

ANALISIS HUBUNG SINGKAT PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PT. PERTAMINA EP ASSET 4 FIELD CEPU DISTRIK LEDOK MENGGUNAKAN ETAP 12.6.0

Feri Rohman Syah

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email : feri.17050874010@mhs.unesa.ac.id

Subuh Isnur Haryudo, Unit Three Kartini, Nur Kholis

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email : subuhisnur@unesa.ac.id, unitthree@unesa.ac.id, nurkholis@unesa.ac.id

Abstrak

Analisis hubung singkat ialah suatu hal yang penting dan perlu diperhitungkan terlebih dahulu dalam menyusun perencanaan atau memperbaiki suatu sistem tenaga listrik. Penelitian ini memiliki tujuan agar dapat meningkatkan sistem keandalannya apabila terjadi gangguan arus hubung singkat 3 fasa pada bus PDB-ST-154. Peneliti menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif. Arus hubung singkat dalam sistem tenaga listrik PT. PERTAMINA EP ASSET 4 FIELD CEPU DISTRIK LEDOK menjadi subjek pada penelitian ini. Penelitian yang dilaksanakan menggunakan simulasi ETAP *Power Station* versi 12.6.0 dan akan mensimulasikan gangguan pada bus yang dekat dengan beban listrik yaitu bus PDB-ST-154. Hasil simulasi ini digunakan untuk menentukan kesesuaian kapasitas sakelar pemutus tenaga (*circuit breaker*) yang digunakan pada sistem distribusi 20 kV PT. PERTAMINA EP ASSET 4 Field Cepu. Analisis menggunakan ETAP *Power Station* yang dijadikan sebagai indikator kesesuaian besar kapasitas sakelar pemutus tenaga ini berupa gangguan arus puncak terbesar pada setiap jenis gangguan berdasarkan kesimetrisannya. Gangguan yang terjadi pada bus PDB-ST-154 membuat tegangan yang ada di bus PDB-ST-KWS mengalami kenaikan yaitu 0,4 V menjadi 0,44 V dan penurunan tegangan pada bus PDB-ST-229 yaitu dari 0,4 V menjadi 0,35 V. Untuk trafo KWS-1 yang terhubung terhadap bus PDB-ST-KWS tegangan sekunder dilakukan tap changer menjadi 0,418 V untuk mendapatkan nilai tegangan pada bus PDB-ST-KWS sebesar 0,4 V sedangkan pada Trafo ST-229 yang terhubung dengan bus PDB-ST-229 di lakukan tap changer tegangan sekundernya hingga 0,418 V untuk mendapatkan nilai tegangan normalnya kembali yaitu 0,4 V

Kata kunci : Arus hubung singkat, ETAP 12.6.0, Kapasitas sakelar pemutus tenaga (*Circuit Breaker*), Tap changer transformer

Abstract

Short circuit analysis is an important thing and needs to be taken into account first in planning or updating an electric power system. This study aims to improve the reliability of the system in the event of a short-circuit current 3 phase on the PDB-ST-154 bus. Researchers used qualitative descriptive research methods. Short circuit current in the electric power system of PT. PERTAMINA EP ASSET 4 FIELD CEPU LEDOK DISTRICT became the subject of this research. The research was carried out using ETAP Power Station simulation version 12.6.0 and will simulate disturbances on buses that are close to the electrical load, namely the PDB-ST-154 bus. The analysis uses ETAP Power Station which is used as an indicator of the suitability of the large capacity of the circuit breaker in the form of the largest peak current disturbance for each type of disturbance based on its symmetry. The disturbance that occurred on the PDB-ST-154 bus made the voltage on the PDB-ST-KWS bus increase from 0.4 V to 0.44 V and decrease the voltage on the PDB-ST-229 bus from 0.4 V to 0.35 V. For the KWS-1 transformer which is connected to the PDB-ST-KWS bus, the secondary voltage is tapped to 0.418 V to get the voltage value on the PDB-ST-KWS bus of 0.4 V while the ST-229 transformer which connected to the PDB-ST-229 bus, the secondary voltage tap changer is carried out up to 0.418 V to get the normal voltage value back, which is 0.4 V

Keywords : Short circuit current, ETAP 12.6.0, Circuit Breaker capacity, Tap Changer Transformer

PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik memiliki 3 bagian diantaranya ialah sistem distribusi listrik, sistem transmisi listrik dan sistem pembangkitan listrik energi listrik sangat dibutuhkan oleh masyarakat pada era modern saat ini,

pada proses produksinya banyak industri yang memerlukan energi listrik (Nurdiana, 2016). Studi tentang arus gangguan hubung singkat digunakan sebagai keadaan utama yang sangat perlu untuk diperhitungkan pada saat perencanaan sistem tenaga listrik, guna menanggulangi gangguan hubung singkat

yang terjadi, sangat penting dilaksanakannya analisis untuk gangguan hubung singkat sehingga dapat menentukan sistem pengamanan yang akan digunakan dalam sistem tenaga listrik yang ada (Xan Wu & Young Jiao, 2016).

