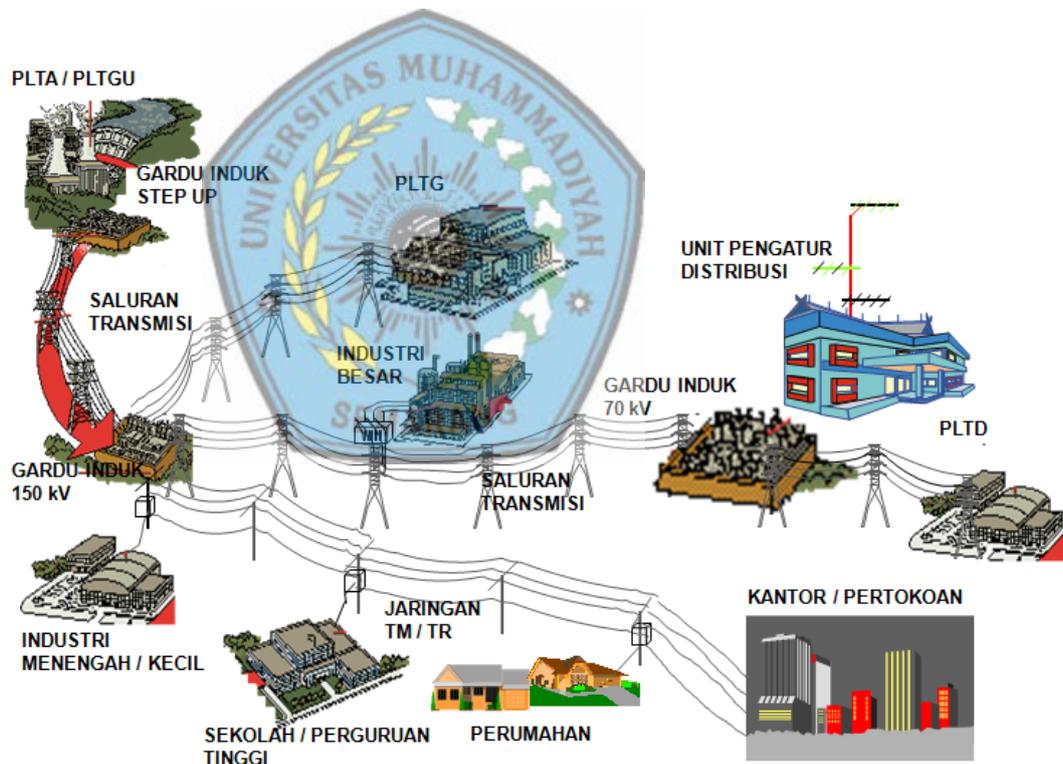


BAB II DASAR TEORI

2.2 Gardu Induk

Gardu Induk adalah bagian dari sistem transmisi yang menerima dan menyalurkan energi listrik sesuai dengan kebutuhan tegangan serta memiliki peralatan untuk memisahkan sistem tenaga, peralatan yang terganggu atau peralatan yang akan dipelihara.

Gardu Induk mendapatkan energi listrik yang berasal dari pembangkit ataupun dari gardu induk lainnya dan menyalurkannya energi listrik tersebut ke gardu induk lain, konsumen tegangan tinggi dan ke jaringan sistem distribusi.



Gambar 2.1 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik

2.2 Pemutus Tenaga (PMT)

Berdasarkan *IEV (International Electrotechnical Vocabulary)* 441-14-20 disebutkan bahwa Circuit Breaker (CB) atau Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar / switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal / gangguan seperti kondisi short circuit / hubung singkat.

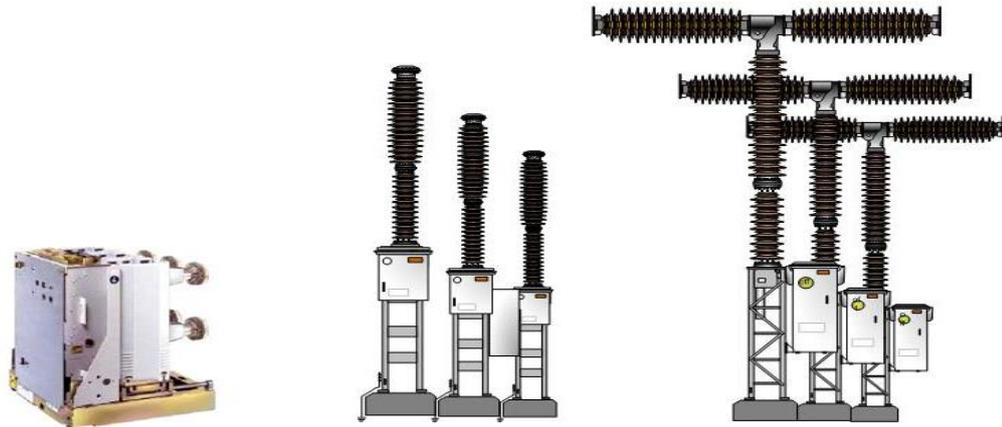
Fungsi utamanya adalah sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatan lain.

