

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Berdasarkan perkembangan yang kita amati bahwa pertumbuhan pabrik Kelapa Sawit (PKS) sangat cepat di mana hampir setiap tahunnya ada kurang lebih 10 PKS yang dibangun di daerah Sumatera, lain lagi di luar dari pulau Sumatera.

PKS ini sistem operasinya digerakan oleh tenaga listrik yang dikontrol oleh satu panel listrik yang dinamakan panel induk atau *Main Switch Board* (MSB). MSB ini terdiri dari beberapa bagian utama, yakni Panel *Incoming* (Turbin dan Genset), Panel *Distribution*, Panel *Synchrone Kit*, dan Panel *Capacitor Bank*.

Tenaga kerja di PKS khususnya di bagian operator terkadang tidak dibekali ilmu mendalam tentang kelistrikan panel induk. Padahal, panel induk mengambil peran utama dalam tenaga listrik di PKS yang pastinya memengaruhi produksi minyak kelapa sawit.

Di dalam panel incoming dan panel distribution terdapat Air Circuit Breaker (ACB) dan Moulded Case Circuit Breaker (MCCB). Pemilihan pemutus ACB dan MCCB harus sesuai dengan kapasitas turbin dan genset yang akan digunakan. Salah satu cara untuk menentukan ACB pada genset yaitu dengan menghitung rating arus, sehingga tidak membahayakan pembangkit listrik dan peralatan listrik lainnya.

Pada dasarnya semakin besar kapasitas produksi dari PKS, maka semakin besar pula daya listrik yang diperlukan. Untuk itu diperlukan perencanaan MSB, sesuai dengan tema yang akan diangkat pada penelitian ini.

## 1.2. Perumusan Masalah

Adapun Rumusan masalah dititik beratkan antara lain

1. Bagaimana menghitung arus pada unit *incoming* dan *outgoing* PT. SMS?
2. Bagaimana menentukan rating pemutus pada panel induk?
3. bagaimana Bentuk Konstruksi Panel Induk yang baik?

## 1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian bersifat terfokus maka diberikan batasan masalah, antara lain.

1. Penelitian dilakukan di PKS PT. SMS, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara.
2. Analisis dan kemampuan pada panel induk utama (MSB) pada PMKS 10Ton/Jam, terhadap rating ampere pemutus panel induk

## 1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Dapat menghitung arus pada unit *incoming* dan *outgoing* di PKS PT. SMS
2. Dapat menentukan rating pemutus pada panel induk
3. Merancang bangun konstruksi panel induk

## 1.5. Manfaat Penelitian

### a. Manfaat Teoritis

Menambah wawasan kepada pembaca tentang sistem kelistrikan pada PKS

### b. Manfaat Praktis

Memudahkan teknisi untuk mengaplikasikan peralatan listrik dan membaca parameter di panel induk, sehingga masalah atau gangguan dapat teratasi.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. *Main Switch Board (MSB)*

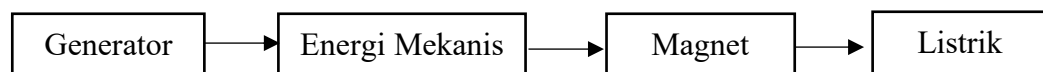
##### 2.1.1. Pengertian Main Switch Board (MSB)

Main Switch Board (MSB) atau panel listrik merupakan suatu susunan komponen listrik berbentuk lemari hubung (*cubicle*) bagian utama pada sistem tenaga listrik (Prasetyo, 2021). MSB berfungsi b2 Selain itu, MSB juga berfungsi untuk menyalakan/mematikan mesin, mengetahui suhu, tekanan, dan rpm pada layar.