Analisis gangguan hubung singkat ialah sebuah studi yang digunakan guna memahami tentang peran arus gangguan hubung singkat yang mengalir kepada sistem tenaga listrik disetiap cabangnya (Calnela et al, 2020). Ada beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan hubung singkat, contoh dari faktor eksternal bisa berupa hujan lebat, badai, pohon tumbang dan segala macam bencana alam yang lainnya dan faktor internal yang menyebabkan terjadinya gangguan yaitu rusaknya peralatan listrik sendiri pada sistem kelistrikannya. Selain karena beberapa faktor tersebut gangguan juga disebabkan oleh gangguan permanen dan temporer, contoh dari gangguan permanen adalah kegagalan isolator, rusaknya penghantar dan kerusakan pada peralatan lain akan menyebabkan kerusakan secara permanen, sedangkan gangguan temporer dapat diselesaikan dengan pemakaian CB (circuit Breaker) atau pengamanan lainnya (Kumolo, 2016).

Banyak peralatan listrik yang rusak dikarenakan gangguan hubung singkat yang mengakibatkan aliran dari arus yang semakin besar dan juga peralatan listrik rusak terjadi karena peralatan tersebut tanpa dilengkapi dengan sistem pengamanan yang benar. Ketika gangguan menjadi tidak jauh dari sumber jadi gangguan arus hubung singkat pada sistem tenaga listriknya semakin besar pula begitu juga sebaliknya (Moura et al, 2015).

Analisis hubung singkat merupakan cara agar diketahui besarnya arus hubung singkat yang akan muncul kemudian dilanjutkan untuk perencanaan terhadap sistem proteksi dapat ditentukan menggunakan peralatan yang tepat dan sesuai dengan perencanaan. Analisis hubung singkat menjadi hal penting dalam memilih skala arus hubung singkat yang digunakan sebagai pelindung dari peralatan dan perangkat pada sistem distribusi dari akibat yang ditimbulkan dari beban (Mathur et al, 2015). Dalam sistem tenaga listrik, gangguan pada tanah dapat berakibat sangat parah apabila tanpa memperhatikan sistem pengamannya (Bonggas, 2012). Adanya tegangan induksi pada lilitan-lilitan transformator terhadap struktur logam sekitarnya. *Breakdown isolation* atau yang biasa disebut gangguan isolasi dapat menyebabkan kebocoran sehingga memicu terjadinya hubung singkat (Youssef & Aboulenein, 2016).

Sakelar Pemutus Tenaga (Circuit Breaker)

Pemutus Tenaga (PMT) biasa disebut *Circuit Breaker* (CB) ialah sebuah alat listrik yang dipergunakan

untuk menutup dan membuka aliran listrik dalam semua kondisi, baik pada tegangan tidak normal maupun normal serta saat terjadi gangguan arus hubung singkat atau *Short Circuit* (Qi Shancheng & Cao lilu, 2021). Peralatan ini memiliki fungsi sebagai pelindung sebuah sistem tenaga listrik jika dalam gangguan atau kesalahan sistem tersebut dengan cara memutus aliran listriknya (Alfianto, 2015). Fungsi utama pada peralatan ini berupa sebagai alat penutup dan pembuka rangkaian listrik untuk keadaan berbeban dan bisa menutup ataupun membuka aliran listrik jika terjadi arus gangguan hubung singkat (*Short Circuit*) disistem kelistrikannya (Zuhal, 1991). Adapun beberapa syarat yang perlu diperhatikan oleh sakelar pemutus tenaga (PMT) dijelaskan sebagai berikut :

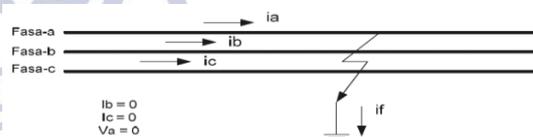
1. Dapat mengalirkan arus maksimum secara terus-menerus.
2. Dapat memutus dengan cepat apabila terjadi gangguan arus hubung singkat supaya arus tidak terhubung ke peralatan lain yang dapat menyebabkan kerusakan dan tidak menjadikan sistem kehilangan keseimbangan serta tidak dapat membuat kerusakan sakelar pemutus tenaga tersebut.
3. Dapat menutup atau memutuskan aliran listrik pada saat mengalami gangguan hubung singkat maupun saat berbeban dengan tidak menimbulkan kerusakan pada sakelar tersebut.

Jenis-Jenis Gangguan Arus Hubung Singkat

Pada dasarnya terdapat 4 macam gangguan hubung singkat berdasarkan kesimetrisannya diantaranya adalah:

Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah (*Line to Ground Fault*)

Kenaikan dari arus listrik pada fasa dengan gangguan dan tegangan jadi 0 merupakan dampak dari gangguan arus satu fasa ke tanah oleh karena itu peristiwa ini dapat menyebabkan fase lain mengalami arus yang menjadi nol disertai dengan kenaikan tegangan pada fase lain



Gambar 1. Gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah

Pada gangguan hubung singkat 1 fasa tidak melalui impedansi dapat dijelaskan dengan rumus berikut :

$$I_A = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (1)$$

Keterangan :

I_A = Besar Gangguan arus (A)

E_a = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan (v)

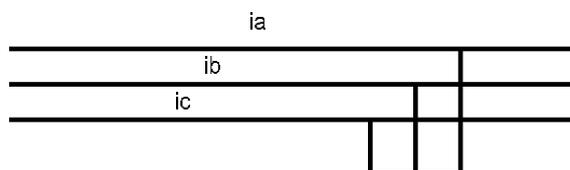
Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan (ohm)

Analisis Hubung Singkat Pada Sistem Distribusi 20 kV PT. Pertamina Ep Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok Menggunakan ETAP 12.6.0

- Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan (ohm)
- Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan (ohm)
- V_a = Tegangan pada fasa a
- i_a = Arus yang mengalir pada fasa a (A)
- i_b = Arus yang mengalir pada fasa b (A)
- i_c = Arus yang mengalir pada fasa c (A)
- i_f = Arus yang mengalir menuju *ground* (A)

$$I_A = \frac{E_a}{Z_1 + \frac{Z_2 + Z_0}{Z_2 + Z_0}} \quad (3)$$

Gangguan Hubung Singkat Tiga fasa (Three Phase Fault)



Gambar 4. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa

Jenis gangguan ini dikategorikan dalam kelas gangguan yang simetris, yaitu apabila terjadi gangguan maka tegangan maupun arus setiap *phasenya* tetap seimbang. Sehingga pada gangguan tersebut dapat dianalisis memakai komponen urutan yang positif saja. Gangguan ini merupakan tipe gangguan yang terparah dibanding dengan gangguan arus hubung singkat yang lainnya namun gangguan ini sangat jarang sekali terjadi. Untuk rumus arus pada saluran :

$$I_A = \frac{E_a}{Z_1} \quad (4)$$

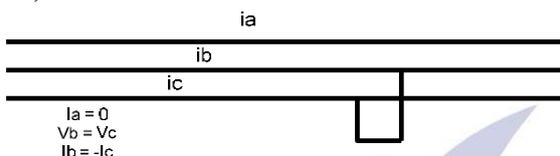
Metode yang digunakan dalam menganalisis sistem 3 fasa yang tak seimbang dapat diselesaikan dengan memecah 3 fasa pada antar fasanya jadi tiga komponen sama dari fasa yang seimbang.

Maka dari itu analisis dari gangguan hubung singkat ini dilaksanakan di PT. PERTAMINA EP ASSET 4 FIELD CEPU DISTRIK LEDOK untuk mendapatkan besar nilai arus gangguan hubung singkat 1 fasa ke tanah, 3 fasa, 2 fasa ke tanah dan 2 fasa menggunakan simulasi dari sebuah aplikasi bernama ETAP versi 12.6.0. *Electrical Transient Analyzer Program* atau yang biasanya disebut ETAP ialah sebuah aplikasi program untuk menampilkan secara *Graphical User Interface* (GUI) yang menggunakan jumlah bus tak hingga (Badaruddin, 2017). Pada umumnya software ini digunakan untuk melakukan analisis perhitungan arus hubung singkat dan aliran daya (*Load Flow*).

Tap Changer Transformator

Tap changer merupakan suatu peralatan perubahan transformasi yang dipergunakan untuk memperoleh nilai tegangan operasi sekunder lebih baik. Tap changer mampu bekerja serbagai pemindah tap transformator pada saat berbeban dapat dikatakan *On load Tap Changer* atau OLTC dan mampu dilakukan baik otomatis ataupun manual agar mencukupi kualitas tegangan beban-beban listrik. Tegangan sekunder atau tegangan keluaran harus mampu dirubah sesuai kebutuhan. Agar terpenuhi, jadi untuk salah satu atau dari kedua sisi pada belitan trafo dibuatkan penyadap (Tap) yang digunakan untuk menjadi perubah dari perbandingan transformasi.

Gangguan Hubung Singkat Dua fasa (Line To Line Fault)



Gambar 2. Gangguan hubung singkat dua fasa

Gangguan ini sering terjadi karena terputusnya kawat penghantar fasa di tengah pada distribusi dan transmisi dengan pengaturan yang disusun vertikal. Ada kemungkinan lain penyebab gangguan ini diantaranya *black flashover* antara dua buah kawat penghantar fasa dan tiang sekaligus pada saat tiang distribusi dan transmisi memiliki tahanan kaki tiang tinggi yang tersambar petir dan kerusakan isolator dapat menjadi pemicu terjadinya gangguan ini (Forstner et al, 2021). Jika gangguan arus tanpa melewati suatu impedansi maka persamaannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

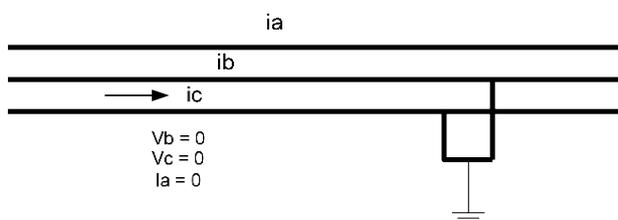
$$I_A = \frac{E_a}{Z_1 + Z_2} \quad (2)$$

Keterangan :

- V_b = Tegangan fasa b (v)
- V_c = Tegangan fasa c (v)
- I_a = Gangguan arus fasa a (A)
- I_b = Gangguan arus fasa b (A)

Gangguan Hubung Singkat Dua fasa ke Tanah (Line-Line to Ground Fault)

Ketika terjadi gangguan pada arus ini biasanya disebabkan oleh dua phase atau dua kawat yang terjadi gangguan terhubung pada tanah atau ke netral pada saat sistem pertanahan tiga fasa.



