

# Simulasi Aliran Daya pada Perencanaan Penambahan Beban Tiga Unit Pompa PCP pada PHM menggunakan ETAP 12.6

Liberty Ganis Sanjaya<sup>1</sup>, A. Asni B<sup>2</sup>, Imron<sup>3</sup>

Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Balikpapan  
Jln. Pupuk Raya Gn. Bahagia Balikpapan 76114 INDONESIA  
Email: <sup>1</sup>Libertyganis94@gmail.com

**Abstract**— *The installation of new load is a form of development of the electric power system. PHM (Pertamina Hulu Mahakam) site HCA plans to install new loads, three PCP pump units. This study aims to re-evaluate the PCP electrical system to determine whether the cable that will be used is safe and in accordance with the standards applicable in PHM, namely General specification (GS-EP-ELE-001). This research method is by simulating power flow and short circuit simulation by using ETAP 12.6 software. The results show that the N2XKBY/4C cable with a cross-sectional area of 70 mm<sup>2</sup> and 240 mm<sup>2</sup> is able to meet the current requirements for three PCP pump units. Voltage drop in normal or steady state conditions are PCP1 3.65%, PCP2 3.35% and PCP3 2.72%. Voltage drop in motor starting conditions are PCP1 7.22%, PCP2 6.63% and PCP3 5.42%. While the three-phase short circuit current on the bus JB-1B-P 2.32 kA, bus 1\_VS 0.855 kA, bus 2\_VS 1.34 kA and bus 3\_VS 0.936 kA. All the results meet the PHM applicable standards.*

**Intisari**— Penambahan beban adalah salah satu bentuk perkembangan sistem tenaga listrik. PHM (Pertamina Hulu Mahakam) site HCA berencana melakukan penambahan beban tiga unit pompa PCP. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ulang sistem kelistrikan PCP untuk penentuan kelayakan kabel yang akan digunakan apakah aman dan sesuai dengan standar yang berlaku di PHM yaitu *General Specification (GS-EP-ELE-001)*. Metode penelitian yaitu dengan melakukan simulasi aliran daya dan simulasi hubung singkat menggunakan *software ETAP 12.6*. Hasil penelitian, kabel N2XKBY/4C dengan luas penampang 70 mm<sup>2</sup> dan 240 mm<sup>2</sup> mampu memenuhi kebutuhan arus untuk tiga unit PCP. Drop tegangan dalam kondisi normal PCP1 3.65%, PCP2 3.35% dan PCP3 2.72%. Drop tegangan dalam kondisi *starting* PCP1 7.22%, PCP2 6.63% dan PCP3 5.42%. Sedangkan arus hubung singkat tiga fasa yaitu pada bus JB-1B-P 2.32 kA, bus 1\_VS 0.855 kA, bus 2\_VS 1.34 kA dan bus 3\_VS 0.936 kA. Seluruh hasilnya memenuhi standar yang berlaku di PHM.

**Kata Kunci**— simulasi aliran daya, simulasi hubung singkat, ETAP 12.6.

## I. PENDAHULUAN

Pertamina Hulu Mahakam merupakan salah satu perusahaan produksi minyak dan gas alam. PHM berencana melakukan penambahan beban tiga unit pompa PCP (*Progressing Cavity Pump*) dengan penggerak motor listrik di *site HCA* untuk meningkatkan produksi minyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ulang sistem kelistrikan PCP untuk penentuan kelayakan kabel yang akan digunakan apakah sesuai dengan

standar spesifikasi yang di PHM yaitu *General specification (GS-EP-ELE-001)*. Metode penelitian ini dilakukan dengan simulasi aliran daya untuk menganalisa drop tegangan pada saat pembebanan normal dan kondisi *starting*, juga simulasi hubung singkat menggunakan ETAP 12.6.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa contoh penelitian terhadap aliran daya dan hubung singkat pada sistem tenaga listrik, baik untuk mengetahui nilai jatuh tegangan maupun nilai hubung singkat:

1. R. Kurniawan, S. Hani dan S. Kristiyana (2019) “Analisa Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik di PT. Kirana Megatara”[1]
2. M. A. Mahardinata, P. Aries dan D. A. Sri (2020) “Perhitungan Drop Tegangan Sistem Distribusi menggunakan Metode Aliran Daya”[2]
3. Badaruddin dan M. I. Arsyad (2016) “Analisa Gangguan Hubung Singkat pada PT. X”[3]
4. V. B. Saputra (2016) “Analisis Gangguan Hubung Singkat pada Sistem Tenaga Listrik di KSO Pertamina EP-Geo Cepu Distrik Kawangan”[4]

Penelitian terdahulu memiliki persamaan yaitu melakukan simulasi analisa aliran daya untuk mencari nilai drop tegangan dan simulasi hubung singkat untuk mencari nilai arus hubung singkat menggunakan *software ETAP*. Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan peneliti saat ini yaitu lokasi dan objek penelitian.

### A. Kabel Penghantar

Penghantar merupakan sebuah benda dengan bentuk logam atau bukan logam yang terdapat sifat konduktor yakni bisa menyalurkan arus listrik dari sebuah titik menuju titik lainnya. Penghantar bisa berbentuk kabel maupun kawat penghantar yang berguna menyalurkan arus listrik [5].

