-3 akibat gangguan terkena beko saat pekerjaan pengangkutan relokasi kabel KIIC didaerah kawasan industri.

Berikut hasil analisis gangguan kabel SKTM dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data perhitungan gangguan kabel SKTM

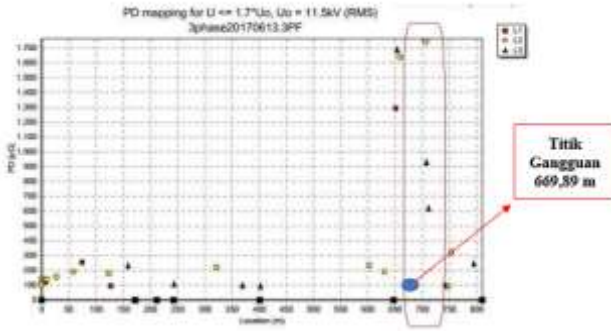
Hasil gangguan	Nilai perhitungan
C1	$0,3343 \angle -1,683$
C2	$1,6281 \angle 0,6475$
d1	625,35
d2	-4,69

Dimana dalam pencarian titik gangguan menggunakan metode ini didapat hasil 625,35 meter dengan hasil yang mendekati saat terjadi gangguan. Dengan dilihat hasil dari nilai yang diperoleh sehingga jarak lokasi gangguan sesungguhnya berada pada 625,35 hasil menggunakan metode *Direct Circuit Analysis* (DCA) sedangkan dengan menggunakan metode manual hasil yang diperoleh sebesar 669,89 meter. Berikut hasil simulasi gangguan kabel SKTM menggunakan metode *direct current analysis* (DCA) menggunakan MATLAB dapat dilihat pada gambar 11 dan gambar 12.


```

1 clear all;
2 clc;
3
4 % Matriks impedansi sendiri dan
   impedansi bersama penyulang
5 Z=[0.286+0.112869i 0.024442i
6 0.024442i 0.286+0.112869i
7 0.024442i 0.024442i
8 0.024442i 0.286+0.112869i];
9
10 % Panjang kabel tiap-tiap saluran
   dalam satuan km
11 L1=0.170;
12 L2=0.280;
13 L3=0.500;
14 L4=0.400;
15 L5=0.700;
16 L6=0.185;
17 L8=1;
18 L9=0.850;
19 L10=0.600;
20 L11=0.400;
21 L12=0.700;
22 L13=0.850;
23 L14=0.600;
24
25 %Impedansi tiap-tiap saluran
26 Z1=Z.*L1;
27 Z2=Z.*L2;
28 Z3=Z.*L3;
29 Z4=Z.*L4;
30 Z5=Z.*L5;
31 Z6=Z.*L6;
32 Z7=Z.*L7;
33 Z8=Z.*L8;
34 Z9=Z.*L9;
35 Z10=Z.*L10;
36 Z11=Z.*L11;
37 Z12=Z.*L12;
38 Z13=Z.*L13;
39 Z14=Z.*L14;
40
41 % Matriks semua Beban terukur tiap-tiap
   penyulang dalam MVA
42 b1=600;
43 b2=900;
44 b3=240;
45 b4=300;
46 b5=375;
47 b6=1000;
48 b7=750;
49 b8=400;
50 b9=300;
    
```

Gambar 11. Hasil penentuan perhitungan metode *direct current analysis* (DCA) menggunakan matlab



Gambar 12. Hasil penentuan titik lokasi gangguan *feeder* lippo-3 menggunakan alat SEBAKMT

Diagram gambar di atas merupakan hasil pengukuran secara langsung menggunakan alat yang digunakan untuk mencari lokasi titik gangguan kabel dengan *Standart Operation Prosedure* (SOP) yang digunakan. Dalam hal ini dapat dibuktikan kesalahan *relative error* untuk perhitungan jarak lokasi gangguan pada fasa R adalah Error. Sebagai berikut:

$$\text{Error} = \left| \frac{669,89 - 625,35}{669,89} \right| \times 100\% = 0,066\%$$

Dapat terlihat dengan menerapkan metode *Direct Circuit Analysis*, menentukan lokasi gangguan pada kabel tanah mempunyai keakuratan yang cukup

tinggi. Dengan perolehan hasil perhitungan maka penggalian untuk perbaikan kabel yang mengalami gangguan dapat dilakukan pada jarak 669,89 m dan 625,35 m dengan perbedaan jarak sekitar 44,54 meter.