Gambar 3. Gangguan Hubung Singkat Dua Phase ke Tanah

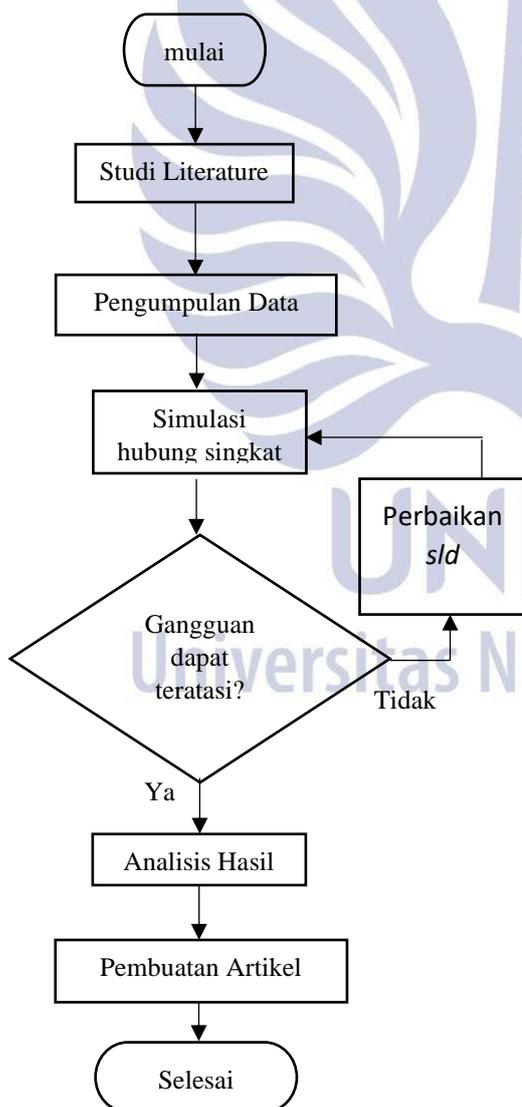
Untuk gangguan 2 fasa pada tanah tanpa melewati suatu impedansi maka persamaannya dapat dijelaskan sebagai berikut :

Transformator penurun tegangan pada kawasan industri sangat umum jika digunakan Tap Changer kemudian dioperasikan pada saat transformator berbeban (Tasian, 2017). Beberapa bagian *on load tap changer* ialah selektor switch, divener switch dan transisi resistor.

Tujuan dari penelitian ini ialah perneliti ingin mengetahui besarnya gangguan arus hubung singkat menggunakan *software* ETAP versi 12.6.0 dan menggunakan hasil dari simulasi tersebut untuk dijadikan penentu dari kesesuaian kapasitas pemutus PMT (*Circuit Breaker*) pada bus PDB-ST-154 serta menganalisis tegangan yang terjadi pada bus yang dekat dengan beban listrik lainnya seperti bus PDB-ST-KWS dan PDB-ST-229 apabila terjadi gangguan hubung singkat pada bus PDB-ST-154 supaya mampu di atasi dengan maksimal.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode analisis data deskriptif kualitatif dengan menggunakan data – data yang telah di dapat.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

a. Studi literature

Melaksanakan kajian secara teoritis berkaitan dengan tugas akhir ini dari beberapa referensi seperti karya ilmiah, buku, internet dan sosial media lainnya.

b. Pengumpulan data.

Melaksanakan pengambilan sekaligus mengumpulkan data yang diperlukan untuk diolah pada penelitian ini dengan cara melakukan wawancara serta diskusi dengan pihak industri. Pada penelitian ini data yang dibutuhkan berupa data untuk pembuatan diagram *single line* dari sistem tenaga listrik di PT. Pertamina Ep Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok. Berikut data – data yang didapat dalam pembuatan *single line* diagramnya ada Empat trafo tersebut dilengkapi dengan tap changer transformator yang mampu untuk mengubah tegangan sekunder sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan atau tanpa mengubah besar tegangan primernya agar traffo dapat beroperasi secara maksimal yang disertai dengan berbagai macam penghantar dalam sistem tersebut dan berbagai macam beban listrik dengan spesifikasi tertentu setiap unitnya untuk melakukan fungsinya dalam menjalankan program yang telah di atr didalamnya.

Tabel 1. Spesifikasi Transforamtor 3 Fasa

ID	KVA	KV
TR-KWS-1	150	20/0.4
TR-ST-154	250	20/0.4
TR-ST-229	250	20/0.4
TR-ST-230	250	20/0.4

(Sumber : Data *Single Line Diagram* PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu Distri Ledok)

Tabel 2. Panjang kabel penghantar

ID	Panjang (m)
P-LP-SP1	25
P-PLN-02	25
P-TR-154#1	786
P-TR-154#2	10
P-TR-229#1	50
P-TR-229#2	10
P-TR-230#1	667
P-TR-230#2	10
P-TR-KWS#1	25
P-TR-KWS#2	10
P-TX-01	1680
P-WS-MECH	50
P-WS-PROWOWS	150
P-WS-WOWS	50

(Sumber : Data *Single Line Diagram* PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok)

Analisis Hubung Singkat Pada Sistem Distribusi 20 kV PT. Pertamina Ep Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok Menggunakan ETAP 12.6.0

Tabel 3. Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa

ID	KVA	kW	KVAR	PF %
PM-L1.54	66,5	30	28,817	91
PM-L.169	66,5	30	28,927	91
PM-L.177	66,5	30	29,005	91
PM-L.207	66,5	30	28,281	91
PM-L.221	66,5	30	28,884	91
PM-L.225	66,5	30	28,807	91
PM-L.226	66,5	30	28,855	91
PM-L.229	66,5	30	28,816	91
PM-L.230	66,5	30	28,816	91
PM-LD.04	66,5	30	28,823	91
PM-LD.08	66,5	30	28,971	91
PM-LD.13	66,5	30	28,829	91
PM-LP.01	66,5	30	28,806	91