### B. Penentuan Pemilihan Kabel Penghantar

Pemilihan luas penampang kabel penghantar berlandaskan patokan listrik Nasional Indonesia yaitu SNI PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 2011, yang pada hakikatnya mengacu juga pada patokan listrik internasional yaitu IEC (*International Electrotechnical Commission*)[6].

#### 1) Ampacity (kemampuan hantar arus)

$$\text{Cable Ampacity} \geq 1.25 \times I \text{ nominal}$$

Keterangan:

$I_{nominal}$  = arus nominal (A)

- 2) Drop tegangan sesuai standar toleransi
- 3) *Short circuit Withstand Capability*  
 $Minimum\ cable\ size = [I_{sc} \times \sqrt{t}] / k$

Keterangan:

- $I_{sc}$  : Arus hubung singkat dalam ampere
- $t$  : durasi hubung singkat, 0.04 untuk proteksi fuse, 0.06 untuk MCCB
- $k$  : konstanta, konduktor tembaga dengan isolasi XLPE = 135

### C. Progressive Cavity Pump

PCP ialah peralatan yang dipakai dalam melaksanakan *lifting* minyak dari sumur-sumur produksi. PCP bisa dipakai untuk seluruh macam fluida bahkan sampai fluida dengan viskositas tinggi.

PCP adalah salah satu pompa *positive displacement* atau perpindahan positif. Pompa ini memakai skema *rotary* (pompa putar) yang akan memunculkan imbas vakum untuk mengevakuasi fluida dari sisi inlet menuju sisi outlet. Pompa ini tersusun dari 2 elemen utama yakni Rotor dan Stator. Penggerak mula yang biasa dipakai ialah motor listrik yang ditautkan dengan *drive assembly* dengan diperantarakan oleh *V-belt* [7].

### D. Drop Tegangan

Drop tegangan yaitu banyaknya rugi tegangan yang muncul melewati semua atau sebagian rangkaian karena impedansi. Drop tegangan umumnya dinyatakan dalam satuan volt maupun persen. Saat arus mengalir kabel, muncul jatuh tegangan dalam rangkaian listrik. Panjang rangkaian atau panjang kabel berbanding lurus dengan banyaknya tegangan yang hilang [8].

Drop tegangan bisa diminimalisir dengan cara:

- 1) Pemilihan atau penggantian dengan ukuran konduktor penghantar yang lebih besar atau diameter (luas penampang) yang lebih besar.
- 2) Pemilihan konduktor penghantar dengan tahanan jenis kecil.
- 3) Paralel kabel agar besar arus yang melewati masing-masing kabel berkurang.
- 4) *Tapping* trafo, tegangan output dikoreksi atau disesuaikan terlebih dahulu.

Studi analisa jatuh tegangan juga berhubungan dengan rancangan spesifikasi kabel, perbaikan drop tegangan jaringan, dan studi kualitas daya. Persamaan perhitungan jatuh tegangan [26]:

$$\Delta V = I (R \cos\phi + X \sin\phi)$$

Keterangan:

- $\Delta V$  : Jatuh tegangan (V)
- $I$  : Arus (A)
- $R$  : Resistansi ( $\Omega$ /km)
- $X$  : Reaktansi ( $\Omega$  /km)
- $\cos\phi$  : Faktor daya

$\sin\phi$  : Faktor reaktif

### E. Standar Toleransi Drop Tegangan

Standar spesifikasi kelistrikan yang digunakan di PHM adalah mengikuti *General Specification*, sedangkan referensi GS adalah IEC. Standar spesifikasi untuk drop tegangan tertulis dalam GS-EP-ELE-001: *Electrical Design Criteria* yang sesuai dengan IEC 60364-5-52 menyatakan bahwa drop tegangan paling tinggi yang diperbolehkan di instalasi sistem distribusi listrik ialah 5%. GS-EP-ELE-001 juga menyatakan batas drop tegangan yang diperbolehkan untuk motor dalam kondisi *starting* yaitu 15% [9]

### F. Gangguan Hubung Singkat

Hubung singkat menurut IEC 60909 maknanya ialah tercipta jalur konduktif yang tak terencana maupun terencana antara 2 atau banyak bagian konduktif atau dengan tanah, yang menimbulkan berlainannya tegangan (potensial) listrik antara bagian konduktif tersebut menjadi sama atau mendekati nol. Koneksi abnormal antara dua node pada jaringan listrik dengan tegangan yang berlainan [3].

