

BAB II : INSTALASI PENERANGAN 3 FASA (PENGENALAN & APLIKASI)

2.1. KONSEP DASAR SISTEM 3 FASA

2.1.1. Sistem 3 Fasa (R, S, T / L1, L2, L3 dan N)

Sistem 3 fasa adalah sistem penyaluran daya listrik yang menggunakan tiga buah penghantar fasa (live) dan satu penghantar netral. Ketiga fasa ini memiliki gelombang tegangan yang saling bergeser sudut fasa 120 derajat listrik.

⇒ Keunggulan Sistem 3 Fasa:

- Penyaluran Daya Lebih Besar: Dengan ukuran penghantar yang sama, sistem 3 fasa dapat menyalurkan daya yang lebih besar dibandingkan 1 fasa.
- Lebih Efisien: Untuk daya yang sama, sistem 3 fasa membutuhkan jumlah material penghantar yang lebih sedikit.
- Ideal untuk Motor Listrik: Motor listrik 3 fasa lebih efisien, memiliki starting torque yang lebih baik, dan lebih stabil.
- Keseimbangan Beban: Beban dapat dibagi rata pada ketiga fasa untuk menjaga keseimbangan sistem.

⇒ Penamaan Fasa:

Di Indonesia, fasa sering dinamakan R, S, T.

Secara internasional, sering disebut L1, L2, L3.

N untuk Netral.

Warna Standar Kabel 3 Fasa (Menurut PUIL 2011/SNI):

- Fasa R (L1): Cokelat
- Fasa S (L2): Hitam
- Fasa T (L3): Abu-abu
- Netral (N): Biru Muda
- Ground (PE): Hijau-Kuning

⇒ Tegangan pada Sistem 3 Fasa:

- Tegangan Fasa-ke-Netral (Tegangan Fasa): Tegangan antara salah satu fasa (R, S, atau T) dengan netral. Di Indonesia, nilainya adalah 220 V.

- Tegangan Fasa-ke-Fasa (Tegangan Line): Tegangan antara dua fasa (misalnya R-S, S-T, atau R-T). Di Indonesia, nilainya adalah $3 \times 220V \approx 380V$.

2.2. APLIKASI INSTALASI PENERANGAN 3 FASA

2.2.1. Penerangan di Bangunan Besar/Industri (Area Pabrik, Ballroom)

- ⇒ Instalasi penerangan 3 fasa umumnya diterapkan pada skala yang lebih besar, di mana kebutuhan daya penerangan sangat tinggi atau terdapat jarak penyaluran yang jauh.
- ⇒ Karakteristik Aplikasi:
 - Skala Besar: Bangunan seperti pabrik, gudang, ballroom, pusat perbelanjaan, atau gedung perkantoran bertingkat memiliki area yang sangat luas dan membutuhkan banyak titik penerangan dengan total daya yang besar.
 - Beban Terdistribusi: Titik-titik lampu tersebar di berbagai area, membutuhkan pembagian sirkuit yang efisien.
 - Kebutuhan Daya Tinggi: Lampu dengan daya tinggi (misalnya lampu high-bay di pabrik) atau jumlah lampu yang sangat banyak.
 - Panel Distribusi: Menggunakan Panel Hubung Bagi (PHB) 3 fasa yang lebih kompleks untuk mendistribusikan daya ke setiap lantai atau zona penerangan.
- ⇒ Manfaat Sistem 3 Fasa:
 - Efisiensi Penyaluran: Mengurangi voltage drop (penurunan tegangan) pada jarak jauh dan meminimalkan kerugian daya.
 - Fleksibilitas Beban: Memungkinkan pembagian beban lampu secara merata ke ketiga fasa, menjaga keseimbangan sistem.
 - Integrasi dengan Sistem Tenaga: Seringkali dalam bangunan industri, sistem penerangan terintegrasi dengan sistem tenaga 3 fasa untuk mesin-mesin produksi.

⇒ Contoh Implementasi:

- Di pabrik, lampu-lampu penerangan high-bay atau low-bay didistribusikan ke berbagai sirkuit yang kemudian dihubungkan ke panel distribusi 3 fasa. Setiap sirkuit mungkin menggunakan satu fasa dan netral, namun total beban didistribusikan antar fasa di panel utama.
- Di ballroom, pencahayaan utama dan pencahayaan aksen dapat dipisahkan dalam sirkuit-sirkuit yang berbeda, semuanya ditenagai dari panel distribusi 3 fasa.



Gambar 1. Penerangan di Area Pabrik

2.2.2. Penerangan Jalan Umum (PJU) – Komponen Utama

⇒ Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah contoh klasik aplikasi instalasi penerangan 3 fasa, terutama pada skala besar di kota atau jalan tol.

⇒ Komponen Utama PJU:

- i. Tiang PJU: Struktur penopang lampu, bisa terbuat dari baja, beton, atau komposit. Tinggi tiang bervariasi sesuai kebutuhan (misalnya 6m, 9m, 12m).
- ii. Lampu PJU: Berbagai jenis lampu digunakan, mulai dari Sodium Tekanan Tinggi (HPS), Halida Logam (Metal Halide), hingga yang paling modern dan efisien saat ini adalah LED PJU. Lampu LED PJU memiliki umur pakai yang sangat panjang dan efisiensi energi yang tinggi.
- iii. Lengan Lampu (Luminer): Bagian yang menopang lampu dan reflektor, mengarahkan cahaya ke area yang diinginkan.

