

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka

Salah satu faktor yang melatarbelakangi aktifitas suatu peralatan listrik adalah sumber energi listrik. Pada industri ketika sumber PLN padam atau turun tegangan, dapat mengakibatkan kerugian yang besar serta memperlambat aktifitas industri. Sehingga penggunaan sumber energi listrik cadangan sangat dibutuhkan disertai dengan penggunaan sistem distribusi listrik yang efektif dan efisien. Berikut akan dipaparkan beberapa penelitian yang dijadikan sebagai referensi penulisan Tugas Akhir ini, sebagai berikut:

1. Andreas (2016) tentang “Rancang Bangun Sistem *Fleksible ATS (Automatic Transfer Switch)* Berdasarkan Perubahan Arus Pada Instalasi Listrik Kapal Berbasis *Microcontroller*”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *ATS* yang dapat melakukan proses pengalihan perpindahan dua sumber listrik yang aman dan efektif berdasarkan besarnya pemakaian daya listrik . Dengan menggunakan *Automatic Transfer Switch* berbasis *microcontroller* tersebut dapat menyelesaikan permasalahan dalam pergantian dua buah sumber energi listrik secara aman dan efektif.
2. Edo Wahyu Anggara (2015) tentang “Sistem Informasi Dan Sistem Kontrol Pada *Automatic Transfer Switch*”. Penelitian ini berfokus pada perancangan Panel *ATS* dengan sensor tegangan untuk mendeteksi sumber listrik padam atau tidak, dan sensor arus yang digunakan untuk *memonitoring* penggunaan daya dari besar arus dan tegangan yang terukur oleh masing-masing sensor.
3. Eko Susanto (2013) tentang “*Automatic Transfer Switch*”. Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem kontrol otomatis yang berfungsi sebagai media penghubung antara *Power Inverter* dengan beban saat sumber PLN padam. Serta analisa tentang pada gangguan sistem distribusi yang disebabkan oleh pemadaman.

4. Permadi Abdi Sutrimo (2015) tentang “*Back Up Power Pada Sistem ATS (Automatic Transfer Switch)*”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang *Back up power* pada sistem *ATS* untuk menjalankan sistem operasi. Sistem ini dibangun menggunakan baterai sekunder atau baterai isi ulang yang di susun secara parallel. *Power supply* digunakan untuk mengisi ulang baterai, dimana *power supply* akan mendapatkan tegangan dari PLN. Sistem ini bekerja ketika listrik PLN padam, yang memberikan *supply* tegangan ke *ATS (automatic transfer switch)* sehingga pada sistem tersebut dapat menghidupkan *genset*. Pada sistem ini juga *memonitoring* level tegangan baterai yang di buat dengan aplikasi *virtual basic* sehingga dapat mengetahui level baterai, *output power supply* dan *output inverter*.
5. Supriono (2015) tentang “Manajemen Daya Listrik dengan Sistem *Automatic Transfer and Synchronization Switch* berbasis *PLC*”. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu sistem *Automatic Transfer Switch (ATS)* menjadi *Automatic Transfer And Synchronization Switch (ATSS)*, sehingga sistem dapat memantau pemakaian daya listrik PLN yang tersambung. Saat daya listrik yang digunakan sudah melebihi 80%, maka generator sebagai sumber energi listrik alternatif akan bekerja mengalirkan energi listrik secara otomatis. Dan saat daya listrik berkurang dibawah 80% maka generator akan berhenti bekerja secara otomatis. Sistem ini juga dapat berfungsi sebagai sumber energi cadangan saat sumber energi listrik PLN terputus. Dari hasil pengujian dengan daya listrik PLN sebesar 900 *watt* dapat menyuplai beban maksimal 1.060 *watt*. Dan saat dibantu dengan generator 300 *watt* mampu menyuplai beban sampai dengan 1.450 *watt*.

B. Landasan Teori

1. Peraturan Dasar Perancangan Panel Distribusi

Dalam pelaksanaan pemasangan instalasi listrik harus sesuai dengan persyaratan dan ketentuan yang berlaku. Di Indonesia, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) merupakan pedoman utama dalam perancangan suatu instalasi listrik, tidak terkecuali dalam perancangan Panel distribusi listrik tegangan rendah juga harus sesuai dengan ketentuan yang ada. Maksud dan tujuan adanya PUIL yaitu agar instalasi listrik dapat terselenggara dengan benar, disertai terjaminnya keamanan bagi manusia, keamanan gedung, keamanan bagi lingkungan sekitar dan keamanan instalasi listrik itu sendiri beserta komponen penyusunnya.

Berikut merupakan beberapa ketentuan dalam perencanaan dan pemasangan suatu Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHBK) atau sering disebut dengan Panel Listrik, sebagai berikut :

a. Rancangan Desain Penataan PHBK

- 1) Komponen penyusun panel yang pada waktu kerjanya memerlukan kontrol manual seperti : *push button* dan alat ukur, harus ditempatkan pada posisi yang semudah mungkin, sehingga dalam pelayannya tidak memerlukan bantuan alat tambahan lagi.
- 2) Pada PHBK penyambungan saluran *input* dan *output* harus menggunakan sepatu kabel dan terminal, sehingga penyambungan terhadap komponen yang digunakan dapat dilakukan dengan mudah, aman dan teratur. Jika komponen tersebut terletak dekat dengan saluran masuk dan saluran keluar, ketentuan ini tidak berlaku.
- 3) Terminal kabel kendali harus ditempatkan terpisah dari terminal saluran daya.
- 4) PHBK yang digunakan dalam bangunan sederhana harus dari jenis tertutup dengan bahan kotak yang tidak mudah terbakar.

- 5) Pada PHBK yang digunakan pada bangunan sederhana, arus hubung pendek tidak boleh melebihi 6000 A.
- 6) Hubungan dan sambungan penghantar dalam PHBK harus sesuai dengan ketentuan yang ada. Sepatu kabel, baut serta komponen yang terbuat dari logam dan berfungsi sebagai penghantar, harus dilapisi dengan pencegah karat agar tercipta hubungan listrik yang baik. Lapisan tersebut hanya digunakan pada rel tembaga dengan pemakaian arus 1000A ke atas. Untuk sambungan bimetal atau sambungan dua jenis logam yang berbeda akan digunakan sambungan khusus.

b. Penanda Pada Suatu PHBK

- 1) Pengenal yang jelas harus dipasang pada sirkit arus PHBK di beberapa tempat yang mudah dan jelas terlihat, sehingga memudahkan dalam pemeliharaan dan proses kerjanya.
- 2) Tiap penghantar fasa, penghantar netral dan rel pembumian harus dapat dibedakan secara mudah dengan warna atau tanda yang telah ditentukan.

c. Komponen yang Dipasang dan Perlengkapannya

Komponen yang digunakan pada PHBK harus sesuai dengan fungsi dan kegunaannya, agar aman dan tidak terjadi gangguan. Serta kemampuan atau spesifikasi komponen yang dipasang harus sesuai dengan keperluan.