### G. Jenis-jenis Gangguan Hubung Singkat

$$I = V / Z$$

- 1) Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Simetris

Misalkan,  $E = V_{pp} / \sqrt{3}$

$$I_{f3\phi} = E / Z_1$$

- 2) Gangguan Hubung Singkat Ganda

$$I_{f2\phi} = \sqrt{3} E / Z_1 + Z_2$$

- 3) Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

$$I_{f1\phi-ground} = 3 E / Z_1 + Z_2 + Z_0$$

- 4) Gangguan Hubung Singkat Ganda ke Tanah

$$I_{f2\phi-ground} = 3 E / Z_1 + (Z_2 // Z_0)$$

dimana,  $Z_2 // Z_0 = (Z_0 \times Z_2) / Z_0 + Z_2$

Keterangan:

- $E$  : Tegangan fasa ke netral (V)
- $V_{pp}$  : Tegangan fasa ke fasa (V)
- $I_{f3\phi}$  : Arus hubung singkat tiga fasa (A)
- $I_{f2\phi}$  : Arus hubung singkat ganda atau dua fasa (A)
- $I_{f1\phi-ground}$  : Arus hubung singkat satu fasa ke tanah (A)
- $I_{f2\phi-ground}$  : Arus hubung singkat dua fasa ke tanah (A)
- $Z_1$  : *Positive sequence impedance* ( $\Omega$ )
- $Z_2$  : *Negative sequence impedance* ( $\Omega$ )
- $Z_0$  : *Zero sequence impedance* ( $\Omega$ )

### H. Electrical Transient Analysis Program (ETAP)

ETAP merupakan *software* yang terkait dengan sistem tenaga listrik. ETAP tepat digunakan untuk membuat simulasi guna meninjau nilai aliran daya, drop tegangan, perhitungan *short circuit*, dan meninjau transient pada operasi *switching surge* dan pemodelan lainnya [10]. Dalam penggunaannya di penelitian kali ini, setelah melakukan simulasi menggunakan ETAP kita dapat memperoleh aliran daya, drop tegangan dan hasil nilai arus ketika terjadi hubung singkat di bus-bus yang kita tentukan.

I. Metode Newton Raphson

Metode *Newton Raphson* memecahkan masalah aliran daya yaitu dengan menggunakan seperangkat persamaan non-linier untuk menghitung besar tegangan dan sudut fasa tegangan setiap busbar. Rancangan metode *Newton Raphson* ialah dengan penggunaan turunan [10]. Pemecahan persamaan aljabar non linier pada metode *Newton Raphson* menggunakan kuadratis konvergen untuk proses iterasi. Ini memberikan keuntungan untuk masalah konvergensi.

$$\begin{bmatrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{bmatrix} k = \begin{bmatrix} H & N \\ J & K \end{bmatrix} k \begin{bmatrix} \Delta \delta \\ \frac{\Delta |V|}{|V|} \end{bmatrix} k$$

Submatrik H, N, J, L memperlihatkan turunan parsial dari persamaan aliran daya terhadap |V| dan δ, dimana matrik tersebut dinyatakan matrik *Jacobian*.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data-data di Pertamina Hulu Mahakam, HCA Field (*Handil Central Processing Area*). Lapangan minyak HCA adalah salah satu unit pengolahan dari empat lapangan yang terletak di wilayah kerja Delta Sungai Mahakam. Lokasinya terletak di pertengahan antara *South area* (Tunu, Tambora, Sisi Nubi) dan *BSP area* (Bekapai dan Senipah).

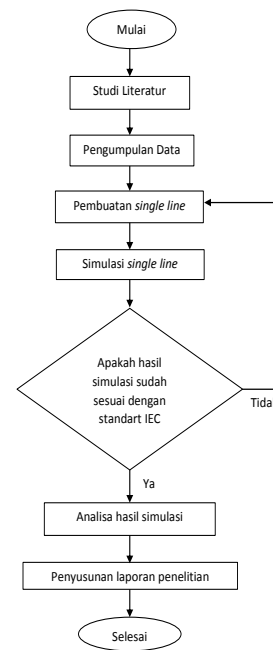
Waktu penelitian mulai persiapan hingga evaluasi akhir proses penelitian terhitung mulai tanggal 1 Maret 2022 sampai dengan 31 Agustus 2022.

B. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data secara langsung di lapangan dan dari studi dokumen resmi perusahaan. Data-data diambil berdasarkan spesifikasi dari peralatan yang terpasang di lapangan. Data yang dibutuhkan berkaitan dengan *single line diagram* (SLD), data spesifikasi transformator, data spesifikasi unit PCP, data spesifikasi kabel dan lainnya.

C. Jalannya Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi ulang keamanan sistem kelistrikan setelah penambahan beban tiga unit pompa PCP di *cluster* HL-A dan HL-B, yaitu dengan mengetahui nilai drop tegangan dan nilai arus hubung singkat. Simulasi dilakukan menggunakan *software* ETAP 12.6. Pada penelitian ini dilakukan tahapan-tahapan sesuai diagram alir, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar. 1 Diagram Alir Penelitian

D. Metode Analisis Data

Metode Analisis yang digunakan untuk mengetahui drop tegangan dan arus hubung singkat pada perencanaan penambahan beban tiga unit pompa PCP pada PHM *site* HCA yaitu dengan metode simulasi aliran daya dan simulasi hubung singkat menggunakan hasil perhitungan komputasi dari *software* ETAP 12.6. Hasil simulasi berupa gambar dan data angka akan ditabulasi, kemudian dideskripsikan. Berikut adalah tahapan dalam membuat simulasi untuk analisis aliran daya dan hubung singkat dengan data-data yang ada menggunakan *software* ETAP 12.6:

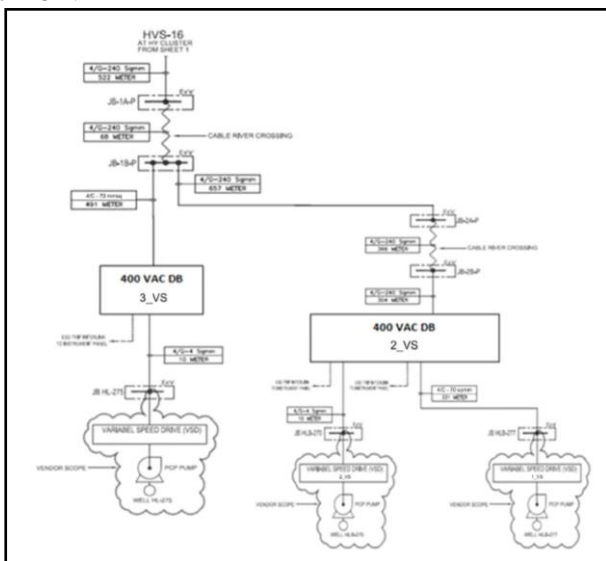
- 1) Menjalankan ETAP 12.6 dan pada menu 'file' pilih 'new project'.
- 2) Pada tampilan 'create new project' isi kolom 'name' dan tentukan tempat penyimpanan pada bagian 'directory'. Unit system yang akan kita gunakan adalah 'metric' (50 Hz).
- 3) Kemudian melakukan pengisian data pada tampilan 'user information'
- 4) Pada menu 'project' pilih 'project standards' dan sesuaikan standar (IEC), frekuensi dan sistem unit.
- 5) Perancangan *single line diagram* (pemodelan sistem) pada lembar kerja ETAP, sesuai dengan rencana konfigurasi kelistrikan penambahan beban PCP pada PHM *site* HCA. Komponen atau elemen yang dibuat muulai dari sumber seperti *Power grid*, Transformator, *Busbar*, Kabel tegangan rendah hingga Beban pompa.
- 6) Memasukkan (input data) parameter untuk setiap elemen.
  - Power Grid* : jenis koneksi (jumlah fasa), *rated* kV, MVAsc (*rating* hubung singkat), jenis *earthing*, dan lainnya.
  - Transformator: *voltage rating*-kV (tegangan primer dan sekunder), *power rating*-MVA, % Z (impedansi), X/R, *class* dan lainnya.
  - Bus : nominal kV.

- Kabel : jumlah konduktor atau fasa, panjang, luas penampang kabel, *library cable* (unit, frekuensi, jenis konduktor, kV, % class, 3/C jumlah inti konduktor, jenis isolasi),  $\Omega$ /km, dan lainnya.
- Beban : jenis koneksi (jumlah fasa), *rating MVA*, *rated kV*, arus, % PF (*power factor*), dan lainnya.
- 7) Setelah pemodelan sistem selesai dibuat, selanjutnya masuk mode *load flow* untuk mengetahui drop tegangan, dengan cara klik icon '*Load Flow Analysis*' pada *toolbar*.
  - 8) Pilih metode perhitungan dengan cara klik '*load flow study case*'.
  - 9) Menjalankan simulasi aliran beban dengan cara klik '*run load flow*'.
  - 10) Memilih unit yang diperlukan untuk analisa dengan cara klik '*display options*' (kVA dan arus).
  - 11) Analisa hasil simulasi aliran beban.
  - 12) Kemudian untuk melakukan simulasi hubung singkat dengan cara klik icon '*Short Circuit Analysis*' pada *toolbar*.
  - 13) Tentukan bus yang akan disimulasikan untuk terjadi hubung singkat atau *fault*.
  - 14) Pilih '*Run 3-Phase Device Duty* (IEC 60909)' untuk simulasi hubung singkat tiga fasa.
  - 15) Analisa hasil simulasi hubung singkat.
  - 16) Pembuatan tabulasi hasil simulasi dan pembuatan laporan. Penarikan kesimpulan akhir.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rencana Konfigurasi Kelistrikan

Konstruksi kelistrikan dalam penelitian ini difokuskan pada penentuan ukuran kabel berdasarkan simulasi kebutuhan beban. ETAP 12.6 digunakan untuk mensimulasikan aliran daya dan hubung singkat. Berikut adalah *single line diagram* (SLD) dari rencana konfigurasi kelistrikan 400 VAC ketiga motor pompa *Progressive Cavity Pump* (PCP) di Pertamina Hulu Mahakam site HCA:



Gambar. 2 Single line diagram PCP Project

B. Jalur Kabel Proyek PCP pada Peta

Kabel tegangan rendah (400 VAC) sebagai saluran penghantar ke area instalasi pompa pada 3\_VS, 2\_VS dan 1\_VS akan melewati jalur *cable tray* dan *river crossing*. Berikut adalah rute instalasi kabel motor PCP sesuai rancangan:



Gambar. 3 Rancangan rute instalasi kabel PCP

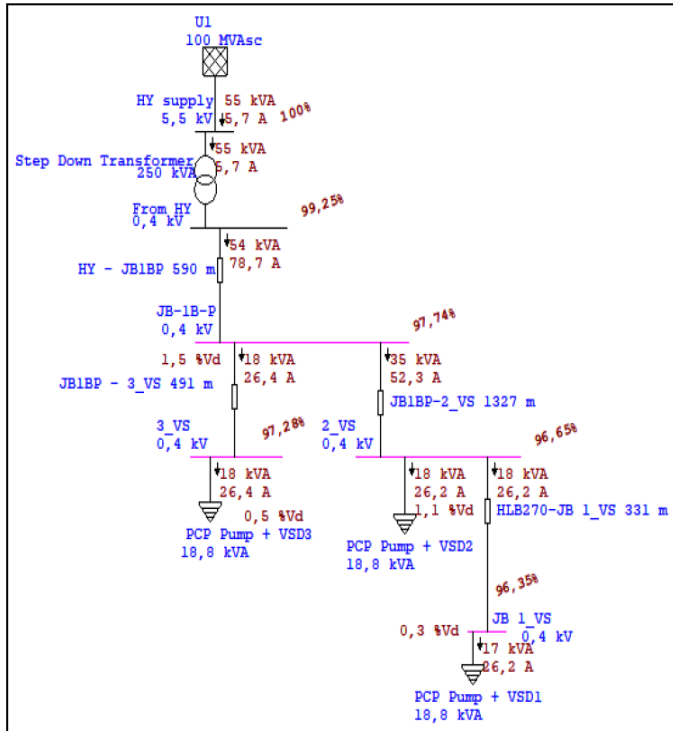
Unit PCP mulai dari yang terdekat dari sumber (cluster HY) hingga yang terjauh, yaitu: Unit PCP 3 terletak di sumur HL-275 (3\_VS), unit PCP 2 terletak di sumur HLB 270 (2\_VS), dan unit PCP 1 terletak di sumur HLB 277 (1\_VS).

Pada gambar 4.2 dapat diketahui ukuran kabel penghantar (*cross section area*), jarak antar bus dan motor, serta panjang kabel penghantar sebagai berikut:

Tabel 1. Keterangan rancangan rute instalasi kabel PCP

Lokasi		Ukuran kabel (mm <sup>2</sup> )	Jarak (m)	Panjang kabel	
dari	menuju			Sub-sea (m)	In cable tray (m)
HY Cl	JB-1B-P	4C x 240	590	68	522
JB-1B-P	3_VS	4C x 70	491	-	491
JB-1B-P	2_VS	4C x 240	1327	399	961
2_VS	1_VS	4C x 70	331	-	331

C. Hasil Simulasi Aliran Daya



Gambar. 4 Hasil simulasi aliran daya pada kondisi normal (steady state)

Tabel 2. Perbandingan arus yang mengalir dengan kapasitas kabel

Kabel		Arus / current flow (A)	KHA, 125% (A)	Kapasitas kabel (A)
dari	menuju			
HY Cl	JB-1B-P	78.7	98.38	501
JB-1B-P	3_VS	26.4	33	254
JB-1B-P	2_VS	52.3	65.38	501
2_VS	1_VS	26.2	32.75	254

Kabel yang digunakan dalam proyek penambahan beban PCP ini adalah kabel dengan jenis N2XKBY/4C dengan ukuran penampang 70 mm<sup>2</sup> memiliki kapasitas arus 254 A sedangkan ukuran penampang 240 mm<sup>2</sup> memiliki kapasitas arus 501 A. Dari Tabel 2 terlihat bahwa kapasitas arus pada kabel yang akan digunakan jauh melebihi KHA yang diperlukan serta mampu memenuhi kebutuhan beban

Berdasarkan hasil simulasi aliran daya pada ETAP 12.6 (Gambar 4), dalam kondisi pembebanan normal (*steady state*) tiga unit PCP terjadi drop tegangan yang ditandai dengan beberapa bus berwarna merah muda yang dalam hal ini mengalami *undervoltage*, namun masih dalam batas *marginal* bukan *critical* (*setting marginal* 98% dan *critical* 95%).

Tabel 3. Tegangan pada tiap bus kondisi normal (steady state)

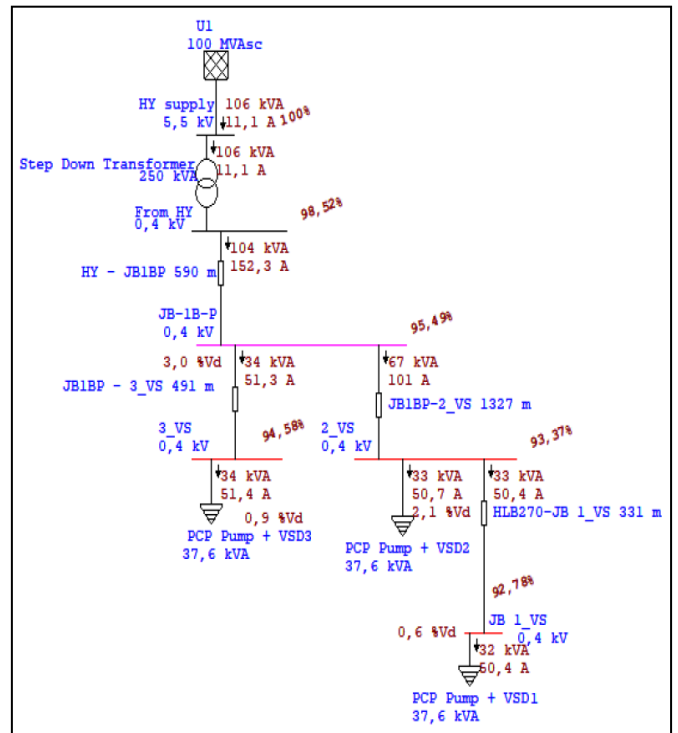
Bus ID	Nominal kV	% Tegangan	Tegangan (V)
JB-1B-P	0.4	97.74	390.96
3_VS	0.4	97.28	389.12
2_VS	0.4	96.65	386.6
1_VS	0.4	96.35	385.4