Secara umum sistem tenaga listrik yang terdapat pada MSB terdiri dari:

1. Sumber pembangkit baik turbin maupun *generator*
2. *Main Distribution (Incoming)*
3. Saluran Distribution (*Out Going*)
4. *Capacitor Bank*

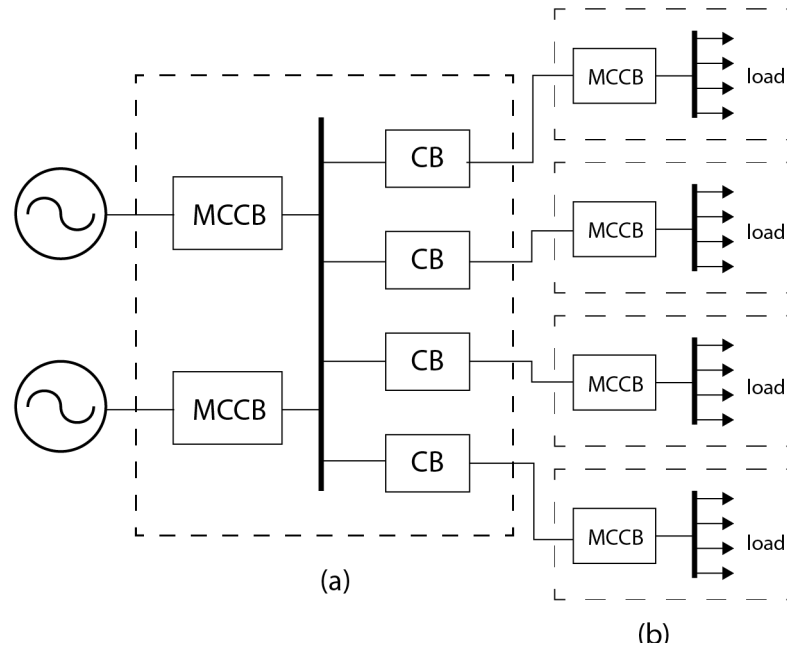
Pusat tenaga listrik di PKS merupakan satu unit pembangkit tempat terjadinya proses perubahan energi mekanik menjadi energi listrik.



Gambar 2.1. Proses Konversi Energi Listrik

Energi listrik pada panel induk yang dihasilkan generator akan dialirkan ke pemutus tenaga seperti *Air Circuit Breaker (ACB)* atau *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*. Kemudian energi listrik tersebut ditransfer ke busbar utama. Busbar ini harus dapat menampung besar energi listrik yang dihasilkan oleh beberapa generator. Dari main busbar kemudian disalurkan ke sumber tenaga yang

disebut dengan panel *Motor Control Centre* (MCC) menuju beban (elektromotor) dan beban *lighting* (lampu penerangan). Berikut adalah gambar sistem penyaluran tenaga listrik pada Pabrik Minyak Kelapa Sawit.



Gambar 2.2. Sistem Penyaluran Tenaga Listrik  
 a. Bagian panel induk      b. Bagian MCC

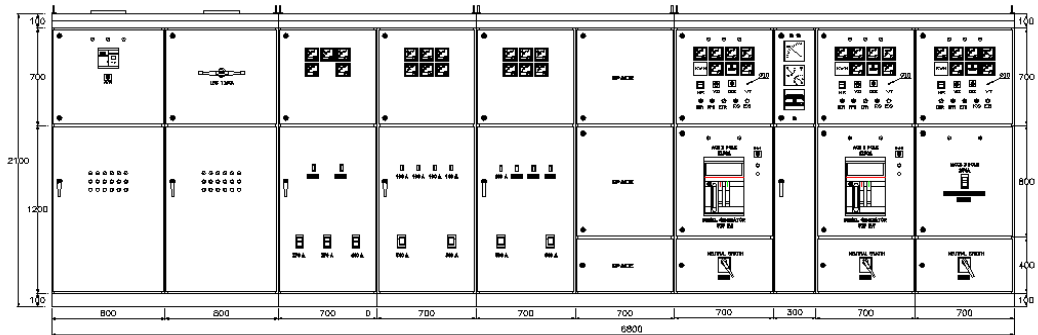
### 2.1.2. Bentuk Panel

Konstruksi dari panel induk merupakan *Panel Free Standing* (dapat berdiri sendiri) yang terdiri dari beberapa sel, antara lain

- a. Panel genset/ turbin
- b. Panel out going/ distribusi
- c. Panel kapasitor

Secara konstruksi panel ini dijadikan satu, namun tidak menutup kemungkinan antara panel yang satu dengan panel lain bisa saling dipisahkan tergantung pemakaian. Secara elektris, seluruh panel saling berhubungan satu dengan yang lain melalui busbar (rel penghubung).