- iv. Pengaman (Circuit Breaker / MCB): Terletak di dalam kotak panel di dasar tiang atau panel distribusi terpusat, berfungsi melindungi sirkuit lampu dari overload atau short circuit.
 - v. Kontrol Fotosel (Photocell) / Timer:
 - vi. Fotosel: Sensor cahaya yang otomatis menyalakan lampu saat gelap dan mematikannya saat terang. Sangat umum digunakan pada PJU.
 - vii. Timer: Mengatur jadwal hidup/mati lampu berdasarkan waktu yang telah ditentukan (misalnya, hidup pukul 18.00, mati pukul 06.00). Beberapa sistem PJU modern menggunakan kombinasi fotosel dan timer, atau sistem kontrol terpusat yang lebih canggih.
 - viii. Kabel Instalasi: Kabel NYY atau sejenisnya yang kuat dan tahan terhadap cuaca, sering ditanam di dalam tanah.
 - ix. Panel Kontrol PJU: Panel utama yang mendistribusikan daya 3 fasa ke berbagai sirkuit PJU, dilengkapi dengan MCB 3 fasa, kontaktor, dan perangkat kontrol (fotosel/timer).
- ⇒ Cara Kerja Dasar PJU: Daya 3 fasa disalurkan dari gardu induk ke panel kontrol PJU. Dari panel ini, sirkuit-sirkuit 1 fasa (atau terkadang 3 fasa untuk klaster lampu tertentu) disalurkan ke tiang-tiang PJU. Setiap tiang memiliki pengaman lokal dan lampu akan menyala/mati sesuai perintah dari fotosel atau timer



Gambar 2. Penerangan Jalan Umum (PJU)

2.2.3. Dasar-dasar Perhitungan Daya 3 Fasa untuk Penerangan

⇒ Meskipun lampu individu umumnya 1 fasa, ketika merencanakan instalasi penerangan skala besar dengan sumber 3 fasa, penting untuk memahami perhitungan daya total dan bagaimana mendistribusikannya.

⇒ **Rumus Daya pada Sistem 3 Fasa (Beban Seimbang):**

Untuk beban resistif murni (seperti lampu pijar) atau beban dengan faktor daya mendekati 1:

$$P_{total} = 3 \times V_{line} \times I_{line}$$

Dimana:

- P_{total} = Total daya dalam Watt (W)
- V_{line} = Tegangan fasa-ke-fasa (Line Voltage), di Indonesia $\approx 380V$
- I_{line} = Arus line dalam Ampere (A)

⇒ Jika memperhitungkan faktor daya ($\cos \phi$) (untuk lampu TL atau LED yang memiliki ballast elektronik, meskipun modern sudah mendekati 1):

$$P_{total} = 3 \times V_{line} \times I_{line} \times \cos \phi$$

⇒ Menghitung Arus Line untuk Pemilihan MCB 3 Fasa dan Ukuran Kabel:

$$I_{line} = \frac{3 \times V_{line} \times \cos \phi}{P_{total}}$$

⇒ *Contoh Perhitungan Sederhana:*

Sebuah area pabrik akan dipasang 100 buah lampu LED @ 50 Watt. Asumsi tegangan line 380V dan faktor daya 0.9.

1) Total Daya (P):

$$\Rightarrow P_{total} = 100 \times 50W = 5000W \text{ atau } 5 \text{ kW.}$$

2) Menghitung Arus Line (I):

$$\Rightarrow I_{line} = \frac{3 \times 380V \times 0.95000W}{5000W} = 1.732 \times 380 \times 0.95000 = 592.55000 \approx 8.44A$$

3) Pemilihan MCB 3 Fasa:

Untuk arus 8.44A, Anda bisa memilih MCB 3 fasa dengan rating di atas nilai ini, misalnya MCB 3 fasa C10A (10 Ampere).

4) Pemilihan Ukuran Kabel: Berdasarkan arus line dan standar PUIL, Anda perlu memilih ukuran kabel 3 fasa (misalnya NYY) yang mampu menahan arus minimal 10A (untuk proteksi MCB C10A). Merujuk tabel kemampuan

hantar arus kabel, kabel NYY 3x2.5mm² biasanya sudah cukup memadai untuk arus tersebut.

- 5) Pentingnya Keseimbangan Beban dalam Perhitungan: Perhitungan di atas mengasumsikan beban terdistribusi seimbang pada ketiga fasa. Dalam perancangan aktual, insinyur listrik akan membagi total beban lampu ke setiap fasa seoptimal mungkin untuk menjaga keseimbangan. Misalnya, jika total ada 100 lampu, sekitar 33 lampu ke L1, 33 lampu ke L2, dan 34 lampu ke L3. Kemudian arus per fasa dapat dihitung berdasarkan jumlah lampu pada fasa tersebut.