Tabel 4. Drop tegangan unit PCP kondisi normal (steady state)

Bus ID	UNIT PCP ID	Total %Vd
3_VS	PCP Pump + VSD 3	2.72
2_VS	PCP Pump + VSD 2	3.35
1_VS	PCP Pump + VSD 1	3.65

Berdasarkan hasil simulasi aliran daya ini dapat diketahui bahwa drop tegangan yang terjadi pada saat ketiga unit PCP dalam kondisi pembebanan normal (*steady state*) masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan sesuai standar GS-EP-ELE-001: *Electrical Design Criteria* yaitu di bawah 5%.

Selanjutnya dilakukan simulasi aliran daya pada kondisi motor *starting*. Berikut hasil simulasinya:



Gambar. 5 Hasil simulasi aliran daya pada kondisi motor starting.

Hasil simulasi aliran daya dapat dilihat pada tabel-tabel berikut:

Tabel 5. Tegangan pada tiap bus dalam kondisi motor starting

Bus ID	Nominal kV	% Tegangan	Tegangan (V)
JB-1B-P	0.4	95.49	381.96
3_VS	0.4	94.58	378.32
2_VS	0.4	93.37	360.96
1_VS	0.4	92.78	371.12

Tabel 6. Drop tegangan unit PCP kondisi motor starting

Bus ID	UNIT PCP ID	Total %Vd
3_VS	PCP Pump + VSD 3	5.42
2_VS	PCP Pump + VSD 2	6.63
1_VS	PCP Pump + VSD 1	7.22

Dari Tabel 5 dan 6 diketahui bahwa total drop tegangan di ketiga unit PCP pada kondisi motor *starting* melebihi dari 5%, namun nilai ini masih berada di bawah batas toleransi. Standar batas drop tegangan yang diperbolehkan untuk *starting* motor di PHM mengacu pada GS-EP-ELE-001: *Electrical Design Criteria* adalah sebesar 15%, hanya berlaku untuk pada saat *starting*.

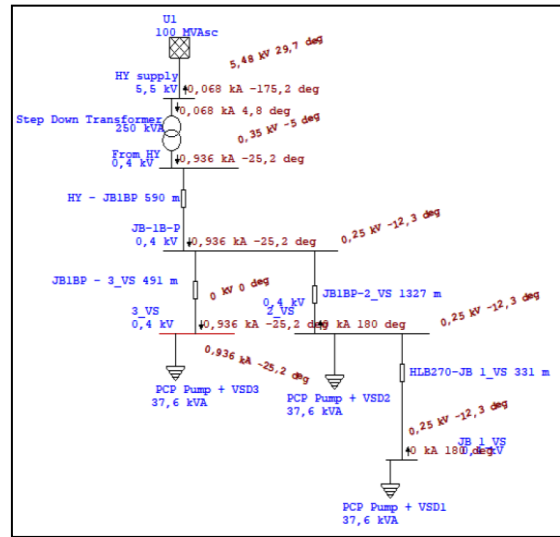
Unit PCP dengan nilai drop tegangan terbesar yaitu PCP 1 (1\_VS) yang terletak sejauh 2248 meter dari sumber dengan %Vd 3.65%, kemudian PCP 2 (2\_VS) yang berjarak 1917 meter dengan %Vd 3.35%, lalu PCP 3 (3\_VS) yang terdekat dengan sumber listrik diantara ketiga unit PCP, yaitu 1081 meter dengan %Vd sebesar 2.72%. Hal ini dipengaruhi oleh panjangnya saluran yang berbanding lurus dengan besar drop tegangan karena impedansi kabel. Impedansi dipengaruhi oleh resistansi dan reaktansi saluran.

**D. Hasil Simulasi Hubung Singkat (short-circuit)**

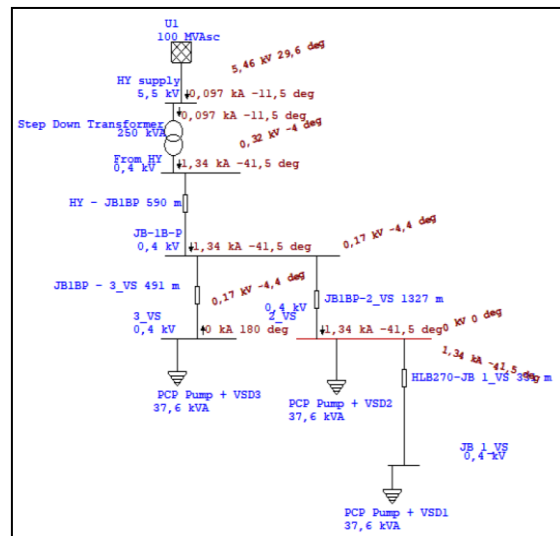
Simulasi hubung singkat ini dilakukan untuk menganalisa apakah *rating* kabel yang terpasang mampu bertahan jika terjadi hubung singkat pada sistem proyek PCP.