Pemutus Tenaga (PMT) diklasifikasi menjadi beberapa jenis yaitu berdasarkan tegangan rating / nominal, jumlah mekanik penggerak, media isolasi dan pemadam busur api.

2.2.1 Pemutus Tenaga (PMT) berdasarkan tegangan rating / nominal

PMT dapat dibedakan menjadi :

1. PMT tegangan rendah (*Low Voltage*)
Dengan range tegangan 0.1 s/d 1 kV (SPLN 1.1995 - 3.3).
2. PMT tegangan menengah (*Medium Voltage*)
Dengan range tegangan 1 s/d 35 kV (SPLN 1.1995 – 3.4).
3. PMT tegangan tinggi (*High Voltage*)
Dengan range tegangan 35 s/d 245 kV (SPLN 1.1995 – 3.5).
4. PMT tegangan extra tinggi (*Extra High Voltage*)
Dengan range tegangan lebih besar dari 245 kVAC (SPLN 1.1995 – 3.6).



PMT 20KV (Tegangan Menengah)

PMT 150KV (Tegangan Tinggi)

PMT 500KV (Tegangan Extra Tinggi)

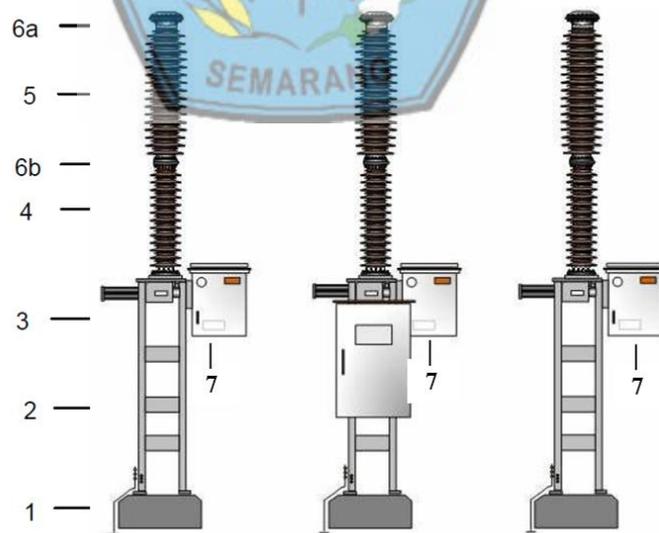
Gambar 2.2 Macam – macam PMT

2.2.2 Pemutus Tenaga (PMT) berdasarkan jumlah mekanik penggerak

PMT dapat dibedakan menjadi :

1. PMT *Single Pole*

PMT tipe ini mempunyai mekanik penggerak pada masing-masing pole atau fasa, umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay penghantar agar PMT bisa *reclose* satu fasa.