4 KESIMPULAN

Pada pengujian yang telah dilakukan pada analisis gangguan kabel SKTM dengan metode DCA menggunakan matlab dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pencarian gangguan saluran kabel tegangan menengah 20kV bawah tanah dengan menggunakan metode *Direct Circuit Analysis* (DCA) hasilnya mendekati dengan actual lapangan.
2. Dengan menggunakan metode *Direct Circuit Analysis* (DCA) ditemukan titik gangguan dari gardu induk distribusi sebesar 625,35 meter dan actual lapangan yang sudah ditemukan sebesar 669,89 dari kedua hasil tersebut selisih yang diperoleh sebesar 44,54 meter.
3. Hasil yang diperoleh dari perbedaan antara pencarian dengan menggunakan peralatan secara manual dibandingkan dengan metode pencarian dengan menggunakan *Direct Circuit Analysis* (DCA) didapat error yang dihasilkan sangat kecil sebesar 0,066 % .
4. Hal ini membuktikan jika terjadi kembali gangguan kabel bawah tanah sebelum melakukan pencarian gangguan secara manual terlebih dahulu menerapkan metode yang sudah diterapkan pada tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Meradi, K. Benmansour, and S. Laribi, "Failure analysis of medium voltage underground power Câbles based on voltage measurements," *J. Fail. Anal. Prev.*, vol. 23, no. 5, pp. 1860–1868, 2023.

[2] F. A. Rista, "PERHITUNGAN JARAK GANGGUAN HUBUNG SINGKAT SALURAN KABEL UDARA TEGANGAN MENENGAH 20 KV PENYULANG KPK 01 SEMARANG," 2023, *UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG*.

[3] S. A. Siregar, "Asesmen Risiko Gangguan Kabel Tegangan Menengah 20 kV Menggunakan Metode Bow Tie Pada PLN Ciputat," 2024, *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.

- [4] D. Četković, J. Žutolija, and V. Komen, "Voltage Rise Mitigation in Medium-Voltage Networks with Long Underground Cables and Low Power Demand," *Energies*, vol. 17, no. 13, p. 3174, 2024.
- [5] S. Afotey and S. M. Aliadeh, "Investigation into the Impact of Cable Failure Localisation Methods on the Underground Cable Life Time in a Medium Voltage Distribution Network," in *2020 IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, 2020, pp. 898–903. doi: 10.1109/ISIE45063.2020.9152389.
- [6] W. Lv, W. Min, H. Ye, J. He, and W. Zhang, "A Method for Medium Voltage Underground Cables Incipient Faults Diagnosis and Location Using Sheath Current," in *2023 3rd International Conference on Energy Engineering and Power Systems (EEPS)*, 2023, pp. 753–758. doi: 10.1109/EEPS58791.2023.10256902.
- [7] Z. SIRAIT, "ANALISA KEHANDALAN SISTEM KELISTRIKAN DENGAN METODE ASSESSMENT SALURAN KABEL TEGANGAN MENENGAH (SKTM) PADA PLN ULP PRIMA KRAKATAU," 2024, *Universitas Mercu Buana Jakarta*.
- [8] H. Ye, W. Zhang, C. Huang, and H. Qin, "A Method for Medium Voltage Underground Cables Incipient Fault Detection and Location using Sudden Change of Sheath Current," in *2024 7th Asia Conference on Energy and Electrical Engineering (ACEEE)*, 2024, pp. 155–160. doi: 10.1109/ACEEE62329.2024.10652118.
- [9] M. Bindi, M. C. Piccirilli, A. Luchetta, and F. Grasso, "A comprehensive review of fault diagnosis and prognosis techniques in high voltage and medium voltage electrical power lines," *Energies*, vol. 16, no. 21, p. 7317, 2023.
- [10] K. Łowczowski and B. Olejnik, "Monitoring, detection and locating of transient earth fault using zero-sequence current and cable screen earthing current in medium voltage cable and mixed feeders," *Energies*, vol. 15, no. 3, p. 1066, 2022.
- [11] A. Siagian, M. E. Dalimunthe, and Z. Tharo, "Analisis Kehandalan Sistem Konfigurasi Jaringan Penyulang 20 Kv di PT. PLN (Persero) ULP Pakam Kota Berbasis Matlab," *J. Rekayasa Elektro Sriwij.*, vol. 5, no. 1, pp. 18–31, 2023.
- [12] D. MALAMOV, I. HADZHIEV, V. ZLATANOVA, A. PAVLOVA, A. GEORGIEV, and S. TERZIEVA, "Analysis of the Operational Parameters of a Medium Voltage Cable Line," in *2019 16th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA)*, 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/ELMA.2019.8771570.