Besar kecilnya daya listrik yang ada di busbar tergantung pada pemakaian generator atau turbin, apakah semua generator disinkron secara serentak atau tidak. Jika semua generator dan turbin disinkron maka busbar yang dipasang harus sesuai dengan besar daya dari hasil penyinkronan.



Gambar 2.3. Konstruksi Panel Induk

### 2.1.3. Fasilitas dan Peralatan Panel Induk (*Main Switch Board*)

#### a. Air Circuit Breaker (ACB)

*Air Circuit Breaker* (ACB) adalah alat yang berfungsi memutus dan menghubungkan rangkaian listrik menggunakan udara sehingga busur api dapat diredam. ACB dapat dioperasikan secara otomatis atau manual (Irawan, 2021). ACB terdapat dalam Main Distribution Panel (MDP) atau panel distribusi utama dalam memutuskan rangkaian listrik yang arusnya besar.

Pengoperasian ACB secara manual yaitu dengan menekan tombol Open atau Close. Fungsinya ialah sebagai alat pengaman ketika memutus rangkaian listrik, baik *short circuit* maupun *over current*. Kemudian kinerja ACB juga dilengkapi dengan Under Voltage Trip (UVT) yang berfungsi memutus ACB secara otomatis ketika tidak ada tegangan yang masuk ataupun saat tegangan rendah.

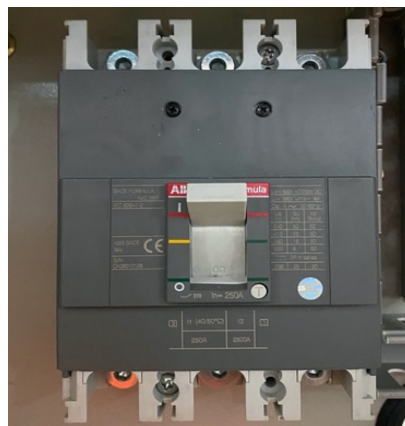


Gambar 2.4 Air Circuit Breaker (ACB)

### b. Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

MCCB berfungsi sebagai pengaman dalam terjadinya short circuit dan beban lebih (overload) agar tidak terjadi kerusakan pada motor listrik maupun kebakaran yang menimbulkan bunga api. Prinsip kerja MCCB yaitu untuk memutus sirkuit saat terjadi gangguan arus hubung singkat atau arus hubung singkat ke tanah.

Pemutus tenaga jenis ini dilengkapi dengan pelepas *under voltage release* atau *shunt trip*, kontak bantu, handel dan mekanisme motor. Pemutus ini dapat digunakan dalam kondisi suhu yang bervariasi antara 25<sup>0</sup>C - 70<sup>0</sup>C, pada sistem operasi proteksinya dijamin tidak terpengaruh oleh adanya interferensi yang disebabkan oleh medan magnet.



Gambar 2.5. Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)

### c. *Miniature Circuit Breaker (MCB)*

*Miniature Circuit Breaker* atau miniatur pemutus sirkuit adalah perangkat elektromekanikal yang melindungi rangkaian listrik dari arus berlebih dengan cara memutuskan arus tersebut secara otomatis saat melewati batas tertentu (Kurniawan dan Supardi, 2019). Pada dasarnya MCB memiliki fungsi yang sama seperti sekering (FUSE). Pada kondisi normal, MCB berfungsi sebagai saklar yang menghubungkan dan memutuskan aliran arus listrik secara manual. Setelah arus listrik sudah normal, MCB dapat dinyalakan kembali, sedangkan sekering (FUSE) tidak.