1) Komponen Gawai Kendali

- a) Komponen yang berguna sebagai pengendali seperti : *magnetic contactor* dan *push button* harus mempunyai batas kemampuan yang sesuai dengan kegunaannya.
- b) Penghantar atau kabel yang digunakan sebagai penghubung antar komponen gawai kendali harus berukuran sekurang-kurangnya 1 mm. Jika komponen gawai kendali sudah terpasang penghantar ketentuan ini tidak berlaku.

2) Saklar, Pemisah, Pengaman Lebur, dan Pemutus

- a) Saklar, pemisah dan pemutus pada PHBK harus memiliki jumlah kutub minimal yang sama dengan banyaknya fasa yang digunakan. Semua kutub harus dapat diputus dan dihubungkan secara bersamaan.
- b) Untuk Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan sistem penghantar pengaman (IT) yang menghubungkan beban dari pembangkit menuju jaringan umum, harus menggunakan saklar empat kutub.
- c) Untuk JTR dengan sistem IT, harus menggunakan pemisah atau pemutus sirkit empat kutub.
- d) Untuk JTR dengan sistem pembumian pengaman (TT) dapat menggunakan saklar dan pemutus sirkit tiga kutub maupun empat kutub.
- e) Untuk JTR dengan pembumian netral pengaman (TNC) yang memutus dan menghubungkan penghantar fasa, harus menggunakan saklar, pemisah dan pemutus tiga kutub, dimana penghantar netral tidak diputuskan.
- f) Saklar harus dirancang sedemikian rupa sehingga saat salah satu fasa yang tidak dibumikan terputus saklar ini akan memutus secara serempak. Ketentuan ini tidak berlaku jika saklar digunakan untuk memutus dan menghubungkan beban berdaya kecil dengan daya gabungan tidak lebih dari 2 KW.
- g) Saklar tidak boleh digunakan pada penghantar pembumian. Saklar hanya boleh digunakan pada penghantar netral dengan ketentuan semua penghantar fasa ikut terputus dan terhubung saat saklar bekerja.
- h) Pengaman lebur jenis terbuka pada tegangan rendah hanya digunakan pada instalasi di suatu ruangan khusus.

- i) Pengaman dan pemutus sirkit harus memiliki kemampuan arus maksimal yang sekurang-kurangnya sama dengan arus nominal rangkaian. Jika terdapat penambahan beban yang tidak diperkirakan dapat diadakan proteksi tambahan dengan dengan pengaman dan pemutus sirkit yang sesuai dengan arus nominalnya.
- j) Pemilihan pengaman dan pemutus sirkit harus sesuai dengan penggunaan dan daerah kerjanya.
- k) Pengaman lebur yang memiliki arus nominal sampai dengan 25 A, tidak boleh diletakan dibelakang pengaman lebur dengan arus nominal lebih dari 200 A tanpa proteksi perantara, kecuali jika ada faktor pendukung yang dapat mencegah terjadinya kecelakaan saat terjadi gangguan atau *konsleting*.
- l) Pengaman lebur dengan arus nominal dibawah 25 A dapat digunakan sebagai pelindung terhadap bahaya tegangan sentuh serta naiknya tegangan kerja pada rangkaian tersebut.
- m) Pada pemasangan pengaman lebur berulir, kawat penghantar harus dihubungkan dengan kontak alas rumah panel.
- n) Pemutus sirkit otomatis harus dilengkapi dengan komponen pendukung yang dapat menjamin pemutusan secara bebas.
- o) Pada pemutus sirkit otomatis harus disertai dengan penyetelan arus tertinggi dan terrendah.

Untuk mempermudah pemilihan komponen, dapat diringkas dalam tabel kemampuan beberapa komponen berdasarkan fungsinya, yaitu :

Tabel 2.1 Daftar Kemampuan Beberapa Komponen Berdasarkan Fungsi dan Kegunaannya

Nama Komponen	Fungsi Isolator	Fungsi Kendali	Fungsi Proteksi
Kontaktor	-	Saklar darurat, berhenti darurat, perawatan mekanikal	Beban Lebih
Saklar	Isolasi	Fungsional, saklar darurat, berhenti darurat, perawatan mekanikal	-
Saklar Otomatis	-	Fungsional, saklar darurat, perawatan mekanikal	-
Saklar Pemisah	Isolasi	Fungsional, saklar darurat, berhenti darurat, perawatan mekanikal	-
Pemutus Sirkuit	-	Fungsional, saklar darurat, berhenti darurat, perawatan mekanikal	Beban Lebih, hubung pendek
Pemisah	Isolasi	Fungsional, saklar darurat, berhenti darurat, perawatan mekanikal	Beban Lebih, hubung pendek
RCBB	Isolasi	Fungsional, saklar darurat, berhenti darurat, perawatan mekanikal	Kejut listrik
RCBO	Isolasi	Fungsional, saklar darurat, berhenti darurat, perawatan mekanikal	-
Sekring	Isolasi	-	Beban Lebih, hubung pendek
Isolator	Isolasi	-	-

Tabel 2.2 Pengelompokan *Circuit Breaker (CB)* Berdasarkan Arus Nominal Beban Listrik

Jenis <i>Circuit Breaker</i>	Arus Nominal (A)	
	1 fasa	3 fasa
<i>MCB</i>	$2 \geq I_n \geq 63$	$2 \geq I_n \geq 32$
<i>MCCB</i>	-	$80 \geq I_n \geq 1000$
<i>ACB</i>	-	$1250 \geq I_n \geq 3200$

Pengelompokan penggunaan *Circuit Breaker (CB)* didasarkan pada spesifikasi mesin listrik atau beban dan permintaan proyek, tetapi untuk mempermudah dalam pemilihannya dapat digunakan tabel di atas sebagai acuan sederhana dan umum dalam pemilihan *CB*.

Tabel 2.3 Pengelompokan Komponen Gawai Kendali Berdasarkan Arus Nominal Beban Listrik

Jenis Gawai Kendali	Arus Nominal (A)
<i>Magnetic Contactor</i>	$I_n > 10$
<i>Relay</i>	$I_n < 5$
<i>Time Delay Relay</i>	$I_n < 5$

3) Instrumen Ukur dan Indikator

- a) Instrumen ukur dan indikator yang digunakan pada PHBK harus terlihat jelas dan harus sesuai dengan besaran apa yang diukur dan gejala apa yang ditunjukkan.
- b) Semua alat ukur dan indikator yang dipasang pada PHBK harus dirancang agar terhindar dari kenaikan suhu kerja maksimal, pengaruh induksi listrik sekitar, pengaruh getaran mekanik atau pengaruh lain yang dapat menyebabkan turunnya keandalan dan akurasi alat ukur maupun indikator yang digunakan.

