

# **Perancangan Instalasi Listrik Aplikasi Sistem Pemilihan Kabel dan Pemutus pada Proses Pengeboran Minyak dan Gas di Daerah "X"**

**Hari Waskito, Syahrrial**

Jurusan Teknik Elektro – Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung  
Email: was.qtox@yahoo.com

## **ABSTRAK**

*Perancangan suatu instalasi listrik akan membutuhkan beberapa hal yang akan menentukan keandalan, keamanan, efisiensi dan keekonomisannya. Desain ini membutuhkan informasi layout yang digunakan untuk menentukan tata letak dari peralatan listrik, sehingga jarak beban yang digunakan akan diketahui.*

*Penelitian ini merupakan perhitungan untuk menentukan kapasitas kabel dan pemutus yang digunakan. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan pada standar-standar yang digunakan dalam industri pengeboran minyak dan gas. Penentuan kapasitas kabel dan pemutus, terlebih dahulu menghitung arus nominal, arus hubung singkat dan tegangan jatuh. Dalam hal ini diterapkan faktor beban serta faktor akibat tata letak instalasi kabel. Hasil dari perhitungan telah sesuai dengan standar yang ditetapkan, yaitu untuk drop tegangan 5 % ketika normal dan 15 % ketika pengasutan motor.*

**Kata kunci : faktor beban, instalasi listrik, kabel, drop tegangan**

## **ABSTRACT**

*The design of electrical installation will require something that will determine the reliability, security, efficiency and economic. This design required layout information that used to determine the layout of electrical equipment, so that the used load distance would be known.*

*This research was the calculations to determine the used cables and breakers. The calculations based on the standards that used in oil and gas drilling industry. The determining of the cable and breaker capacities, firstly, the calculation on the nominal current, short circuit current and voltage drop. In this case, it was applied the load factor and the cable arrangement factor. The result has been suitable with the standards, where for the normal drop voltage as 5 % and for the motor starting as 15 %.*

**Key words: load factor, electric installation, cable, voltage drop**

## 1. PENDAHULUAN

Perancangan instalasi listrik membutuhkan prosedur dan langkah-langkah yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang maksimum. Mengingat sangat pentingnya listrik yang kontinyu dalam menyalurkan energi, maka pemakaian kabel dan pemutus yang sesuai akan menentukan kelancaran proses penyaluran energi listrik.

Pemilihan kabel yang tepat akan memastikan kelancaran penyaluran energi listrik dari sumber ke beban. Ketika terjadi gangguan maka kabel tidak akan terbakar, akan tetapi gangguan tersebut akan terbaca terlebih dahulu oleh pemutus. Semua penghantar yang digunakan harus dibuat dari bahan yang memenuhi syarat, sesuai dengan tujuan penggunaannya, serta telah diperiksa dan diuji menurut standar penghantar yang dikeluarkan atau diakui oleh instansi yang berwenang. Ukuran penghantar dinyatakan dalam ukuran luas penampang penghantar intinya dan satuannya dinyatakan dalam mm<sup>2</sup>.

Warna biru digunakan untuk menandai penghantar netral atau kawat tengah, pada instalasi listrik dengan penghantar netral. Untuk menghindari kesalahan, warna biru tersebut tidak boleh digunakan untuk menandai penghantar lainnya. Warna biru hanya dapat digunakan untuk maksud lain, jika pada instalasi listrik tersebut tidak terdapat penghantar netral atau kawat tengah. Warna biru tidak boleh digunakan untuk menandai penghantar pembumihan (Alan, 2003).

Pemutus digunakan untuk mengamankan kabel, dikarenakan kabel tidak mempunyai pengaman. Pemilihan pemutus tergantung pada kabel yang akan digunakan, dan pemilihan kabel tergantung pada arus nominal dari beban.

Setiap pemutus sirkit yang digunakan sebagai pengaman sirkit utama beban, sirkit cabang atau sirkit akhir harus mempunyai arus nominal tidak kurang dari kebutuhan maksimum beban dari bagian instalasi yang disuplai melalui sirkit utama menuju cabang dan sirkit akhir tersebut.