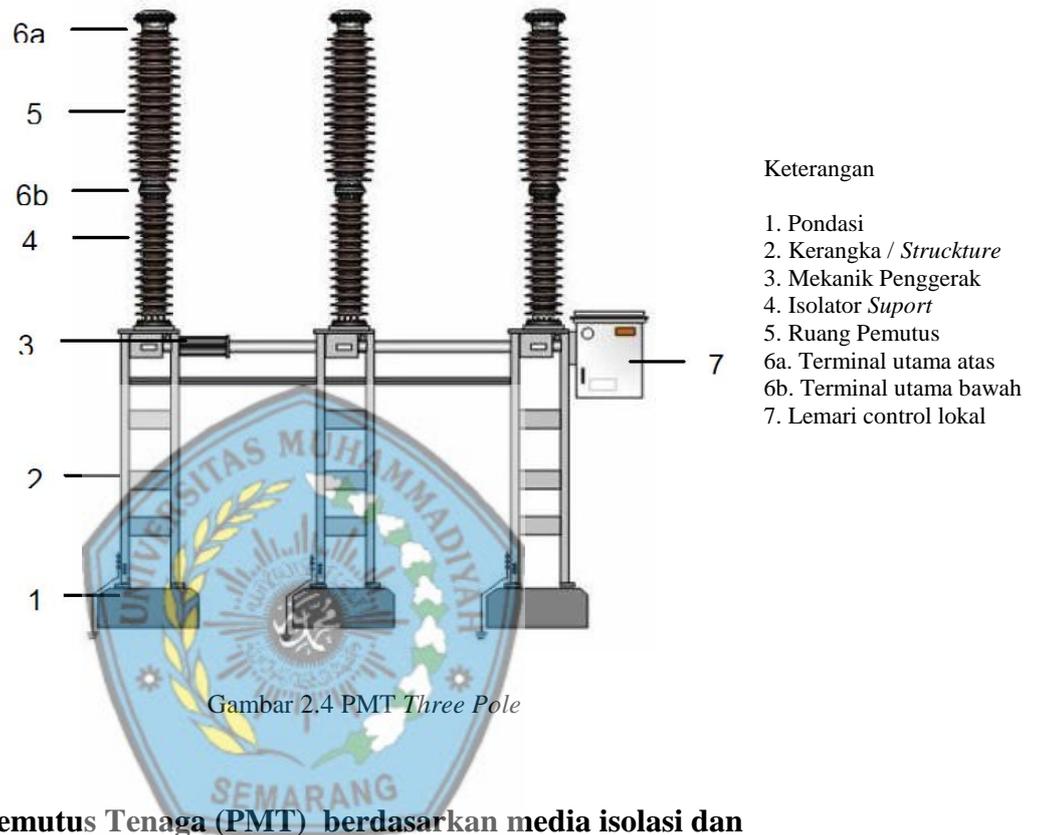
Keterangan

1. Pondasi
2. Kerangka / *Structure*
3. Mekanik Penggerak
4. Isolator *Support*
5. Ruang Pemutus
- 6a. Terminal utama atas
- 6b. Terminal utama bawah
7. Lemari control lokal

Gambar 2.3 PMT *Single Pole*

2. PMT *Three Pole*

PMT jenis ini mempunyai satu mekanik penggerak untuk dapat menggerakkan tiga fasa. Umumnya PMT jenis ini dipasang pada bay trafo, bay kopel serta PMT 20 KV untuk distribusi.



2.2.3 Pemutus Tenaga (PMT) berdasarkan media isolasi dan pemadam busur api

PMT dapat dibedakan menjadi :

1. PMT Gas SF₆

PMT jenis ini menggunakan gas SF₆ sebagai media pemadam busur api yang timbul pada waktu memutus arus listrik. sebagai isolasi gas SF₆ mempunyai kekuatan dielektrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara dan kekuatannya ini bertambah sering dengan bertambahnya tekanan.

Umumnya PMT jenis ini merupakan tipe tekanan tunggal (*single pressure type*),dimana selama operasi membuka atau

menutup PMT, gas SF₆ ditekan kedalam suatu tabung/silinder yang menempel pada kontak bergerak. Pada waktu pemutusan, gas SF₆ ditekan melalui *nozzle* dan tiupan ini yang mematikan busur api.



Gambar 2.5 PMT Gas SF₆

2. PMT Minyak

PMT jenis ini menggunakan minyak sebagai isolasi dan pemadam busur api yang timbul saat PMT bekerja membuka atau menutup.

PMT ini dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- PMT menggunakan minyak banyak (*Bulk Oil*)
- PMT menggunakan minyak sedikit (*Small Oil*)

PMT jenis ini digunakan mulai dari tegangan menengah 6 KV sampai tegangan ekstra tinggi 425 KV dengan arus nominal 400 A sampai dengan 1250 A dengan arus pemutusan simetris 12 KA sampai 50 KA.



Gambar 2.6 PMT minyak

3. PMT Udara Hembus (*Air Blast*)

PMT jenis ini menggunakan udara untuk memadamkan busur api dengan cara menghembuskan udara ke ruang pemutusan saat PMT membuka atau menutup.



Gambar 2.7 PMT Udara Hembus (*Air Blast*)

4. PMT Hampa Udara (*Vacuum*)

Ruang hampa udara mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi yang dapat dijadikan sebagai media pemadam busur api. Media pemadam busur api hampa udara ini banyak digunakan pada tegangan menengah 24 KV.

Ruang kontak utama PMT jenis ini dibuat dari bahan porcelain, kaca, atau plat baja yang kedap udara. Ruang kontak tersebut tidak dapat dipelihara dan umurnya sekitar 20 tahun. Kerena kemampuan dielektriknya yang tinggi maka PMT jenis ini memiliki bentuk fisik yang kecil.



Gambar 2.8 PMT dengan hampa udara (*Vacuum*)

2.2.4 Komponen Pemutus Tenaga (PMT) dan Fungsinya

2.2.4.1 *Primary*

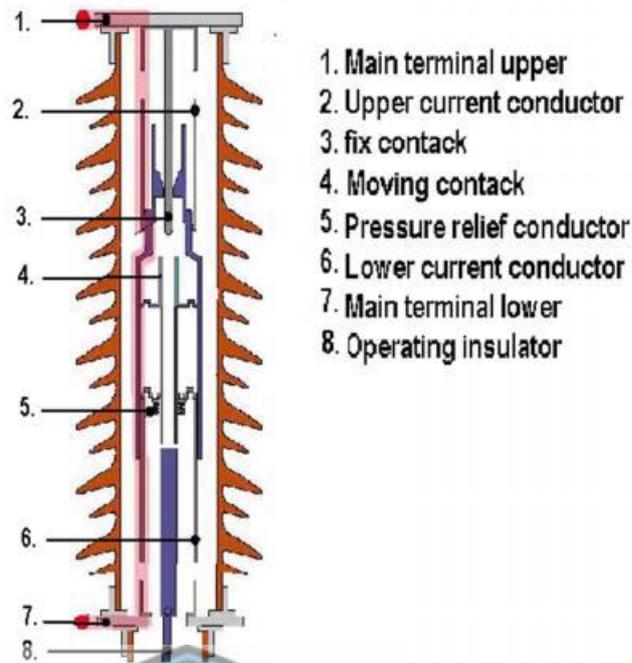
Komponen *Primary* merupakan bagian PMT yang bersifat konduktif dengan fungsi menyalurkan energy listrik dengan losses yang rendah dan mampu menghubungkan atau memutuskan arus beban saat kondisi normal / tidak normal.