(Sumber : Data Single Line Diagram PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok)

Tabel 4. Spesifikasi load lumped

ID	KVA	kW	KVAR	PF
LP.WS-MECH	20	17	10,536	85
LP.WS-WOWS	20	17	10,536	85
LP.SP.01	20	17	10,536	85
LP.WS-K.PROWWS	20	17	10,536	85

(Sumber : Data Single Line Diagram PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok)

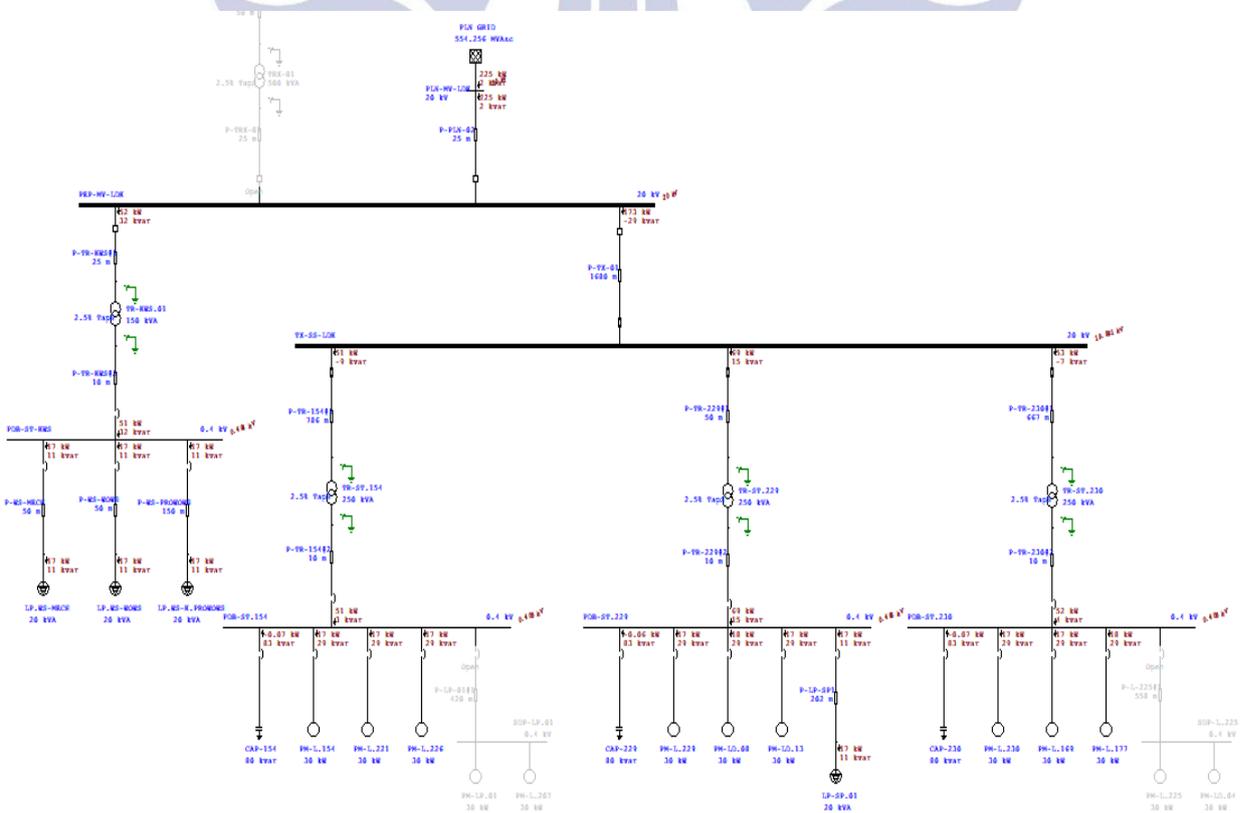
c. Analisis data

Hasil dari data yang telah didapatkan akan disimulasikan pada *software* ETAP versi 12.6.0 sebagai penunjang dalam menganalisis bear arus gangguan hubung singkat pada bus tertentu dijadikan sebagai lokasi tempat terjadinya gangguan. Hasil dari analisis yang didapatkan kemudian ditampilkan pada lembar laporan manager pada *software* ETAP versi 12.6.0 kemudian diambil kesimpulan hasil dari laporan manager yang telah ditampilkan.

d. Peralatan pendukung penelitian

Alat yang digunakan sebagai penunjang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Seperangkat komputer atau laptop yang digunakan untuk melakukan simulasi *software* ETAP versi 12.6.0.
2. *Software* ETAP Power Station versi 12.6.0 yang dipergunakan untuk menganalisis gangguan arus hubung singkat dalam sistem kelistrikan yang telah di rancang.
3. Mesin cetak (printer) digunakan sebagai pencetak hasil penelitian dalam bentuk laporan pada penelitian ini.