4) Terminal dan Sepatu Kabel

- a) Terminal pada PHBK harus menggunakan perpaduan dari bahan tembaga atau logam yang telah memenuhi standar dan persyaratan yang ada.
- b) Kemampuan terminal sekurang-kurangnya harus sama dengan kemampuan saklar dari sirkit yang bersangkutan.
- c) Sepatu kabel yang digunakan harus sesuai dengan ukuran kabel yang digunakan dan harus terbuat dari bahan penghantar listrik yang kuat.

5) Penghantar

- a) Penghantar utama maupun penghantar cabang pada PHBK harus terbuat dari tembaga atau logam lainnya yang memenuhi persyaratan sebagai penghantar listrik.
- b) Penghantar harus dilindungi dengan pemutus dan pengaman yang dapat bekerja dengan cepat saat terjadi kenaikan suhu yang sangat tinggi pada penghantar sesuai dengan batas maksimal penghantar.
- c) Besarnya arus nominal pemutus dan pengaman penghantar tidak boleh lebih besar dari Kemampuan Hantar Arus (KHA) penghantar yang akan dilindungi.
- d) Nilai arus yang mengalir pada penghantar harus sesuai dengan kemampuan penghantar yang digunakan berdasarkan ukuran, luas penampang dan beratnya, sehingga tidak menyebabkan kenaikan suhu yang melebihi 65°C . Untuk ukuran penghantar yang digunakan pada suhu 35°C dapat dilihat pada tabel, sebagai berikut :

Tabel 2.4 Daftar Pembebanan Penghantar Terus-menerus
 untuk Tembaga Penampang Persegi

Pembebanan Kontinus (<i>Amper</i>)								Jenis <i>Busbar</i> /Penghantar		
Arus Bolak-balik (AC)								Ukuran mm	Penampang mm ²	Berat kg/m
Dilapisi lapisan konduktif				Telanjang						
Jumlah Batang				Jumlah Batang						
1	2	3	4	1	2	3	4			
123	202	-	-	100	182	-	-	12 x 2	24	0,23
148	240	-	-	128	252	-	-	15 x 2	30	0,27
187	316	-	-	162	282	-	-	15 x 3	45	0,4
205	350	-	-	185	315	-	-	20 x 2	40	0,36
237	394	-	-	204	384	-	-	20 x 3	60	0,53
325	470	-	-	290	495	-	-	20 x 5	100	0,89
287	766	-	-	245	412	-	-	25 x 3	75	0,67
385	670	-	-	350	600	-	-	25 x 5	125	1,11
350	600	-	-	315	540	-	-	30 x 3	90	0,8
448	760	-	-	379	672	-	-	30 x 5	150	1,34
460	780	-	-	420	710	-	-	40 x 3	120	1,07
576	952	-	-	482	836	-	-	40 x 5	200	1,78
865	1470	2060	2800	715	1290	1650	2500	40 x 10	400	3,56
703	1140	1750	2310	588	994	1550	2100	50 x 5	250	2,23
1050	1720	2450	3330	852	1510	2200	3000	50 x 10	500	4,46
825	1400	1983	2650	750	1300	1800	2400	60 x 5	300	2,67
1230	1960	2800	3800	985	1720	2500	3400	60 x 10	600	5,34
1060	1800	2450	3300	950	1650	2700	2900	80 x 5	400	3,56
1590	2410	3450	4600	1240	2110	3100	4200	80 x 10	800	7,12
1310	2200	2950	3800	1200	2000	2800	3400	100 x 5	500	4,45
1940	2850	4000	5400	1490	2480	3600	4800	100x10	1000	8,9

Tabel 2.5 Daftar Pembebanan Penghantar Terus-menerus
 untuk Aluminium Penampang Persegi

Pembebanan Kontinus (<i>Amper</i>)								Jenis <i>Busbar</i> /Penghantar		
Arus Bolak-balik (AC)								Ukuran mm	Penampang mm ²	Berat kg/m
Dilapisi Lapisan Konduktif				Telanjang						
Jumlah Batang				Jumlah Batang						
1	2	3	4	1	2	3	4			
100	180	-	-	84	142	-	-	12 x 2	24	0,06
125	215	-	-	100	166	-	-	15 x 2	30	0,08
150	265	-	-	126	222	-	-	15 x 3	45	0,12
165	280	-	-	120	220	-	-	20 x 2	40	0,11
245	425	-	-	159	272	-	-	20 x 3	60	0,16
325	550	-	-	195	350	-	-	20 x 5	100	0,27
240	410	-	-	190	322	-	-	25 x 3	75	0,2
310	535	-	-	230	430	-	-	25 x 5	125	0,34
280	480	-	-	205	3385	-	-	30 x 3	90	0,24
360	625	-	-	295	526	-	-	30 x 5	150	0,4
370	630	-	-	280	500	-	-	40 x 3	120	0,32
460	800	-	-	376	658	-	-	40 x 5	200	0,54
670	1200	1650	2250	557	975	1350	1800	40 x 10	400	1,08
560	970	1400	1850	455	786	1120	1500	50 x 5	250	0,67
820	1440	1960	2660	667	1250	1600	2160	50 x 10	500	1,35
670	1160	1600	2120	500	900	1300	1730	60 x 5	300	0,81
960	1680	2280	3040	774	1390	1900	2500	60 x 10	600	1,62
880	1500	2000	2600	680	1170	1650	2230	80 x 5	400	1,08
1250	2140	2860	3800	983	1720	2360	3150	80 x 10	800	2,16
1080	1880	2450	3100	820	1440	2000	2600	100 x 5	500	1,35
1520	2550	3400	4300	1190	2050	2800	3700	100x10	1000	2,7

- e) Kabel yang digunakan harus memiliki kemampuan Hantar Arus yang sesuai dengan penggunaa dan daerah kerjanya, seperti dibawah ini :

Tabel 2.6 Daftar Kemampuan Hantar Arus untuk Penghantar Berinti Tunggal

Tipe Kabel	Luas Penampang (mm ²)	KHA Terus menerus		KHA Gawai Proteksi	
		Dalam Pipa (A)	Jaringan Udara (A)	Dalam Pipa (A)	Jaringan Udara (A)
NYA NYAF NYFA NYL	0,5	2,5	-	2	-
	0,75	7	15	4	10
	1	11	19	6	10
	1.5	15	24	10	20
	2.5	20	32	16	25
	4	25	42	20	35
	6	33	52	25	50
	10	45	73	35	63
	16	61	98	50	80
	25	83	129	63	100
	35	103	158	80	125
	50	132	198	100	160
70	165	245	125	200	