Bagian-bagian *Primary* sebagai berikut :

1. *Interrupter*

bagian terjadinya proses membuka atau menutup PMT dimana didalamnya terdapat beberapa jenis kontak yang berkenaan langsung dalam proses penutupan atau pemutusan arus yaitu kontak bergerak (*moving contact*), Kontak tetap (*fixed contact*), Kontak arching (*arching contact*).





Gambar 2.9 Interrupter

2. Aksesoris *Interrupter* (jika ada)

Interrupter memiliki aksesoris sebagai berikut :

- a. Resistor yang dipasang paralel dengan unit pemutus utama yang bekerja pada saat penutupan kontak PMT yang berfungsi untuk mengurangi kenaikan nilai dari tegangan pukul (*restriking voltage*), Mengurangi arus pukulan (*chopping current*) pada waktu pemutusan, Meredam tegangan lebih karena mengoperasikan PMT tanpa beban pada penghantar panjang.
- b. Kapasitor yang dipasang paralel dengan tahanan atau Resistor, unit pemutus utama dan unit pemutus pembantu yang berfungsi untuk Mendapatkan pembagian tegangan (*Voltage distribution*) yang sama pada setiap celah kontak, sehingga kapasitas pemutusan (*breaking capacity*) pada

setiap celah adalah sama besarnya serta meningkatkan kinerja PMT pada penghantar pendek dengan mengurangi frekuensi kerja.

3. Terminal Utama

Bagian PMT yang berupa titi sambungan / koneksi antara PMT dengan konduktor luar yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari atau ke konduktor luar.



Gambar 2.10 Terminal Utama PMT

2.2.4.2 Dielectric

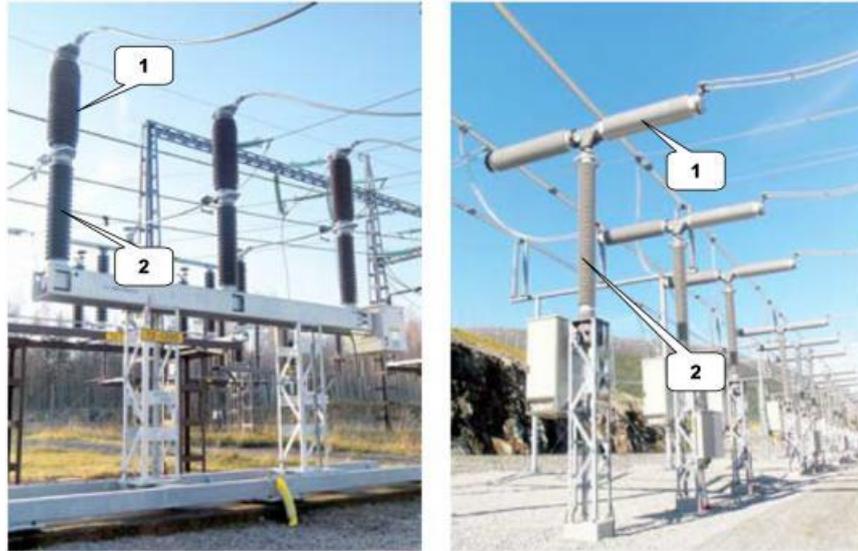
Dielectric merupakan Bagian dari pemutus tenaga yang berfungsi mengisolasi peralatan dan memadamkan busur api dengan sempurna pada saat *Moving contact* bekerja. Komponen Dielektrik pada PMT adalah sebagai berikut :

1. Isolator Ruang Pemutus

Merupakan Isolator yang berada di ruang pemutus (*interrupting chamber*)

2. Isolator Penyangga (*Isolator Support*)

Merupakan Isolator yang berada pada penyangga / support



Keterangan : 1. Isolator ruang Pemutus dan 2. Isolator Penyangga

Gambar 2.11 Isolator Ruang Pemutus dan Isolator Penyangga

3. Media Pemadam Busur Api

Media yang berfungsi untuk sebagai media pemadam busur api yang timbul pada saat PMT bekerja membuka atau menutup.

2.2.4.3 Mekanik Penggerak (*Driving Mechanism*)

Berfungsi untuk menyimpan energi untuk dapat menggerakkan kontak gerak (*Moving Contact*) PMT dalam waktu tertentu sesuai dengan spesifikasinya.