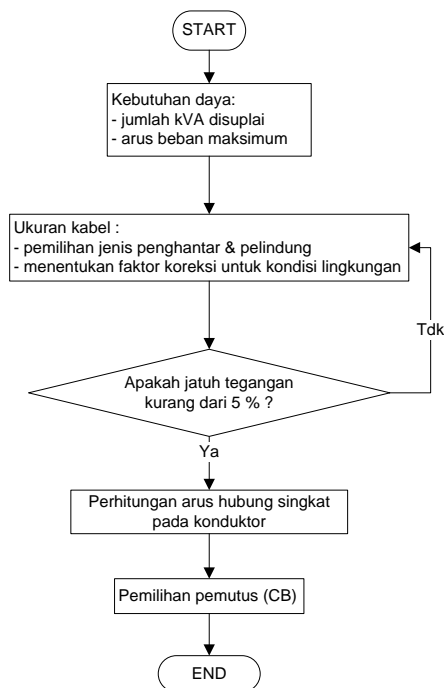
Peralatan pemutus harus disediakan agar secara otomatis memisahkan penghantar akhir dari sirkit dalam peristiwa arus gangguan berupa beban lebih atau hubung singkat. Peralatan-peralatan ini harus disusun untuk memutuskan sirkit sebelum suatu kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh termal atau elektromagnetik yang disebabkan karena arus gangguan mencapai nilai yang ditentukan. Peralatan untuk proteksi terhadap arus beban lebih dan arus hubung singkat harus sanggup memutuskan setiap arus lebih yang terjadi di tempat peralatan dipasang.

Sebuah pemutus kontak (CB) adalah satu secara otomatis-dioperasikannya tombol elektrik yang dirancang untuk melindungi suatu rangkaian elektrik dari kerusakan disebabkan oleh adanya muatan berlebih atau korsleting (Alan, 2003; Saadat, 2004).

Standar yang digunakan dalam pemilihan kabel dan pemutus adalah standar IEC (*International Electrick Commission* yang umum digunakan di Eropa).

## 2. METODOLOGI

Metodologi penelitian merupakan proses ataupun langkah-langkah yang bertujuan supaya perancangan dapat dilakukan secara sistematis. Metode penelitian dapat dibuat dengan diagram alir, sebagaimana ditunjukkan Gambar 1 di bawah.



**Gambar 1 Diagram Alir Pehitungan Kabel dan Pemutus**

## 3. HASIL PERHITUNGAN DAN ANALISIS

Pengelompokan seluruh beban dari sistem instalasi terpasang, dikelompokkan atas beban *vital*, beban *essential*, dan beban *non-essential*. akan tetapi beban *vital* dan beban *essential* dibagi atas tiga kategori, antara lain :

- Beban kontinyu, yaitu beban yang bila padam akan membahayakan keselamatan personil atau kerusakan serius pada pabrik.
- Beban intermitten, yaitu beban yang jika padam akan menyebabkan degradasi atau hilangnya produk manufaktur.
- Beban standby, yaitu beban yang jika padam, kurang berpengaruh pada keselamatan dan produksi.

Dalam perancangan untuk menentukan besar kapasitas daya yang akan dibangkitkan terlebih dahulu menghitung besar daya maksimum, kemudian diperhitungkan juga diperhitungkan pertumbuhan beban (*spare*) dan biasanya sebesar 20% dari daya terpasang. Kebutuhan listrik atau sering disebut dengan *demand load* adalah (Lacroix at al, 1995; Chevron, 2000; Chapman, 1991) :

TPPL ( *Total Plant Peak Load* )

$$\begin{aligned}
 &= (\text{beban kontinyu} \times 1.0) + (\text{beban intermitten} \times 0.5) \\
 &= (1075,33 \times 1.0) + (195,4 \times 0,5) \\
 &= 1172,7 \text{ kW} = 1465,9 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

TPL (*Total Plant Running Load*)

$$\begin{aligned} &= (\text{beban kontinyu} \times 1.0) + (\text{beban intermitten} \times 0.5) + (\text{beban standby} \times 0.1) \\ &= (1075,33 \times 1.0) + (195,4 \times 0,5) + (112,18 \times 0,1) \\ &= 1182,9 \text{ kW} = 1479,9 \text{ kVA} \end{aligned}$$

$S_{\text{spare}} = \text{TPRL (kVA)} \times 20\%$

$$\begin{aligned} &= 1479,9 \times 0,2 \\ &= 295,98 \text{ kVA} = 236,78 \text{ kW} \end{aligned}$$

$S_{\text{demand}} = 1479,9 + 295,98 = 1775,9 \text{ kVA} = 1420,7 \text{ kW}$

Dengan mempertimbangkan penambahan beban ke yang akan datang, maka besar kapasitas pembangkitan adalah 1420,7 kW. Jadi pembangkit yang dipilih adalah 2 x 800 *gas engine generator* sebagai pembangkitan utama dan satu *generator setting* yang digunakan untuk *spare*.