Gambar 6. Single Line Diagram PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok
(Sumber : PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi Short Circuit Pada Bus PDB-ST-154

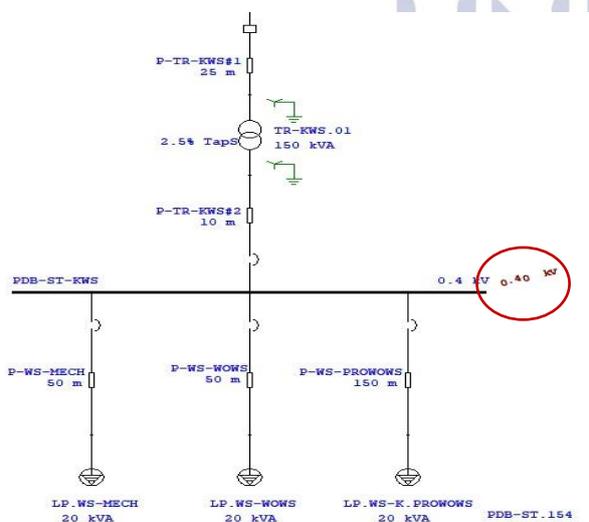
Tabel 6. Hasil analisis Short Circuit pada Bus PDB-ST-154

Jenis gangguan	Kv	Short Circuit Current (kA)		
		I ^{"k}	I _p	I _k
3-Phase	0.4	11.033	18.103	8.596
L-L-G	0.4	10.686	17.533	10.686
2- Phase	0.4	9.139	14.995	9.139
L-G	0.4	9.978	16.371	9.978

Setelah melihat hasil simulasi di atas, dapat dilihat bahwa pada bus PDB-ST-154 arus hubung singkat tiga fasa sama (I^{"k}) ialah 11,033 kA serta arus hubung singkat puncaknya (I_p) sebesar 18,103 kA. Pada gangguan arus jenis 2 fasa ke tanah sebesar 10,686 kA serta arus hubung singkat puncaknya (I_p) sebesar 17.533 kA. Pada gangguan arus jenis 2 fasa sebesar 9,139 kA dengan arus gangguan hubung singkat puncaknya (I_p) sebesar 14.995 kA dan pada gangguan arus jenis satu fasa ke tanah sebesar 9.978 kA dengan gangguan arus hubung singkat puncaknya (I_p) sebesar 9.978 kA. Dengan hasil yang demikian gangguan terbesar adalah pada jenis gangguan 3 fasa dengan besar 11,033 kA dengan gangguan arus puncaknya sebesar 18,103 kA. Maka peralatan pemutus tenaga harus > 18,103 kA. Rating 20 kA yang tersedia dipasaran merupakan rating yang sesuai dengan hasil simulasi ETAP yang telah dilakukan.

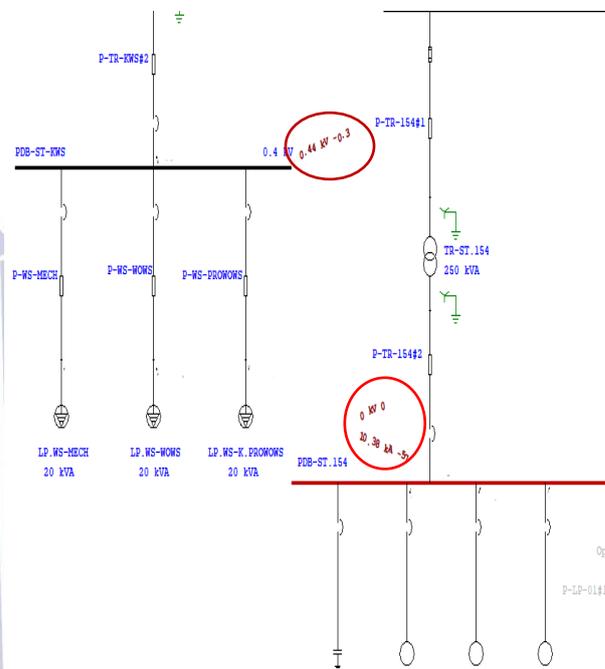
Analisis Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Pada Bus PDB-ST-154

1. Analisis Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Pada Bus PDB-ST-154 terhadap tegangan bus PDB-ST-KWS



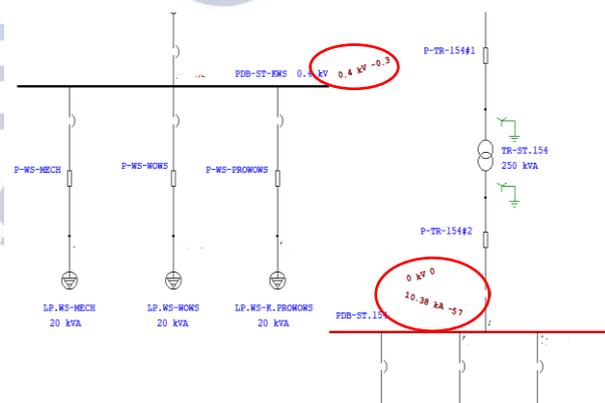
Gambar 7. Kondisi Normal bus PDB-ST-KWS (Sumber : PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok)

Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Bus PDB-ST-154 Terhadap Tegangan pada Bus PDB-ST-KWS. Pada keadaan normal tegangan pada bus PDB-ST-KWS adalah 0,4 kV setelah melewati transformator KWS-1 yang memiliki tegangan primer 20 kV dan tegangan sekunder sebesar 0.4 kV. Pada bus PDB-ST-KWS terdapat 3 beban berupa beban motor dan beban statik.



Gambar 8. Kondisi bus PDB-ST-KWS saat gangguan pada bus PDB-ST-154

Akan tetapi jika terjadi sebuah gangguan hubung singkat tiga fasa pada bus PDB-ST-154, tegangan pada bus PDB-ST-KWS mengalami kenaikan sehingga menjadi 0,44 kV yang dapat membuat peralatan listrik mengalami gangguan.