Jenis-jenis penggerak PMT sebagai Berikut :

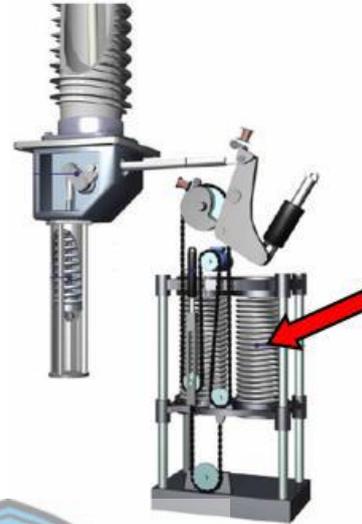
1. Penggerak Pegas (*Spring Drive*)

PMT ini menggunakan Pegas sebagai media penggeraknya.

Terdapat 2 (dua) macam pennegerak pegas yaitu :

a. Penggerak Pegas Pilin (*Helical Spring*)

PMT jenis ini menggunakan pegas pilin sebagai sumber tenaga penggerak yang di tarik atau diregangkan oleh motor melalui rantai.



Gambar 2.12 Penggerak Pegas Pilin (*Helical Spring*)

b. Penggerak Pegas Gulung (*Scroll Spring*)

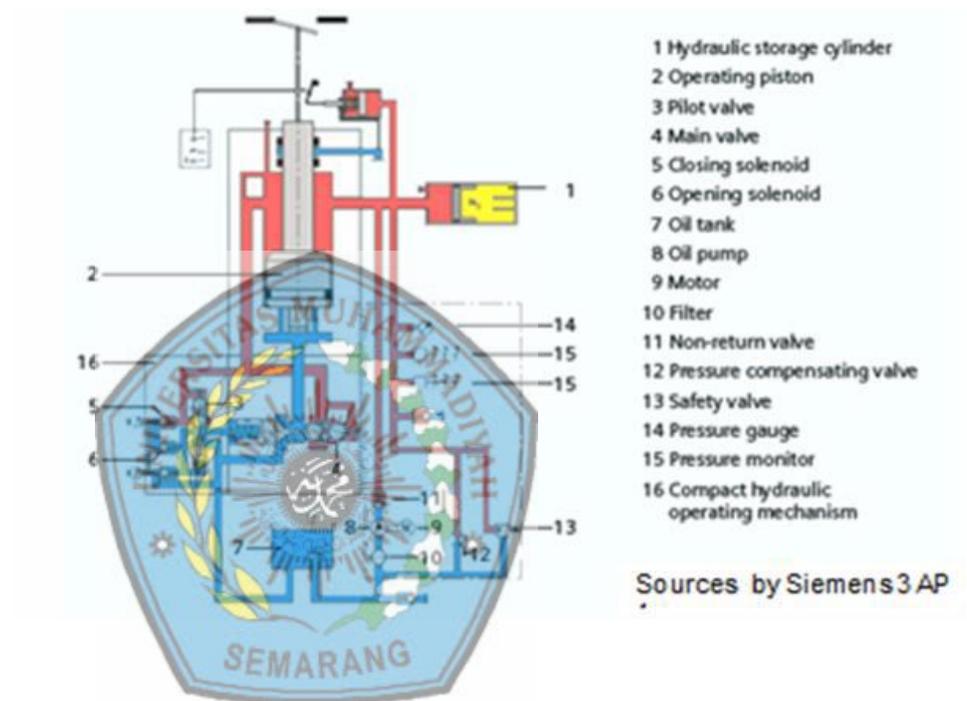
PMT ini menggunakan pegas gulung untuk sumber tenaga penggerak yang di putar oleh motor melalui roda gigi.



Gambar 2.13 Penggerak Pegas Gulung (*Scroll Spring*)

2. Penggerak Hidrolik

Penggerak mekanik PMT hidrolik adalah rangkaian gabungan dari beberapa komponen mekanik, elektrik dan hidrolik oil yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup PMT.



Gambar 2.14 Penggerak Hidrolik

3. Penggerak *Pneumatic*

Penggerak mekanik PMT pneumatic adalah rangkaian gabungan dari beberapa komponen mekanik, elektrik dan udara bertekanan yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi sebagai penggerak untuk membuka dan menutup PMT.