MCB terdiri dari dua keping logam bimetal yang mempunyai koefisien muai yang berbeda. Pemutus MCB ini biasa digunakan untuk rangkaian kontrol atau rangkaian proteksi yang memiliki arus yang pemutusan yang sangat kecil. Secara umum MCB jenis ini arus pemutusannya antara 0 - 63 Amper dan biasanya lebih banyak digunakan untuk *lighting* atau penerangan.

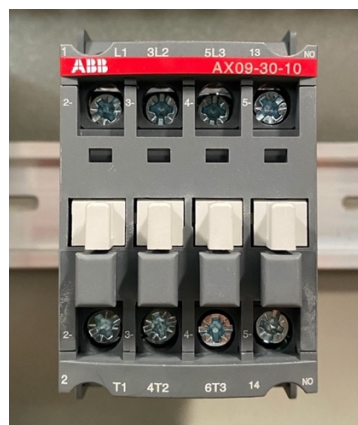


Gambar 2.6. *Mini Cicrcuit Breaker (MCB)*

### d. **Kontaktor**

Kontaktor magnet atau saklar magnet adalah komponen listrik yang bekerja berdasarkan prinsip magnet pada kumparan yang diberi arus listrik.. Magnet berfungsi sebagai penarik dan sebagai pelepas kontak-kontaknya dengan bantuan

pegas pendorong (Wiranto, 2014). Sebuah kontaktor harus mampu mengalirkan dan memutuskan arus dalam keadaan kerja normal. Kontaktor terdiri dari kontak normal membuka (*Normally Open* = NO) dan kontak normal menutup (*Normally Close* = NC). Fungsi kerja kontak NO dan NC berlawanan. Pada saat NO kontaktor magnet belum bekerja, sehingga kedudukannya membuka dan bila kontaktor bekerja kontak itu menutup/menghubung. Sedangkan kontak NC berarti saat kontaktor belum bekerja kedudukan kontakannya menutup dan bila kontaktor bekerja kontak itu membuka. Kontak NC bekerja membuka sesaat lebih cepat sebelum kontak NO menutup. Koil merupakan lilitan tempat terjadinya magnetisasi apabila diberi tegangan dan menarik kontak-kontaknya sehingga terjadi perubahan. Kontaktor yang dioperasikan secara elektromagnetis adalah salah satu mekanisme yang paling bermanfaat yang pernah dirancang untuk penutupan dan pembukaan rangkaian listrik.



Gambar 2.7 Kontaktor

#### e. Proteksi

Sistem proteksi adalah sistem peralatan yang berfungsi melindungi komponen-komponen listrik. Sistem proteksi harus bekerja dengan cepat dan mampu merasakan keadaan normal maupun keadaan abnormal, dapat dengan



segera memutuskan atau mengisolasi bagian yang diproteksi dengan cara memutuskan/membuka CB secara sistematis. Peralatan proteksi ini memiliki banyak jenis dan fungsi yang berbeda, tergantung pada jenis apa yang akan diproteksi. Seperti proteksi pada beban lebih, maka digunakan proteksi *Over Current Relay* (OCR), proteksi arus bocor digunakan *Earth Fault Relay*, arus beban balik digunakan proteksi *Reverse Power Relay*, dan lain lain.

Pada panel induk proteksi yang digunakan antara lain.

- a. *Over Current Relay* (OCR) berfungsi memberi sinyal jika terjadi gangguan arus lebih pada beban.
- b. *Earth Fault Relay* (EFR) berfungsi memberi sinyal jika terjadi gangguan arus bocor pada saluran distribusi
- c. *Reverse Power Relay* (RPR) berfungsi bila terjadi gangguan beban balik pada pembangkit atau sumber utama
- d. *Under/Over Voltage Relay* (OUVR) berfungsi bila terjadi gangguan beban balik pada pembangkit atau sumber utama.