Simulasi gangguan yang akan dilakukan adalah hubung singkat simetris yaitu hubung singkat 3 fasa untuk mengetahui berapa besar arus gangguan yang mengalir pada sistem termasuk pada kabel penghantar ketika kondisi hubung singkat terbesar terjadi.

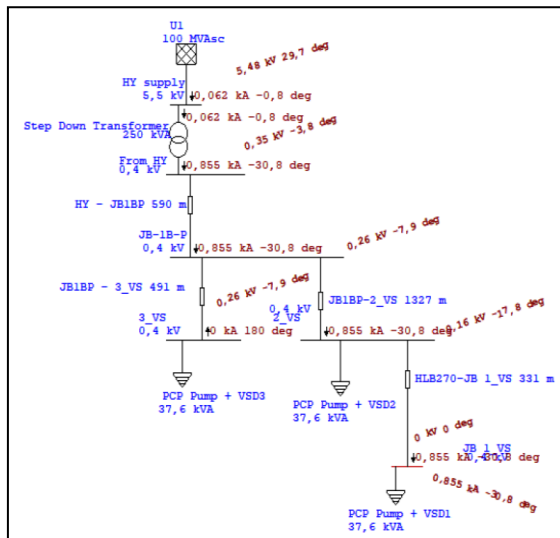
Simulasi hubung singkat dilakukan menggunakan ETAP 12.6 sesuai data *single line diagram* yang ada dengan cara masuk mode ‘*Short Circuit Analysis*’, kemudian menentukan bus yang akan disimulasikan untuk terjadi hubung singkat atau *fault*, dan memilih ‘*Run 3-Phase Device Duty (IEC 60909)*’ untuk simulasi hubung singkat tiga fasa. Simulasi dilakukan dengan pemilihan *fault* bus pada empat bus berbeda secara bergantian.



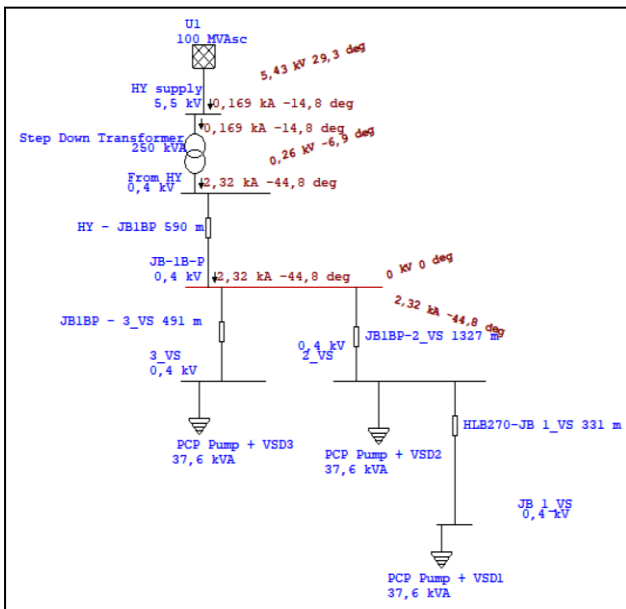
Gambar. 7 Hasil simulasi hubung singkat pada bus 3\_VS



Gambar. 8 Hasil simulasi hubung singkat pada bus 2\_VS



Gambar. 9 Hasil simulasi hubung singkat pada bus 1\_VS



Gambar. 6 Hasil simulasi hubung singkat pada bus JB-1B-P



Hasil simulasi hubung singkat (*short circuit*) 3 fasa pada keempat bus diatas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Hasil simulasi hubung singkat pada tiap bus

Fault bus	Arus SC (kA)	Ukuran Kabel (mm <sup>2</sup> )	Isc Kabel (kA)	Jarak sumber (m)
JB-1B-P	2.32	N2XKBY/4C-240	34.32	590
3_VS	0.936	N2XKBY/4C-70	10.01	1081
2_VS	1.34	N2XKBY/4C-240	34.32	1917
1_VS	0.855	N2XKBY/4C-70	10.01	2248

Berdasarkan gambar dan tabel hasil simulasi, dapat diketahui bahwa arus hubung singkat dengan nilai paling besar berasal dari gangguan hubung singkat pada bus JB-1B-P yaitu mencapai 2.32 kA, kemudian bus 2\_VS dengan arus hubung singkat 1.34 kA, pada bus 3\_VS arus hubung singkat 0.936 kA, sementara bus 1\_VS yang terletak diujung sistem proyek PCP dengan arus hubung singkat 0.855 kA. Kemampuan kabel yang dimaksud dalam tabel adalah arus hubung singkat yang mampu ditahan oleh kabel dalam satu detik (*max short circuit current at 1 second*). Meninjau perbandingan pada tabel 4.8, dalam kondisi gangguan hubung singkat sistem pada proyek PCP ini aman untuk dilengkapi kabel yang telah ditentukan, dengan jenis dan ukuran tersebut. Kemampuan kabel masih jauh melebihi arus gangguan pada setiap bus dalam simulasi hubung singkat.