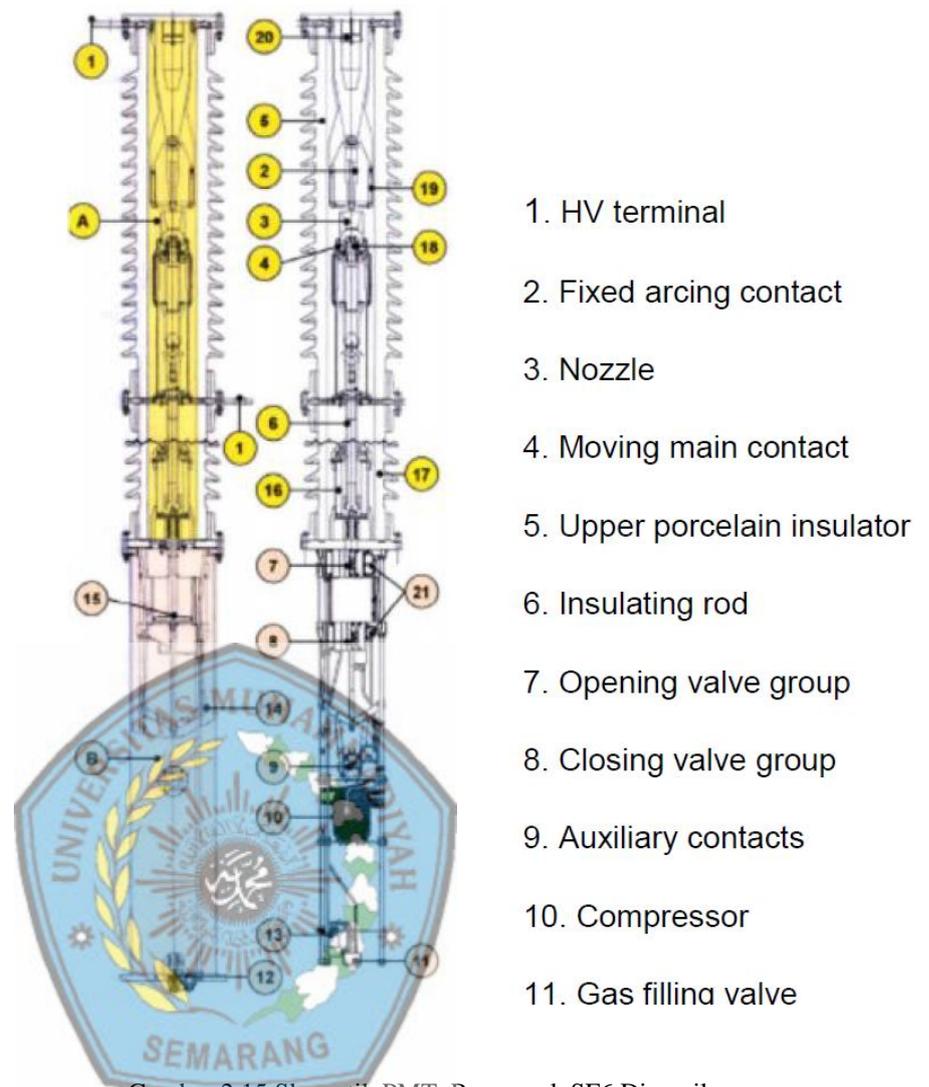
4. Penggerak SF6 Dinamik

PMT jenis ini media memanfaatkan tekanan gas SF₆ yang berfungsi ganda selain sebagai pemadam tekanan gas juga dimanfaatkan sebagai media penggerak. Setiap PMT terdiri dari 3 identik pole, dimana masing – masing merupakan unit yang terdiri dari *Interrupter*, isolator tumpu, dan power aktuator yang digerakkan oleh gas SF₆ masing – masing *pole* dalam *cycle* tertutup.

Energi untuk menggerakkan kontak utama terjadi karena adanya perbedaan tekanan gas SF₆ antara:

- c. Volume yang terbentuk dalam interrupter dan isolastor tumpu.
- d. Volume dalam enclosure mekanik penggerak



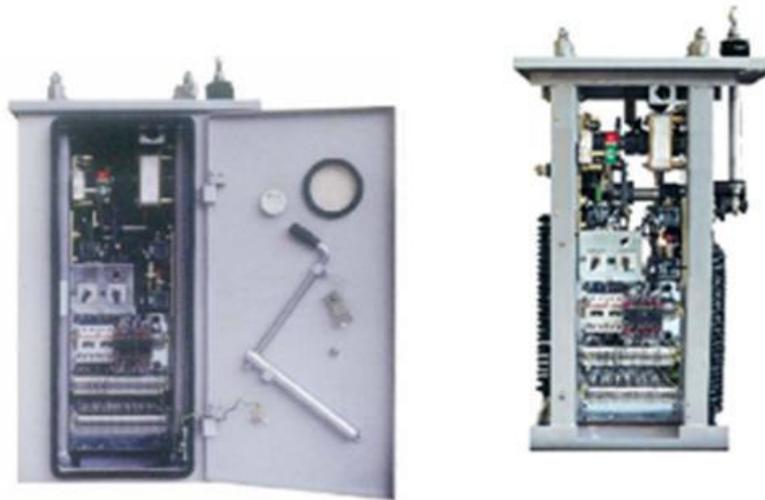


Gambar 2.15 Skematik PMT Penggerak SF6 Dinamik

2.2.4.4 Secondary

Komponen *secondary* PMT berfungsi untuk mengirim sinyal kontrol/trigger untuk mengaktifkan komponen mekanik pada waktu yang tepat, bagian komponen *secondary* terdiri dari:

1. Lemari Mekanik / Kontrol berfungsi untuk melindungi peralatan tegangan rendah dan sebagai tempat *secondary equipment*.