#### **f. Metering**

Metering atau alat ukur yang digunakan antara lain:

- a. Ampere meter untuk pengukur arus listrik
- b. Volt meter untuk mengukur tegangan
- c. Cosphi meter untuk pengukur faktor daya
- d. Frekuensi meter untuk pengukur frekuensi pada sistem
- e. Kilowatt meter untuk mengukur daya listrik
- f. KWH meter untuk mengukur daya listrik tiap jam

Untuk metering sinkron diperlukan:

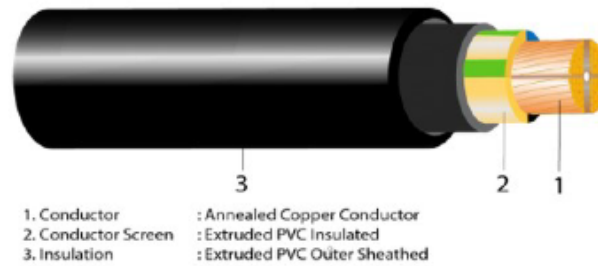
- a. Double Frekuensi untuk melihat kedua frekuensi sumber pembangkit untuk sinkron
- b. Double Voltmeter untuk melihat kedua tegangan sumber pembangkit untuk sinkron
- c. Synchronoscop untuk melihat kedua sumber pembangkit sudah dalam posisi sinkron

## **2.2. Penghantar**

Penghantar ialah suatu benda yang berbentuk logam ataupun non logam yang bersifat konduktor atau dapat mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain. Penghantar dapat berupa kabel ataupun berupa kawat penghantar. Untuk instalasi listrik, penyaluran arus listriknya dari panel ke beban maupun sebagai pengaman (penyalur arus bocor ke tanah) digunakan penghantar listrik yang sesuai dengan penggunaannya.

### **2.2.1. Kabel NYY**

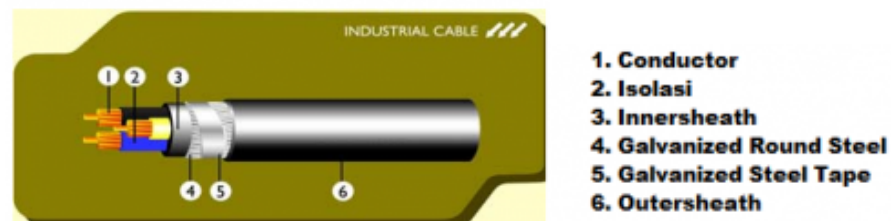
Kabel NYY dirancang untuk instalasi tetap di dalam tanah. Kabel NYY harus tetap diberikan perlindungan khusus (misalnya duct, pipa PVC atau pipa besi). Kabel protodur tanpa sarung logam (Irawan, 2021). Instalasi bisa ditempatkan di dalam dan luar ruangan, dalam kondisi lembab ataupun kering. Kabel NYY memiliki lapisan isolasi PVC (biasanya warna hitam) berinti 2, 3 atau 4 yang lebih kuat dari kabel NYM (harganya lebih mahal dari NYM). Kabel NYY memiliki isolasi yang terbuat dari bahan yang tidak disukai tikus.

**KABEL NYY**

Gambar 2.8. Kabel NYY

Sumber: <https://panduanteknisi.com>**2.2.2. Kabel NYFGbY**

Kabel NYFGbY digunakan untuk sirkuit power distribusi, pada instalasi listrik bawah tanah, ruangan, saluran-saluran dan tempat-tempat terbuka yang membutuhkan perlindungan terhadap gangguan mekanis, atau untuk tekanan rentangan yang tinggi selama dipasang dan dioperasikan, baik pada lokasi kering ataupun lembab/basah (Logor *et al*, 2022). Dengan adanya pelindung kawat dan pita baja yang galvanisasi, kabel NYFGbY memungkinkan untuk ditanam langsung dalam tanah tanpa pelindung tambahan. Isolasi dibuat tanpa warna dan tiga urat dibedakan dengan non strip, strip1, strip 2. Kabel ini memiliki selubung PVC warna merah dengan penampang luar 57 mm (Lingga, 2021).