Tabel 2.7 Daftar Kemampuan Hantar Arus untuk Penghantar Berinti Tunggal

Tipe Kabel	Luas Penampang (mm ²)	KHA Terus menerus (A)	KHA Gawai Proteksi (A)
NYM, NYR NYIF, dan Kabel Fleksibel berisolasi PVC	1.5	18	10
	2.5	26	20
	4	34	25
	6	44	35
	10	61	50
	16	82	63
	25	108	80
	35	135	100
	50	168	125
	70	207	160
	95	250	200
120	292	250	

d. Desain *Box* Panel

Kualitas suatu *box* panel dapat diukur berdasarkan Indeks Proteksi (IP) panel tersebut, yang pada umumnya terdiri dari tiga angka, dimana masing-masing memiliki jenis proteksi tersendiri. Untuk angka pertama menandakan tingkat ketahanan panel terhadap benda asing, khususnya benda padat dan debu. Sedangkan untuk angka kedua menandakan tingkat ketahanan panel terhadap gangguan benda cair dan untuk angka ketiga menandakan ketahanan panel terhadap benturan benda asing.

Di bawah ini merupakan tabel yang menjelaskan arti dari ketiga angka penyusun indek proteksi suatu panel distribusi listrik.

Tabel 2.8 Indeks Proteksi *Box* Panel Listrik

Angka Pertama		Angka Kedua		Angka Ketiga	
No	Penjelasan	No	Penjelasan	No	Penjelasan
0	Tidak ada proteksi	0	Tidak ada proteksi	0	Tidak ada proteksi
1	Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 50 mm	1	Terlindung dari air yang jatuh vertikal	1	Tahan terhadap benturan sebesar 0,225 Joule (150 gram) yang jatuh setinggi 15 cm
2	Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 12 mm	2	Terlindung dari air yang jatuh membentuk sudut 15 drajat arah vertikal	2	Tahan terhadap benturan sebesar 0,5 Joule (250 gram) yang jatuh setinggi 20 cm
3	Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 2,5 mm	3	Terlindung dari air yang jatuh membentuk sudut 45 drajat arah vertikal	3	Tahan terhadap benturan sebesar 2 Joule (500 gram) yang jatuh setinggi 40 cm
4	Perlindungan terhadap benda yang lebih besar dari 1 mm	4	Terlindung dari air yang datang dari segala arah	4	Tahan terhadap benturan sebesar 6 Joule (1,5 gram) yang jatuh setinggi 40 cm
5	Perlindungan terhadap debu	5	Terlindung dari semprotan air yang menyerupai gelombang air laut	5	Tahan terhadap benturan sebesar 20 Joule (5 gram) yang jatuh setinggi 40 cm
6	Debu sekecil apapun tidak dapat masuk	6	Terlindung dari efek tenggelam atau kedap air dengan kedalaman 1 mm	6	
		7	Terlindung dari efek tenggelam atau Kedap air dengan kedalaman 1 mm yang disertai tekanan air	7	

2. Teori Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik merupakan sekumpulan komponen maupun elemen listrik yang saling berhubungan dengan sumber tegangan listrik sebagai masukan sistem dan beban sebagai keluaran sistem. Untuk penyusunannya memiliki beberapa variasi dan standar sesuai dengan kebutuhan dan minimal memiliki satu rangkaian tertutup agar dapat diketahui aliran arus dalam rangkaian tersebut.

Satu lintasan tertutup dalam rangkaian listrik merupakan sebuah jalur yang saling berhubungan, dimana titik awal yang dimaksud saling berhubungan tanpa terputus dan tidak memandang seberapa panjang atau pendek lintasan tersebut. Rangkaian listrik merupakan dasar dari teori listrik khususnya pada teknik elektro yang menjadi dasar atau acuan bagi ilmu-ilmu lainnya seperti elektronika, sistem komputer, sistem putaran mesin, serta teori kontrol dan kendali. Dibawah ini merupakan beberapa teori penting dalam rangkaian listrik, yaitu :

a. Daya

Daya didefinisikan sebagai energi yang digunakan untuk melakukan usaha. Sedangkan daya listrik merupakan kecepatan aliran energi listrik pada suatu lintasan listrik dalam satuan waktu. Dalam Satuan Internasional, daya listrik dinyatakan dalam satuan *Watt* atau *Joule* per detik. Daya listrik merupakan besaran terukur dari penyerapan energi listrik oleh beban listrik atau dari proses produksi listrik oleh pembangkit. Dibawah ini merupakan pengelompokan daya listrik dengan batasan pembahasan hanya pada listrik bolak-balik (AC), yaitu :

1) Daya Aktif

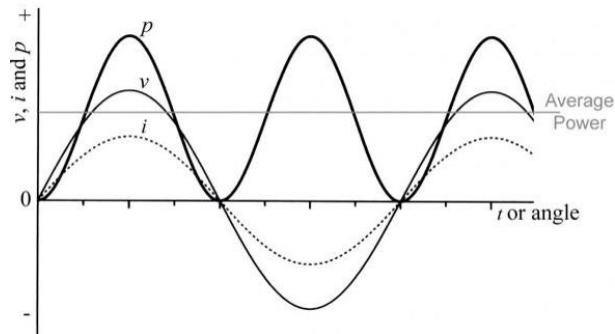
Daya nyata merupakan daya yang dibutuhkan oleh beban resistif, dimana daya nyata ini menunjukkan adanya aliran energi dari pembangkit listrik menuju beban untuk diubah menjadi energi lainnya. Satuan daya aktif adalah *Watt*.

Rumus daya aktif :

$$P_{1\phi} = V \times I \cos \phi$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \cos \phi$$

Dibawah ini merupakan grafik gelombang sinus yang berhubungan dengan rumus daya aktif.



Gambar 2.1 Grafik Arus, Tegangan dan Daya dengan
Beban Murni Resistif

Pada grafik di atas menunjukkan gelombang, arus dan tegangan berada pada fasa yang sama (0°) dan tidak ada yang saling mendahului seperti pada beban induktif atau kapasitif. Dengan kata lain nilai dari faktor dayanya ($\cos \phi$) adalah 1. Sehingga dengan menggunakan rumus daya di atas maka nilai dari daya listrik pada satu titik posisi lintasan tertentu memiliki nilai yang selalu positif.