Gambar 2.16 Lemari Mekanik / Kontrol

2. Terminal dan *wiring control* adalah bagaian *secondary* yang berupa terminal dan *wiring* rangkain *control* yang berfungsi untuk memberikan *trigger* pada mekanik penggerak PMT (PLN, 2014)

2.3 Arduino

Arduino merupakan papan mikrokontroller yang bersifat *open source* yang memiliki *software* pengembangan sendiri dan *hardware* menggunakan prosesor Atmel AVR yang dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik diberbagai bidang. Arduino bersifat *open source* karena terbuka bagi siapa saja untuk dapat mengunduh skema hardware dan membangunnya sehingga dapat membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif.

Arduino terdiri dari dua bagian yaitu *hardware* berupa perangkat keras dan *software* berupa IDE untuk menulis program, driver untuk koneksi, contoh program dan library untuk pengembangan. Untuk hardware memiliki komponen utama sebuah mikrokontroller 8 bit dengan merk Atmega dari perusahaan Atmel Corporation dan untuk *software* bahasa yang digunakan adalah bahasa C yang

disederhanakan dengan bantuan *libraries* Arduino sehingga bukan bahasa assembler yang terlalu sulit.

Kelebihan Arduino adalah sebagai berikut :

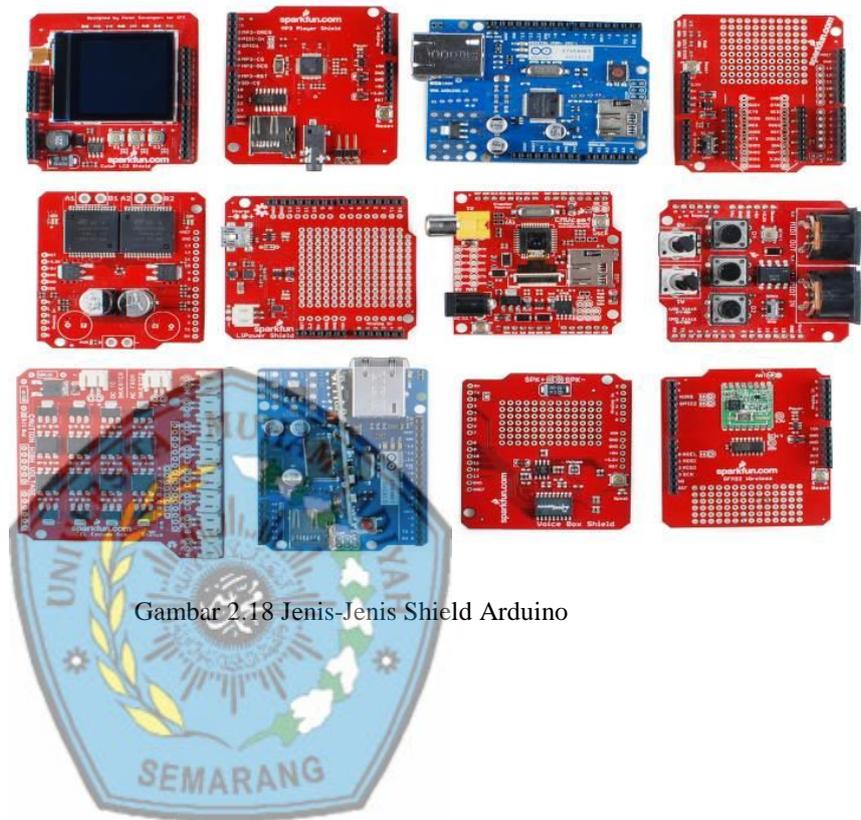
1. Murah untuk *hardware* atau papan perangkat keras arduino harganya relatif lebih murah dibandingkan dengan platform mikrokontroler pro lainnya.
2. Sederhana dan mudah pemrogramannya
3. *Hardware* dan *software*-nya bersifat *open source*
4. Tidak memerlukan *chip programmer* karena didalamnya sudah ada *bootloader* untuk upload program dari komputer
5. Memiliki sarana komunikasi USB sehingga dapat digunakan pada PC atau laptop yang tidak memiliki *port serial / RS323*
6. Memiliki Shield atau modul siap pakai yang bisa ditancapkan pada board Arduino.

Arduino memiliki berbagai macam jenis diantaranya yaitu Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Due, Arduino Leonardo, Arduino Fio, Arduino, Arduino Nano, Arduino Mini, Arduino Mikro, Arduino Esplora dan lain-lain.



Gambar 2.17 Jenis-Jenis Arduino

Arduino memiliki berbagai macam shield atau modul siap pakai diantaranya yaitu Arduino GSM Shield, Arduino Ethernet Shield, Arduino Wifi Shield, Arduino Wireless SD Shield, Arduino Motor Shield, Arduino Proto Shield dan lain-lain.