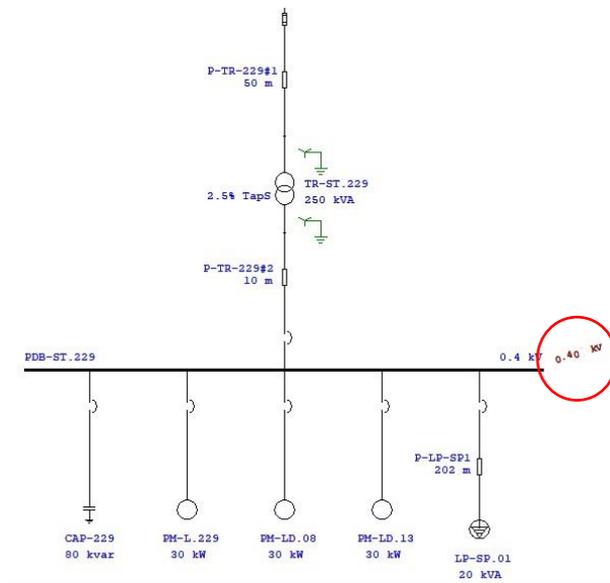
Gambar 9. Kondisi setelah tap trafo KWS-1

Gangguan yang terjadi pada beban listrik di bus PDB-ST-KWS yang dikarenakan kenaikan nilai tegangan dapat menyebabkan kerusakan sehingga diperlukan cara untuk menanganinya yaitu dengan cara tap changer transformator untuk mengembalikan tegangan pada kondisi yang normal. Untuk bus PDB-ST-

Analisis Hubung Singkat Pada Sistem Distribusi 20 kV PT. Pertamina Ep Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok Menggunakan ETAP 12.6.0

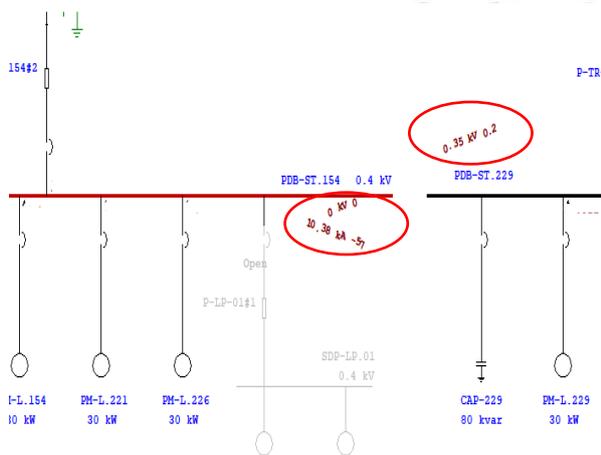
KWS dilakukan tap changer transformator yang mengubah tegangan sekundernya menjadi 0,418 kV untuk mendapatkan nilai tegangan normal seperti biasanya yaitu sebesar 0.4 kV.

2. Analisis Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Pada Bus PDB-ST-154 terhadap tegangan bus PDB-ST-KWS



Gambar 10. Kondisi Normal Bus PDB-ST-229 (Sumber : PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok)

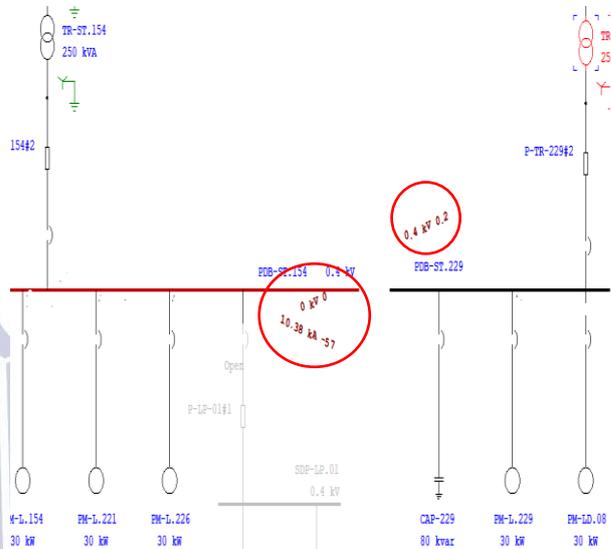
Analisis Gangguan Hubung Singkat 3 fasa pada Bus PDB-ST-154 Terhadap Tegangan pada Bus PDB-ST-229. Pada keadaan normal tegangan pada bus PDB-ST-KWS adalah 0,4 kV setelah melewati transformator ST-229 yang memiliki tegangan primer 20 kV dan tegangan sekunder sebesar 0.4 kV dan 250 kvA.



Gambar 11. Kondisi Bus PDB-ST-229 Saat Terjadi Gangguan pada Bus PDB-ST-154

Akan tetapi jika terjadi sebuah gangguan hubung singkat pada bus PDB-ST-154, tegangan pada bus PDB-

ST-229 mengalami penurunan sehingga menjadi 0,35 kV yang dapat membuat peralatan listrik mengalami gangguan.