Nilai daya yang selalu positif ini menunjukkan bahwa 100% daya mengalir ke arah beban listrik dan tidak ada aliran balik ke arah pembangkit. Inilah daya nyata, daya yang murni diserap oleh beban resistif, daya yang menandakan adanya energi listrik berubah menjadi energi lain pada beban resistif. Daya aktif secara efektif menghasilkan kerja yang nyata di sisi beban listrik.

2) Daya Reaktif

Daya reaktif merupakan daya yang dibutuhkan untuk membangkitkan medan magnet di kumparan-kumparan beban induktif. Daya reaktif diserap oleh beban-beban induktif, namun beban kapasitif yang menghasilkannya. Seperti pada motor listrik induksi, medan magnet yang dibangkitkan oleh daya reaktif dikumparan stator berfungsi untuk menginduksi rotor sehingga tercipta medan magnet induksi pada komponen rotor. Satuan daya reaktif adalah *Volt-Ampere Reactive (VAR)*.

Rumus daya reaktif :

$$Q_{1\phi} = V \times I \sin \phi$$

$$Q_{3\phi} = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \sin \phi$$

Daya reaktif termasuk daya imajiner yang menunjukkan adanya pergeseran gelombang sinus arus dan tegangan listrik AC akibat adanya beban reaktif. Daya reaktif memiliki fungsi yang sama dengan faktor daya ($\cos \phi$). Daya reaktif ataupun faktor daya akan memiliki nilai ($\neq 0$) jika terjadi pergeseran gelombang sinus tegangan ataupun arus listrik AC, yakni pada saat beban listrik AC bersifat induktif ataupun kapasitif. Sedangkan jika beban listrik AC bersifat murni resistif, maka nilai dari daya reaktif akan nol ($=0$).

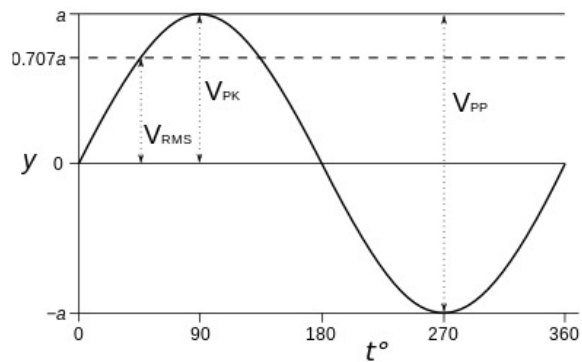
3) Daya Semu

Daya semu merupakan daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan efektif dan arus efektif dalam suatu lintasan. Daya semu juga merupakan hasil penjumlahan trigonometri antara daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya nyata adalah VA.

Rumus daya semu :

$$S = V \times I$$

Tegangan listrik rumah tangga yaitu 220 volt merupakan tegangan efektif (V_{RMS}). Secara sederhana, 220 volt tersebut adalah 0,707 bagian dari tegangan maksimum gelombang sinus AC.



Gambar 2.2 Grafik Gelombang Sinus Tegangan Efektif pada Listrik Bolak-balik

b. Tegangan

Tegangan listrik atau terkadang disebut dengan *Voltase* merupakan perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam suatu lintasan listrik. Besaran ini mengukur perbedaan potensial dari sebuah medan listrik dalam sebuah konduktor, sehingga mengakibatkan adanya aliran listrik. Suatu tegangan listrik dapat dikatakan sebagai tegangan ekstra rendah, rendah, tinggi serta ekstra tinggi tergantung dengan perbedaan potensial listriknya. Tegangan listrik dinyatakan dalam satuan *volt*.

Variasi rumus tegangan listrik :

$$V = I \times R \quad , \quad V = \frac{P}{I} \quad , \quad V = \sqrt{PR}$$

c. Arus

Arus listrik merupakan jumlah muatan listrik yang mengalir melalui suatu titik pada lintasan listrik tiap satuan waktunya. Arus listrik dinyatakan dalam satuan *Ampere* atau *Coulomb* per detik.

Dalam lintasan arus searah pada umumnya dapat diasumsikan resistansi terhadap arus listrik adalah konstan, sehingga besarnya arus yang mengalir dalam lintasan tersebut bergantung pada tegangan dan tahanan beban yang digunakan.

Variasi rumus arus listrik :

$$I = \frac{V}{R} \quad , \quad I = \frac{V}{P} \quad , \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

3. Panel Distribusi Listrik Tegangan Rendah

Untuk mengalirkan energi listrik dari pusat atau gardu induk tegangan rendah atau ke beban listrik harus melewati panel daya dan panel distribusi listrik. Panel daya merupakan suatu media yang berfungsi untuk mendistribusikan dan menyalurkan energi listrik dari gardu listrik tegangan rendah ke panel-panel distribusinya. Sedangkan panel distribusi adalah suatu media yang dapat mendistribusikan dan menyalurkan energi listrik dari panel daya ke beban atau konsumen baik untuk instalasi tenaga maupun untuk instalasi penerangan.

Panel distribusi tegangan rendah merupakan peralatan listrik yang terbentuk dari seperangkat sistem penghubung energi listrik pada suatu jaringan listrik tegangan rendah. Panel distribusi memiliki beberapa fungsi sesuai dengan kebutuhannya, seperti : mengumpulkan dan menyalurkan energi listrik kesetiap beban pada masing-masing substasionnya, memutus dan menghubungkan energi listrik pada suatu rangkaian atau sebagai kontrol dan pengaman pada suatu sistem pengendali beban.

Pengelompokan panel distribusi listrik tegangan rendah berdasarkan fungsinya, yaitu :

- a. Panel Pengatur Kendali Beban Listrik
- b. Panel Pengaman Beban Listrik
- c. Panel Penurun Tegangan dan Pembagi Daya Listrik
- d. Panel *Monitoring*

4. Sistem *ATS-AMF*

Automatic Transfer switch atau sering disingkat *ATS*, merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk memindahkan koneksi *power* antara sumber tegangan listrik satu dengan sumber tegangan listrik lainnya secara otomatis. Karena fungsi tersebut, sistem ini juga sering disebut dengan *Automatic COS (Change Over Switch)*. *Automatic Main Failure* atau sering disingkat *AMF*, merupakan suatu sistem otomatis yang berfungsi untuk menghidupkan sumber energi listrik alternatif seperti mesin *genset*.



Gambar 2.3 *AMF* Tipe 105 (Daftar Produk Datakom, 2012 : 2)

Sistem *AMF* memerlukan *input* listrik PLN untuk dipantau aktif atau padam, serta data-data mesin untuk mengetahui apakah *genset* berhasil bekerja. *Output AMF* adalah sinyal ke sumber listrik alternatif untuk menghidupkan dan mematikannya.