Penentuan dan pemilihan jenis suatu penghantar dalam perancangan instalasi listrik, merupakan hal yang paling utama. Pemilihan kabel (penghantar), kita harus mengetahui beberapa syarat. Berikut jenis kabel yang digunakan berdasarkan dari sumber beban ke beban yang dituju.

Penentuan jenis penghantar yang akan digunakan:

1. Menghitung daya total yang akan di distribusikan.
2. Menghitung nominal arus yang dari daya total tersebut.
3. Memilih jenis kabel yang akan di gunakan dari katalog dengan melihat ampasitas kabel. Nilai arus dari daya yang akan di distribusikan harus lebuah kecil dari nilai arus pada kabel tersebut.
4. Menghitung tegangan jatuh (*Drop Voltage*). Jika tegangan jatuhnya masih > 5%, maka, pemilihan kabel dilakukan kembali dengan melihat diameter diatasnya.
5. Menghitung arus hubung singkat.

Perhitungan ini dilakukan dengan memperhatikan beberapa persyaratan tentang kabel, dari standar-standar yang telah ditetapkan, antara lain :

1. Jumlah penampang adalah satu, kabel menyentuh satu sama lain, berdasarkan IEC 364-5-523 instalasi dan faktor grup berdasarkan  **$K_p = 0.7$**
2. Koreksi faktor untuk kelompok lebih dari satu kabel untuk diterapkan pada kabel yang dipasang di saluran,  **$K_p = 0.85$**
3. Koreksi faktor untuk kelompok lebih dari satu kabel untuk diterapkan pada kabel yang dipasang di dalam tanah,  **$K_p = 0.95$**
4. Koreksi faktor temperatur berdasarkan (IEC 364-5-523) disain koreksi faktor temperatur yaitu 40°C jadi,  **$K_a = 0.91$**

### Perhitungan Penghantar pada Motor

Disain	= Kondensat motor pendingin
Daya	= 15 kW
Tegangan	= 380V
Panjang kabel	= 120 m
Tegangan	= 380V
Faktor daya	= 0.8
Faktor derating kabel	= 0.7

**Kapasitas Arus Kabel**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya beban} &= 15 \text{ kW} \\
 &= P/\cos \varphi \text{ (kVA)} \\
 &= 15000/0.8 = 18.75 \text{ kVA} \\
 I_{fi} &= \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3}kV} \text{ (A)} \\
 &= \frac{18,75 \text{ k}}{\sqrt{3} \times 380} = 31,7 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Kabel yang digunakan = 1 x 3C x 16 sq<sup>2</sup> (XLPE multi-core cable)

Ampasitas kabel = 96

Total Ampasitas = N x A x d2

Dimana :

- N : jumlah penariksn kabel
  - A : ampasitas kabel
  - d2 : grup derating faktor
- $$\text{Total Ampasitas} = 1 \times 96 \times 0.7 = 67,2 \text{ A}$$

**Tegangan Jatuh**

$$\cos \varphi = 0,8$$

$$\sin \varphi = 0,6$$

$$L = 120$$

$$L \times R = 0,12 \times 1,470 = 0,176 \text{ ohm/km}$$

$$L \times X = 0,12 \times 0,091 = 0,0109 \text{ ohm/km}$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{\sqrt{3} \times I \times L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)}{V_{ll}} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{3\phi} &= \frac{\sqrt{3} \times 31,7 \times ((0,176 \times 0,8) + (0,0109 \times 0,6))}{380} \times 100\% \\
 &= 2,13 \%
 \end{aligned}$$

Tegangan jatuh ketika motor starting adalah :

$$I_{start} = I_{fi} \times 600\%$$

$$I_{start} = 31,7 \times 6$$

$$= 190,2 \text{ A}$$

$$\Delta V_{3\phi} = \frac{\sqrt{3} \times I \times L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)}{V_{ll}} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{3\phi} &= \frac{\sqrt{3} \times 190,2 \times ((0,176 \times 0,8) + (0,0109 \times 0,6))}{380} \times 100\% \\
 &= 12,8 \%
 \end{aligned}$$

**Perhitungan Penghantar pada Main Swichgear**

$$\begin{aligned}
 \text{Daya beban} &= 800 \text{ kW} \\
 &= P/\cos \varphi \text{ (kVA)} \\
 &= 800000/0.8 = 1125 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan} = 380 \text{ V}$$

$$\text{Panjang kabel} = 70 \text{ m}$$

$$\text{Faktor daya} = 0.8$$

$$\begin{aligned}
 \text{Faktor derating kabel} &= K_p \times K_a \\
 &= 0.91 \times 0.95 \\
 &= 0.865
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 70 \text{ m}$$