Gambar 12. Kondisi Setelah Tap Changer Trafo ST-229

Gangguan yang terjadi pada beban listrik berupa motor-motor induksi di bus PDB-ST-229 yang dikarenakan penurunan nilai tegangan dapat menyebabkan kerusakan sehingga diperlukan cara untuk menanganinya yaitu dengan cara tap changer transformator untuk mengembalikan tegangan pada kondisi yang normal. Untuk bus PDB-ST-229 dilakukan tap changer transformator yang mengubah tegangan sekundernya menjadi 0,418 kV untuk mendapatkan nilai tegangan normal seperti biasanya yaitu sebesar 0.4 kV sehingga beban motor dapat bekerja normal seperti biasanya dan maksimal

PENUTUP

Kesimpulan

Untuk meningkatkan keandalan sistem distribusi 20 kV pada PT. Pertamina EP Asset 4 Field Cepu Distrik Ledok apabila terjadi sebuah gangguan arus hubung singkat 3 fasa pada bus PDB-ST-154 perlu dipasangkan *circuit breaker* yang sesuai antara kapasitas pemutus tenaga dengan besar gangguan maksimal arus maksimal yang terjadi.

Pada bus PDB-ST-154 gangguan arus hubung singkat terbesar adalah 11,033 kA dan arus gangguan puncaknya sebesar 18,103 kA. Jadi peralatan yang dipergunakan sangat perlu memiliki rating > 18,103 kA serta rating pemutus tenaga yang paling dekat ialah 20 kA yang sudah tersedia dipasaran.

Hubung singkat yang terjadi pada bus satu dapat mempengaruhi besar tegangan pada bus yang lainnya, hal ini dikarenakan arus yang mengalir menuju bus-bus lainnya berubah dan tidak normal seperti biasanya. Akan tetapi hal tersebut dapat ditingkatkan sistem

keandalannya dengan memasang sakelar pemutus (*circuit breaker*) dengan kapasitas yang sesuai supaya aliran hubung singkat dapat terhentikan pada lokasi terjadinya gangguan. Setelah gangguan arus hubung singkat berhenti tahap selanjutnya yaitu melakukan tap changer trafo yang terhubung dengan bus yang tidak mengalami gangguan agar tegangan keluar trafo dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Saran

Pemasangan CB sebesar 20 kA pada bus PDB-ST-154 pada distribusi 20 kV PT Pertamina EP Aseet 4 *Field* Cepu distrik Ledok untuk keamanan operasinya. Evaluasi terhadap pengaturan tap pada transformator distribusi 20 kV PT Pertamina EP Asset 4 *Field* Cepu Distrik Ledok diperlukan supaya transformator distribusi tetap dapat bekerja dengan maksimal walau terjadi arus hubung singkat pada sistem distribusinya. Penelitian ini menggunakan *software* ETAP versi 12.6.0 saja dan dapat dikembangkan dengan menggunakan *software* aplikasi yang lain seperti matlab dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfianto, R. 2015. Evaluasi Penggunaan Pemutus Tenaga (PMT) pada Gardu Induk Sungai Juaro Palembang. Thesis, *Politeknik Negeri Sriwijaya*, 10(1): 6–35.
- Badaruddin, B. 2017. Analisa Gangguan Hubung Singkat Dengan Menggunakan Etap 12.6.0 pada Pt X. *Jurnal Teknik*, 7(1): 7 - 14.
- Bonggas, L. T. 2012. Peralatan Tegangan Tinggi. Jakarta : Erlangga.
- Calnela, C., Suyitno, & Arif Raharjo, I. 2020. Analisis Hubung Singkat pada Gardu Induk 150/20 Kv (Studi Kasus di Gardu Induk Gandul, Cinere). *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, 4(2): 53–59.
- Forstner, G., A. Kugi & W. Kemmetmuller. 2021. Fault-Tolerant Torque Control of a Three-Phase Permanent Magnet Synchronous Motor with Inter-Turn Winding Short Circuit. *International Journal of Electrical Power and Energy System* 7(4): 6135 - 6222.
- Kumolo, C. 2016. Analisis Aliran Beban pada Sistem Tenaga Listrik di KSO Pertamina EP – GEO Cepu Indonesia Distrik 1 Kawengan menggunakan *Software* ETAP 12.6. *Jurnal Teknik Elektro*, 1(1):1–15.
- Mathur, A., Pantair Vello., & Dasseh . 2015. Electrical Power and Energy Systems Unsymmetrical Short-Circuit Analysis for Distribution System Considering Loads. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 4(2): 27–38.
- Moura, A. P., Lopes, J. A. P., & De Moura, A. A. F. 2015. Sequence Networks to the Calculation of Two-Simultaneous Faults at the Same Location. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 69:414–420.
- Nurdiana, N. 2016. Analisa Gangguan Arus Hubung Singkat Pada Penyulang Nakula Gardu Induk Talang Kelapa. *Jurnal Ampere*, 1(1): 26–35.
- Qi Shancheng, Chang & Cao lilu. 2021. Transient Discharge Characteristics of Insulator Short-Circuit Under High Voltage. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 7(4):5175 - 5181.
- Tasian, F.J. 2017. *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*. Yogyakarta ; TEKNOSAIN.
- Xan Wu & Young Jiao . 2016. The Status of Partial Discharge Detection in Power Transformers. *Journal of Engineering Technology Development*, 1(1):206 – 212.
- Youssef, Karim Hassan & Aboulenein Fathy M. 2016. Analysis of Simultaneous Unbalanced Short Circuit and Open Conductor Faults In Power Systems with Untransposed Lines and Six-Phase Sections. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 7(4):360- 377.
- Zuhail, 1991. *Dasar Sistem Tenaga Listrik*. ITB : Bandung