Gambar 2.4 Panel *ATS-AMF* 10-25 KVA

(<https://www.infopanelmaker.com/2016/02/harga-panel-otomatis-genset-ats-amf.html>, diakses 17 Januari 2019)

Sistem *Automatic Transfer Switch-Automatic Main Falure (ATS-AMF)* sangat berguna pada suatu gedung atau bangunan yang mengharuskan *supply* energi listrik terus-menerus bekerja, khususnya dalam otomatisasi pergantian sumber energi listrik yang digunakan. Dibawah ini merupakan keuntungan pemanfaatan sistem *ATS-AMF*, antara lain :

a. Efisiensi dan Efektivitas Waktu

Cara kerja sistem dalam memindahkan sumber satu ke sumber energi listrik lainnya dan sebaliknya sangat singkat, sehingga *supply* energi listrik saat salah satu sumber energi listrik padam atau terjadi gangguan tidak akan terganggu dan proses kerja beban akan terus berjalan.

b. Efisiensi dan Efektifitas Penggunaan, Pengontrolan dan Perawatan

Sistem ini bekerja secara otomatis, dimana saat salah satu sumber energi listrik utama padam atau terjadi gangguan, sistem *ATS-AMF* secara otomatis akan memindahkan ke sumber energi listrik alternatif dan sebaliknya jika sumber energi listrik utama kembali bekerja. Sehingga dalam pengoperasiannya tidak perlu kontrol manual, hal ini sangat mengurangi beban kerja fisik dan mempermudah pengguna.

Sedangkan untuk perawatannya sistem *ATS-AMF* ini tergolong mudah dan praktis dengan syarat *genset* yang digunakan sudah memiliki sistem *auto start* dan pemanasan otomatis, sehingga operator hanya perlu memastikan kondisi *genset* agar tetap dapat bekerja dengan baik. Sistem ini dapat dipantau berdasarkan indikator arus, tegangan dan besaran lainnya pada bagian *metering* panel, dan terdapat sistem kontrol manual yang digunakan untuk menguji sistem maupun perawatan secara berkala.

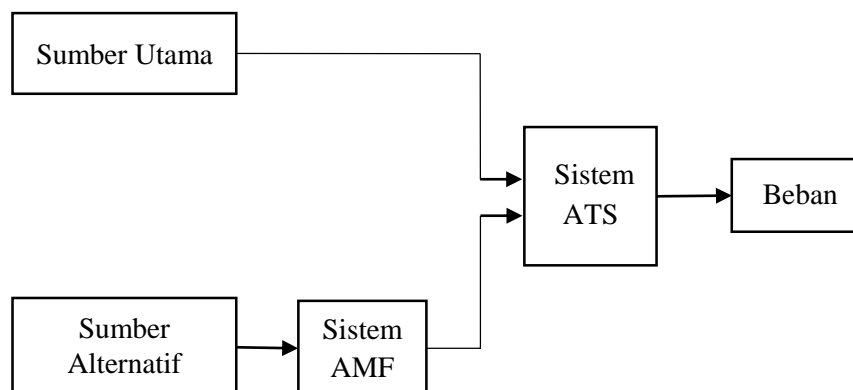
c. Melindungi Beban Listrik yang Terpasang

Sistem ini secara tidak langsung dapat melindungi beban listrik yang digunakan baik beban resistif, induktif maupun kapasitif. Dikarenakan pada kondisi tertentu tegangan listrik dari sumber energi yang digunakan akan turun atau naik sampai dengan batas toleransi keamanan beban-beban listrik tersebut.

Adapun kondisi lain yang mengganggu proses kerja beban seperti : hilangnya *supply* tegangan secara tiba-tiba yang berulang-ulang, adanya salah satu fasa yang hilang serta saat adanya hubung singkat dalam sistem . Beberapa kondisi tersebut dapat diminimalisir ataupun dicegah dengan adanya sistem *ATS-AMF* ini.

5. Prinsip Kerja Panel *ATS-AMF*

Panel *Automatic Transfer Switch-Automatic Main Falure (ATS-AMF)* merupakan seperangkat rangkaian yang berfungsi sebagai pengatur otomatis pergantian *power* sumber utama ke sumber alternatif dan sebaliknya. Sistem kerja panel *ATS-AMF* hampir sama dengan saklar tukar dalam instalasi rumah tangga, perbedaanya pada sistem ini kemampuan *supply* energi listrik lebih besar dan sistem semuanya bekerja secara otomatis.



Gambar 2.5 Blok Diagram Panel *ATS-AMF* Dua Sumber

Panel *ATS-AMF* memiliki prinsip kerja yang sangat sederhana. Saat sumber utama mengalami gangguan atau pemadaman, maka sistem *ATS* akan memindahkan aliran energi listrik ke sumber alternatif. Sumber alternatif akan hidup secara otomatis dengan bantuan sistem *AMF*, sehingga sumber alternatif akan langsung menggantikan sumber utama dalam menyuplai beban secara penuh. Dan sebaliknya saat sumber energi listrik utama sudah dapat bekerja lagi, sistem *ATS* akan memindahkan aliran energi listrik ke sumber utama, meskipun sumber alternatif masih dalam keadaan hidup karena *power* sumber alternatif akan tertahan.

Panel *ATS-AMF* dapat dioperasikan secara manual untuk memilih sumber energi listrik mana yang akan digunakan, bila semua sumber energi listrik dalam keadaan hidup. Sistem ini juga dapat menggunakan lebih dari dua sumber energi listrik dengan salah satu sumber sebagai sumber utama dan sumber lainnya sebagai sumber alternatif.

6. Komponen-komponen Panel *ATS-AMF*

a. Komponen Gawai Kendali

1) *Transfer Switch*

Transfer switch merupakan salah satu komponen utama dalam panel *ATS-AMF*, komponen ini berperan sebagai pemindah power sumber utama ke sumber alternatif dan sebaliknya. *Transfer switch* dapat berupa *motorized MCCB*, *motorized COS*, atau *Magnetic Contactor (MC)*. *Magnetic Contactor* lebih banyak digunakan dalam rancangan panel listrik, karena lebih murah dan memiliki struktur yang lebih sederhana.

Magnetic Contactor merupakan saklar otomatis yang berfungsi sebagai pemutus dan penghubung aliran arus listrik berdasarkan prinsip elektromagnetik. Pada panel listrik distribusi tegangan rendah, *magnetic contactor* digunakan sebagai kontak utama penyaluran energi listrik, khususnya beban listrik 3 fasa.

Dari segi keamanan *magnetic contactor* lebih baik dibandingkan saklar manual, karena memiliki karakteristik pelindung terhadap tegangan rendah. Penggunaan *magnetic contactor* lebih efisien dan efektif jika kapasitas daya yang digunakan lebih kecil dari 100 KVA.