Berdasarkan hasil simulasi hubung singkat yang telah dilakukan, perbedaan letak gangguan hubung singkat (*bus fault*) akan menyebabkan perubahan rating arus gangguan hubung singkat. Semakin jauh jarak titik gangguan hubung singkat dengan sumber listriknya, maka semakin kecil arus gangguan hubung singkat yang terjadi. Impedansi yang semakin besar menyebabkan nilai arus gangguan hubung singkat menjadi lebih kecil.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari simulasi aliran daya dan simulasi hubung singkat untuk penambahan beban tiga unit pompa PCP yang telah dilakukan menggunakan *software* ETAP 12.6 dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ukuran kabel yang telah ditentukan dapat menangani arus dari total kebutuhan beban PCP.
2. Drop tegangan yang terjadi pada saat ketiga unit PCP dalam kondisi pembebanan normal (*steady state*) pada PCP1 3.65%, PCP2 3.35% dan PCP3 2.72%. Nilai masih dalam batas toleransi drop tegangan yang diperbolehkan di PHM standar GS-EP-ELE-001: *Electrical Design Criteria*, 5%.
3. Drop tegangan yang terjadi pada saat ketiga unit PCP dalam kondisi *starting* yaitu pada PCP1 7.22%, PCP2 6.63% dan PCP3 5.42%. Nilai masih dalam batas toleransi drop tegangan saat kondisi motor *starting* yang diperbolehkan di PHM mengacu pada standar GS-EP-ELE-001: *Electrical Design Criteria*, 15%.

4. Semakin jauh letak beban maka semakin besar nilai drop tegangan.
5. Arus hubung singkat dengan nilai paling besar berasal dari gangguan hubung singkat pada bus JB-1B-P yaitu mencapai 2.32 kA, bus 2\_VS 1.34 kA, bus 3\_VS 0.936 kA, sementara bus 1\_VS yang terletak diujung sistem proyek PCP arus hubung singkat 0.855 kA. Arus hubung singkat ini mampu ditangani oleh *rating* kabel yang telah ditentukan, yaitu kabel N2XKBY/4C ukuran 70 mm<sup>2</sup> sebesar 10.01 kA dan ukuran 240 mm<sup>2</sup> sebesar 34.32 kA.
6. Setelah dilakukan simulasi dan pengamatan, dari aspek kemampuan hantar arus (*ampacity*), drop tegangan dan hubung singkat, maka kabel dengan jenis dan ukuran N2XKBY/4C 70 mm<sup>2</sup> dan 240 mm<sup>2</sup>, layak dan aman digunakan untuk penambahan beban tiga unit pompa PCP sesuai dengan standar kelistrikan yang berlaku di area PHM.

## REFERENSI

- [1] R. Kurniawan, S. Hani, and S. Kristiyana, "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Di Pt . Kirana Megatara Menggunakan Software Electric Transient And Analysis Program ( ETAP ) 12.6 62 Kurniawan . Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Di PT . KIRANA MEGATARA Menggunakan Software ,," pp. 62–69, 1990.
- [2] Mahardiananta, I. M. A., Arimbawa, P. A. R., & Santiari, D. A. S., "Perhitungan drop tegangan sistem distribusi menggunakan metode aliran daya. *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, 3(1), 13-18, 2020.
- [3] Badaruddin, B., "Analisa Gangguan Hubung Singkat Dengan Menggunakan Etap 12.6. 0 pada Pt X. *Jurnal Teknik*, 5(1), 2017.
- [4] Saputra, V. B., "Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem Tenaga Listrik Di KSO Pertamina EP–GEO Cepu Indonesia Distrik 1 Kawangan Menggunakan Software ETAP 12.6 (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta), 2016.
- [5] Alham, N. R., Utomo, R. M., Hilmansyah, H., Muslimin, M., Aditya, A. W., & Mubarak, A., "Studi Tentang Perbaikan Jatuh Tegangan Di Tiang Ujung Jaringan Tegangan Rendah Pada Pt. Pln Up3 Area Samarinda. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, 6(2), 212-216, 2022.
- [6] Indonesia, S. N., "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011). Jakarta: Bsn, 2011.
- [7] Wincy, A. P., Hasjim, M., & Prabu, U. A., "Analisis Kinerja Progressive Cavity Pump (PCP) Pada Sumur KAS 273. Lapangan Kenali Asam PT PERTAMINA EP ASSET I JAMBI. *Jurnal Ilmu Teknik*, 2(2), 2014.
- [8] Omazaki, "Studi Dan Analisis Jatuh Tegangan," [Online]. Tersedia: <https://www.omazaki.co.id/studi-dan-analisis-jatuh-tegangan/>. [Diakses 09 Juni 2022].
- [9] Pertamina Hulu Mahakam, "General Specification (Electrical GS EP ELE 001)," *Document of company*, 2006.
- [10] Pertamina Hulu Mahakam, "General Specification (Electrical GS EP ELE 001)," *Document of company*, 2006.