### Kapasitas Arus Kabel

$$\begin{aligned}
 I_{fl} &= \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3}kV} \text{ (A)} \\
 &= \frac{1000k}{\sqrt{3} \times 380} \\
 &= 1519,3 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Kabel yang digunakan = 1 x 4C x 240 mm<sup>2</sup> (XLPE single-core cable)

$$\begin{aligned}
 \text{Ampasitas kabel} &= 647 \text{ A} \\
 \text{Total Ampasitas} &= N \times A \times d2 \\
 \text{Total Ampasitas} &= 4 \times 647 \times 0.865 = 2237,3 \text{ A}
 \end{aligned}$$

### Tegangan Jatuh

$$\begin{aligned}
 \cos \varphi &= 0,8 \\
 \sin \varphi &= 0,6 \\
 L &= 70 \\
 L \times R &= 0,07 \times 0.614 = 0,0429 \text{ ohm/km} \\
 L \times X &= 0,07 \times 0,0728 = 0,005 \text{ ohm/km}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta V_{3\phi} &= \frac{\sqrt{3} \times I \times L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)}{V_{ll}} \times 100 \% \\
 \Delta V_{3\phi} &= \frac{\sqrt{3} \times 790 \times ((0,0429 \times 0,8) + (0,005 \times 0,6))}{380} \times 100 \% \\
 &= 0,66 \%
 \end{aligned}$$

Untuk sistem pengaman yang digunakan pada perancangan system kelistrikan yaitu *Circuit Breaker* (CB), yang disesuaikan dengan daya yang akan disalurkan. Pengaman ini hanya memproteksi atau melindungi kabel dari gangguan arus lebih atau arus hubung singkat. Berikut hal-hal dalam menentukan jenis dan kapasitas CB yang akan digunakan yaitu:

1. Berapa besar nilai daya yang akan di distribusikan melalui penghantar tersebut, yang kemudian dapat dihitung dan diketahui nilai  $I_{fl}$ .
2. Dalam penentuan kapasitas CB, kemampuan arus hubung singkat dan respon terhadap waktu harus diperhatikan.
3. Sesuaikan kapasitas CB yang diperoleh dengan  $I_{fl}$  penghantar dan luas penampang penghantar.

### Perhitungan Proteksi pada Motor

$$\begin{aligned}
 I_{fl} &= \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3}kV} \text{ (A)} \\
 &= \frac{18,75 k}{\sqrt{3} \times 380} = 31,7 \text{ A} \\
 I_{\text{nominal CB}} &= I_{fl} \times 125\% \\
 &= 31,7 \times 1,25 = 39,625 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Arus nominal proteksi yang ditentukan = 40 A

Arus hubung singkat pada penghantar :

$$\begin{aligned}
 I_{sc} &= \frac{V_{ll}}{\sqrt{3} \times \sqrt{R^2 + X^2}} \text{ (A)} \\
 &= \frac{380}{\sqrt{3} \times \sqrt{(1,470 \times 10^{-3})^2 + (0,091 \times 10^{-3})^2}} \\
 &= 3,728 \text{ kA}
 \end{aligned}$$

Arus hubung singkat pada pemutus :

$$I_{sc} = \frac{K \times A}{\sqrt{t}} \text{ (A)}$$

$$= \frac{143 \times 16}{\sqrt{0,5}}$$

$$= 3,235 \text{ kA}$$

Pemutus yang dipilih adalah MCCB 40 A - 25 kA

Perhitungan Penghantar pada Main Swichgear

$$I_{fl} = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3}kV} \text{ (A)}$$

$$= \frac{1000k}{\sqrt{3} \times 380}$$

$$= 1519,3 \text{ A}$$

$$I_{\text{nominal CB}} = I_{fl} \times 125\%$$

$$= 1519,3 \times 1,25 = 1899,2 \text{ A}$$

Arus nominal proteksi yang ditentukan = 2000 A

Arus hubung singkat pada penghantar :

$$I_{sc} = \frac{V_{IL}}{\sqrt{3} \times \sqrt{R^2 + X^2}} \text{ (A)}$$

$$= \frac{380}{\sqrt{3} \times \sqrt{(0,0614 \times 10^{-3})^2 + (0,0728 \times 10^{-3})^2}}$$

$$= 98,874 \text{ kA}$$

Arus hubung singkat pada pemutus :

$$I_{sc} = \frac{K \times A}{\sqrt{F}} \text{ (A)}$$

$$= \frac{143 \times 400}{\sqrt{0,5}}$$

$$= 80,893 \text{ kA}$$

Pemutus yang dipilih adalah ACB 2000 A – 100 kA. Tabel 1 memperlihatkan parameter kabel dan hasil perhitungan tegangan jatuh pada kabel yang dimaksud.