Gambar 2.6 *Magnetic Contactor* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 4.4)

2) *Relay*

Relay merupakan saklar otomatis yang berfungsi pemutus dan penghubung aliran arus listrik berdasarkan prinsip elektromagnetik. Prinsip kerjanya sama dengan *magnetic contactor* tetapi dengan kapasitas arus yang lebih kecil. *Relay* dapat menyalurkan sumber energi listrik bertegangan tinggi dengan aliran arus listrik yang kecil. *Relay* pada panel listrik pada umumnya digunakan sebagai kontak bantu rangkaian pengendali.



Gambar 2.7 *Relay* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 10.9)

Relay dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan sistem kerjanya, berikut merupakan jenis-jenis *relay* yaitu :

a) *Single Pole Single Throw (SPST)*

SPST memiliki satu jenis kontak dengan dua terminal, satu terminal *input* dan satu terminal *output*.

b) *Single Pole Double Throw (SPDT)*

SPDT memiliki dua jenis kontak yang terdiri dari tiga terminal. Satu terminal *input* dan dua terminal *output* dengan kondisi normal *NO/NC*.

c) *Double Pole Single Throw (DPST)*

DPST sama seperti relay *SPST*, dalam satu rumah namun dikendalikan oleh satu koil dan satu kondisi kontak dalam masing-masing terminal.

d) *Double Pole Double Throw (DPDT)*

DPDT sama seperti relay jenis *SPDT*, dalam satu rumah dan di kendalikan hanya dengan satu koil.

3) *Time Delay Relay*

Time Delay Relay atau sering disebut *Timer* merupakan peralatan kontrol yang berfungsi sebagai penunda waktu suatu beban, dimana penundaan waktu dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Dengan kata lain *timer* berperan sebagai pengatur waktu hidup atau mati dari suatu sistem yang dikendalikannya.



Gambar 2.8 *Time Delay Relay* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 10.10)

Time Delay Relay merupakan salah satu alat penunda waktu yang banyak digunakan dalam panel *ATS-AMF*, hal ini dikarenakan *Time Delay Relay* memiliki perangkat dan sistem kerja yang sederhana. Untuk Panel *ATS-AMF*, *timer* terdiri atas 3 fungsi utama , yaitu :

a) *Main failure time delay*

Timer akan berfungsi sebagai penunda waktu saat terjadi pemadaman sumber energi listrik akibat turun tegangan sesaat.

b) *Cranking time delay*

Timer akan berfungsi sebagai pengatur *starting* sumber alternatif.

c) *Transfer time delay*

Timer akan berfungsi sebagai penunda waktu dalam perpindahan power yang menuju sumber energi listrik utama dan sumber alternatif.

4) *Push Button*

Push Button atau saklar tekan merupakan peralatan listrik yang berfungsi sebagai pemutus dan penghubung manual dalam rangkaian listrik. *Push button* terbagi menjadi dua macam, yaitu : *push button on* yang pada umumnya berwarna hijau dan berfungsi sebagai penghubung. *Push button off* yang pada umumnya berwarna merah dan berfungsi sebagai pemutus.



Gambar 2.9 *Push Button* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 9.5)

b. Pengaman, Pemisah dan Pemutus

1) *Fuse*

Fuse atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan sekering adalah komponen listrik yang berfungsi sebagai pengaman dalam perangkat listrik. *Fuse* pada umumnya terdiri dari sebuah penghantar halus pendek yang akan terputus dan meleleh jika dialiri oleh arus listrik yang berlebihan atau saat terjadinya hubungan arus pendek (*short circuit*) dalam sebuah beban listrik.

Dengan putusnya *fuse* tersebut, arus listrik yang berlebihan tersebut tidak dapat masuk ke dalam rangkaian sehingga tidak merusak komponen-komponen yang terdapat dalam rangkaian yang bersangkutan. Karena fungsinya yang dapat melindungi peralatan listrik maupun peralatan elektronika dari kerusakan akibat arus listrik yang berlebihan, *fuse* juga sering disebut sebagai pengaman listrik.



Gambar 2.10 *Fuse* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 1.30)

2) *Miniature Circuit Breaker*

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah suatu alat pemutus dan penghubung rangkaian listrik yang memiliki ukuran atau bentuk yang kecil, selain itu *MCB* juga dilengkapi dengan sistem pengaman yang akan memutuskan aliran listrik jika terjadi arus lebih atau *Over Current* dengan sistem otomatis.

Arus lebih dapat terjadi karena adanya hubungan singkat (*short circuit*) pada rangkaian listrik, atau karena adanya kelebihan pemakaian beban listrik.



Gambar 2.11 *Miniature Circuit Breaker* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 1.2)

Kemampuan hantar arus maksimal *MCB* sekitar 63A, selain itu batasan arus yang tertera pada *MCB* tidak bisa *disetting* sesuai kebutuhan. *MCB* memiliki beberapa pilihan jumlah kutub (*Pole*), antara lain: *MCB 1P*, *MCB 2P*, *MCB 3P*, dan *MCB 4P*. *MCB* dapat digunakan untuk beberapa pilihan tegangan listrik dari 220V sampai 400V.

Berdasarkan karakteristik sistem pemutusannya, *MCB* dapat dikelompokkan menjadi 3 tipe yaitu :

a) Tipe B

Tipe ini merupakan jenis pengaman yang akan bekerja atau trip ketika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari kemampuan hantar arus (KHA) maksimal *MCB* dan digunakan sebagai pengaman bangunan rumah tinggal.

b) Tipe C

Tipe ini merupakan jenis pengaman yang akan trip ketika arus beban lebih besar 5 sampai 10 kali dari KHA maksimal *MCB* dan digunakan sebagai pengaman motor dan peralatan sejenisnya.

c) Tipe D

Tipe ini merupakan jenis pengaman yang akan trip ketika arus beban lebih besar 8 sampai 12 kali dari KHA maksimal *MCB* dan digunakan sebagai pengaman transformator dan kapasitor.

Berdasarkan proses kerja dan penggunaannya, *MCB* dapat dikelompokkan menjadi 5 tipe yaitu :

a) Tipe G

Tipe ini merupakan jenis pengaman dengan rating yang besar, dimana jenis ini pada umumnya digunakan sebagai pengaman motor listrik.

b) Tipe H

Tipe ini merupakan jenis pengaman yang pada umumnya digunakan sebagai pengaman instalasi penerangan suatu bangunan.

c) Tipe K

Tipe ini merupakan jenis pengaman dengan rating dan *breaking capacity* yang kecil, dimana jenis ini pada umumnya digunakan sebagai pengaman alat-alat listrik rumah tangga.

d) Tipe L

Tipe ini merupakan jenis pengaman dengan rating yang besar, dimana jenis ini pada umumnya digunakan sebagai pengaman jaringan dan penghantar atau kabel.

e) Tipe Z

Tipe ini merupakan jenis pengaman dengan rating dan *breaking capacity* yang kecil, dimana jenis ini pada umumnya digunakan sebagai pengaman rangkaian semikonduktor dan trafo dengan sensitifitas terhadap tegangan yang tinggi.