Gambar 2.18 Jenis-Jenis Shield Arduino

2.3.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan *board* Arduino Mega yang menggunakan chip ATmega2560. *Board* ini memiliki jumlah pin yaitu 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset.



Gambar 2.19 Arduino Mega 2560

Chip Mikrokontroller	ATmega 2560
Tegangan Operasi	5 Volt
Tegangan Input (rekomendasi)	7-12 Volt
Tegangan Input (limit)	6-20 Volt
Digital I/O pin	54 Buah (6 buah diantaranya menyediakan untuk PWM output)
Analog Input Pin	16 Buah
Arus DC Per Pin I/O	20 mA
Arus DC Pin 3,3 V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan jenis Arduino dengan pin terbanyak yaitu 54 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai input atau output dimana pin tersebut bekerja dengan tegangan 5 V dimana dapat menyediakan atau menerima arus sebesar 20mA dan maksimalnya adalah 40 mA serta memiliki tahanan pull-up sekitar 20-50k ohm. Untuk mengaktifkan pin tersebut menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. (<https://www.arduino.cc>)

2.3.2 Ethernet Shield

Ethernet Shield adalah modul Arduino yang berfungsi untuk menghubungkan arduino dengan jaringan internet dengan menggunakan kabel RJ45. Berbasis chip Wiznet W5100 menyediakan stack jaringan (IP) maupun TCP dan UDP. Menggunakan Ethernet library untuk menulis program agar arduino dapat terhubung ke jaringan. Ethernet shield memiliki slot micro SD yang dapat diisi micro SD untuk keperluan menyimpan data.



Gambar 2.20 Ethernet Shield

Ethernet Shield dapat dipasang pada Arduino uno atau Arduino Mega 2560 dengan cara memasukan pin-pinnya pada board Arduino tersebut. Untuk berkomunikasi Ethernet Shield pada Board Arduino Mega 2560 menggunakan pin digital 50, 51, dan 52. (<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>)

2.4 Relay

Relay adalah alat yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak-kontak sakelar. Cara kerja dari relay yaitu ketika elektromagnetik diberi tegangan operasi relay maka relay akan bekerja dan

menggerakkan kontak-kontak saklar atau merubah posisi kontak-kontak saklar tersebut sehingga terjadinya proses *switching*.

Relay dapat difungsikan sebagai berikut :

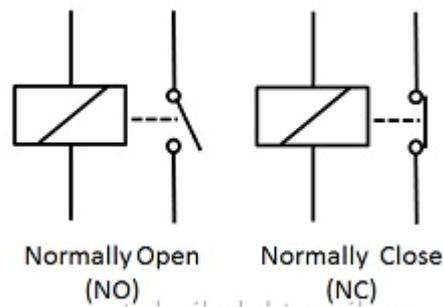
1. Mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan tegangan rendah
2. Menjalankan fungsi logika
3. Memberikan fungsi penundaan waktu
4. Melindungi komponen peralatan dari kelebihan tegangan atau short circuit



Gambar 2.21 Relay

Relay memiliki dua jenis kontak yaitu:

1. Kontak NO (*Normally Open*) yaitu kontak relay yang sebelum diaktifkan atau coil sebelum diberi tegangan kondisi kontak terbuka atau tidak terhubung (*open*) namun jika *coil* diberi tegangan maka posisi kontak akan tertutup atau terhubung (*Close*)
2. Kontak NC (*Normally Close*) yaitu kontak relay yang sebelum diaktifkan atau coil sebelum diberi tegangan kondisi tertutup atau terhubung (*Close*) namun jika *coil* diberi tegangan maka posisi kontak akan terbuka atau tidak terhubung (*open*)



Gambar 2.22 Kontak Relay

2.5 Kabel *Unshielded Twisted Pair* (UTP)

Kabel UTP adalah kabel transmisi untuk jaringan Local Area Network (LAN) pada sistem network/jaringan Komputer. Umumnya kabel UTP memiliki impedansi kurang lebih 100 ohm. Kabel UTP terbuat dari bahan penghantar tembaga serta isolasi dari plastik dan terbungkus oleh bahan isolasi yang dapat melindungi dari api serta kerusakan fisik tetapi tidak memiliki pelindung dari interferensi elektromagnetik.



Gambar 2.23 Kabel UTP

2.6 Router

Router adalah perangkat keras jaringan komputer yang berfungsi untuk mengirimkan paket data jaringan untuk dapat menuju tujuannya dengan membagi atau mendistribusikan IP address, baik itu secara statis ataupun DHCP atau

Dynamic Host Configuration Protocol kepada semua komputer yang terhubung ke router tersebut.

Selain dapat terhubung dengan jaringan LAN router juga dapat terhubung dengan menggunakan jaringan *wireless* sehingga router dapat terhubung dengan Komputer, Laptop, smartphone ataupun Gadget yang berada pada area jangkauan router tersebut.



Gambar 2.24 Router