**Tabel 1 Perhitungan Tegangan Jatuh**

CABLE FEEDER DESCRIPTION		LOAD DATA					Cable Size to Suit Ampacity					Cable Size to Suit Voltage Drop		Cable Length	Cable Voltage Drop			
FROM DESCRIPTION	TO DESCRIPTION	System Voltage (V)	P (kW)	P (KVA)	I saluran (A)	Power Factor	Efficiency	Cable Run/ Phs (m)	Cable Size (mm2)	Cable Ampacity (A)	Group Derating Factor (d2)	Cable Ampacity Final	No. of Parallel Runs / Phase (N)	Cable Size (mm2)	L (meters)	Steady State		
																Vd (Volts)	%Vd (Vol/Vn)	Permissible Voltage Drop (%)
380 VAC Diesel Engine Generator	380 VAC Main Switchgear	380	800	1000	1519.3	0.8	0.9	4	240	647.0	0.865	2237.3	10	240	70	2.516	0.66	5.00
380 VAC Gas Engine Generator	380 VAC Main Switchgear	380	800	1000	1519.3	0.8	0.9	4	240	647.0	0.865	2237.3	10	240	70	2.516	0.66	5.00
380 VAC Gas Engine Generator	380 VAC Main Switchgear	380	800	1000	1519.3	0.8	0.9	4	240	647.0	0.865	2237.3	10	240	70	2.516	0.66	5.00
380 VAC Motor Control Center	Condensate Cooler Motor A	380	15	18.75	31.7	0.8	0.9	1	16	96.0	0.700	67.2	1	16	120	8.096	2.13	5.00
380 VAC Motor Control Center	Condensate Cooler Motor B	380	15	18.75	31.7	0.8	0.9	1	16	96.0	0.700	67.2	1	16	120	8.096	2.13	5.00

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan manual dan hasil tabel dapat disimpulkan, antara lain sebagai berikut :

1. *Demand load* yang dibangkitkan adalah sebesar 1420,7 kW. Pembangkitan yang dipilih adalah tiga pembangkit dan satu cadangan ( jika terjadi gangguan atau ketika ada *maintenance* ). Hal ini dilakukan atas dasar pembangkitan dalam proses industri minyak dan gas memerlukan keandalan listrik yang dirancang agar tidak sampai terjadi pemadaman pada proses tersebut.
2. Arus nominal terbesar adalah 1519,3 A, yaitu pada pembangkit menuju switchgear, hal ini berpengaruh terhadap pemilihan kabel. Maka kabel yang dipilih adalah tiga tarikan kabel pada tiap fasa. Jadi disini ada sebelas tarikan pada setiap pembangkit (sembilan untuk fasa R, S, T dan dua untuk netral dan pentanahan).
3. Arus hubung singkat yang terbesar terjadi pada penyaluran dari pembangkit ke switchgear, sehingga pengaman yang dipilih adalah ACB.
4. Derating faktor pada pembangkit menuju switchgear adalah 0,685 dikarenakan kabel yang dipasang adalah kabel bawah tanah.
5. Jatuh tegangan masih dalam batasan standar yaitu tidak lebih dari 5%, dan arus starting motor akan mempengaruhi terhadap jatuh tegangan, akan tetapi pada saat starting motor jatuh tegangan tidak lebih dari batasan standar starting yaitu 15%, jadi dalam perancangan ini layak karena telah memenuhi standar yang ditentukan.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Chapman Stephen J (1991), *Electrical Machinery Fundamentals*, International Edition, San Francisco, New York.
- Chevron (2000), *Offshore Electrical Guidelines*, Chevron.
- Lacroix Bernard, Calvas Roland (1995), *Earthing System Worldwide Evolution*, Schneider.
- Saadat Hadi (2004), *Power System Analysis*, Milwaukee School of Engineering.
- Sheldrake Alan L (2003), *Handbook of Electrical Engineering for Practitioners in the Oil, Gas and Petrochemical Industry*, Consulting Electrical Engineer Bangalore, India.