**NYRgBY**

Gambar 2.9. Kabel NYFGbY

Sumber: <https://kompasiana.com>

### 2.3. Busbar

Penghantar yang berupa batangan terbuat dari tembaga umumnya digunakan sebagai penghantar utama pada panel induk yang mempunyai arus listrik yang besar. Busbar ini digunakan karena pada panel utama tersebut banyak pembagian *outgoing feeder* yang didistribusikan ke panel lain.



Gambar 2.10. Busbar

### 2.4. Daya Listrik

#### 2.4.1. Pengertian Daya Listrik

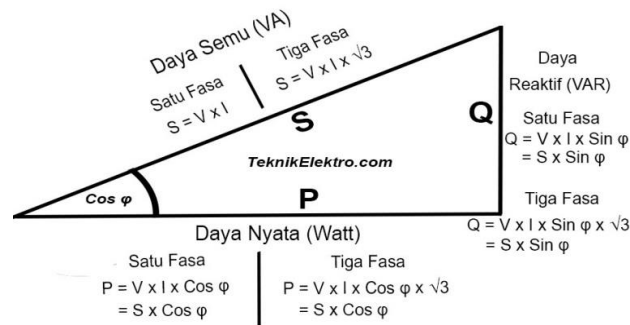
Daya listrik atau adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian (Belo et al, 2016). Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik, sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut.

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

Dimana: P = Daya Listrik (P), V = Tegangan Listrik (V) , I = Arus Listrik (I)

#### 2.4.2. Segitiga Daya

Hubungan antara daya nyata, daya semu dan daya reaktif tergambar dalam bentuk segitiga yang disebut dengan segitiga daya. Segitiga daya dijelaskan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Diagram Segitiga Daya  
Sumber: <https://Teknikelektro.com>

### a. Daya Aktif

Daya aktif (*active power*) adalah daya yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya (Yuniarto *et al*, 2018). Satuan daya aktif adalah Watt. Misalnya energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain. Rumus dari daya aktif adalah:

$$\text{Rumus 1 Fasa} \quad P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (2)$$

$$\text{Rumus 3 Fasa} \quad P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot \sqrt{3} \quad (3)$$

Keterangan:

P : Daya Nyata (Watt)      I : Arus pada penghantar (Ampere)

V : Tegangan (Volt)       $\cos \varphi$  : Faktor Daya

### b. Daya Semu

Daya semu merupakan daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan *root mean square* (rms) dan arus rms dalam suatu jaringan. Daya semu juga merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) (Esye dan Lesmana *et al*, 2021). Satuan daya semu adalah *volt ampere* (VA). Persamaan untuk mendapatkan nilai daya semu dalam sistem satu fasa adalah:

$$S = V \cdot I \quad (4)$$

Sedangkan persamaan untuk sistem tiga fasa adalah:

$$S = V \cdot I\sqrt{3} \quad (5)$$

Dengan

S : Daya Semu    V : Tegangan (Volt)

I : Arus pada penghantar (I)

### c. Daya Reaktif

Daya reaktif atau *reactive power* adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet menjadi fluks medan magnet (Yuniarto *et al*, 2018). Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu TL dan lain-lain. Satuan daya reaktif adalah VAR.

$$Q = V \cdot I \cdot \text{Sin} \varphi \cdot \sqrt{3} \quad (6)$$

## 2.5. Kemampuan Hantar Arus (KHA)

Untuk menentukan luas penampang penghantar yang diperlukan maka, harus ditentukan berdasarkan atas arus yang melewati penghantar tersebut. Arus nominal yang melewati suatu penghantar dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

Satu fasa	$I = \frac{P}{V \cdot \text{Cos} \varphi} \cdot 1,25$	(7)
-----------	---	-----

Tiga fasa	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \cdot \text{Cos} \varphi} \cdot 1,25$	(8)
-----------	---	-----