3) *Moulded Case Circuit Breaker*

Moulded Case Circuit Breaker (MCCB) merupakan suatu alat pemutus dan penghubung rangkaian yang berbentuk kotak. Seperti halnya *MCB*, *Moulded Case Circuit Breaker* juga memiliki kemampuan memutus secara otomatis saat dibebani dengan arus yang melebihi kapasitas maksimal *MCCB* tersebut.



Gambar 2.12 *Moulded Case Circuit Breaker 3 Pole*

(Daftar Produk Schneider, 2017 : 2.23)

MCCB memiliki kemampuan hantar Arus maksimal yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan *MCB*, kemampuan maksimal *MCCB* mencapai 1000A. Beberapa model *MCCB* memiliki kelebihan, yaitu dengan dilengkapi selektor batas arus maksimal, dimana selektor ini dapat mengatur berapa persentase batasan arus maksimal agar *MCCB* terputus.

MCCB terdapat dalam beberapa pilihan jumlah kutub (*Pole*), yaitu : *MCCB 2P*, *MCCB 3P*, *MCCB 4P*, meski tersedia *MCCB 1P*, namun jarang digunakan. *MCCB* dapat digunakan untuk jenis tegangan tistrik rendah dan menengah. Pada umumnya *MCCB* digunakan untuk keperluan sistem kelistrikan industri yang memiliki daya cukup besar dan biasanya digunakan untuk listrik 3 fasa, yang memerlukan kapasitas pemutus yang lebih besar.

4) *Air Circuit Breaker*

Air Circuit Breaker (ACB) merupakan alat yang berfungsi sebagai pemutus rangkaian dan memanfaatkan udara sebagai peredam saat timbulnya busur api. Seperti halnya *MCB* dan *MCCB*, *Air Circuit Breaker* juga memiliki kemampuan memutus secara otomatis saat dibebani dengan arus yang melebihi kapasitas maksimal *ACB* tersebut.



Gambar 2.13 *Air Circuit Breaker* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 3.6)

ACB dilengkapi dengan *Under Voltage Trip (UVT)* yang berfungsi untuk memberikan perlindungan pada saat tidak ada tegangan listrik maka *ACB* tidak dapat dioperasikan. Serta dilengkapi dengan *Closing Coil (CC)*, yang berfungsi untuk menyalakan *ACB* secara otomatis. *ACB* memiliki kemampuan hantar arus maksimal yang jauh lebih besar jika dibandingkan dengan *MCB* dan *MCCB*, kemampuan *ACB* mencapai lebih dari 6000A.

ACB juga dilengkapi dengan selektor batas arus maksimal, dengan selektor ini dapat diatur berapa persentase batasan arus maksimal untuk *ACB* terputus (*Trip*). *ACB* hanya tersedia dalam dua pilihan jumlah kutub, yaitu : *ACB 3P*, dan *ACB 4P*. *ACB* hanya digunakan untuk keperluan sistem kelistrikan industri yang memiliki daya cukup besar dan biasanya digunakan untuk listrik 3 fasa, yang memerlukan *breaking capacity* yang lebih besar.

5) *Relay Control Phase*

Relay Control Phase (RCP) merupakan sebuah alat atau komponen yang sering digunakan untuk mengontrol kondisi tegangan 3 fasa yang mengalir pada suatu rangkaian, sehingga membuat *supply* tegangan dan arus menjadi stabil.



Gambar 2.14 *Relay Control Phase* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 1.29)

Fungsi utama *RCP* adalah sebagai kontrol pengaman atau proteksi untuk mengamankan kontrol dari sebuah keadaan kondisi tegangan yang tidak efisien, seperti:

- a) Salah satu, dua, atau ke tiga fasanya hilang atau lepas.
- b) Urutan fasa yang salah, semisal urutan R,S,T jadi R,T,S maka alat ini akan bekerja.
- c) Tegangan *under voltage* atau tegangan dibawah batas normal biasanya.
- d) Tegangan *over voltage* atau kelebihan tegangan yang tidak sesuai dengan biasanya.

Alat ini memiliki sistem toleransi, apabila ada suatu fasa yang lepas atau kurang kencang alat ini tidak langsung bekerja melainkan akan mengontrol seberapa besar tegangan jatuh atau perbedaan tegangan antara fasa satu dengan fasa lainnya, dengan kata lain terdapat jangka waktu dalam sistem kerjanya.

6) *Surge Arrester*

Surge Arrester merupakan alat pengaman suatu instalasi listrik yang berfungsi untuk melindungi berbagai peralatan listrik yang ada pada instalasi tersebut, saat terjadi lonjakan tegangan. Prinsip kerjanya, saat tegangan yang mengalir pada instalasi listrik memiliki nilai tegangan normal, maka *Surge Arrester* belum bekerja. Kemudian pada saat tegangan yang mengalir tiba-tiba melonjak dan besar tegangannya melebihi toleransi tegangan normal, maka *Surge Arrester* akan bekerja secara otomatis mengalirkan tegangan lebih tersebut menuju pentanahan atau bumi.



Gambar 2.15 *Surge Arrester* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 1.26)

c. Indikator dan Alat Ukur

Lampu indikator merupakan salah satu peralatan listrik yang berfungsi sebagai penanda adanya tegangan listrik setiap fasanya. Alat ini berguna sebagai penunjuk dan pemberi informasi adanya *supply* energi listrik pada suatu beban, serta dapat berfungsi sebagai penanda saat terjadi gangguan.



Gambar 2.16 Lampu Indikator (Daftar Produk Schneider, 2017 : 9.3)

Pada suatu panel distribusi diperlukan suatu instrumen listrik yang berfungsi untuk mengukur beberapa besaran listrik yang ada, hal ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan alat ukur sebagai media *monitoring* besaran-besaran listrik pada suatu panel distribusi. Suatu panel distribusi listrik pada umumnya dipasang alat ukur seperti:

1) *Ampere meter*

Alat ukur ini berfungsi sebagai *monitoring* aliran arus listrik untuk setiap fasanya.



Gambar 2.17 *Amper Meter Digital* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 7.5)

2) *Voltmete*

Alat ukur ini berfungsi sebagai *monitoring* tegangan kerja pada suatu lintasan listrik.



Gambar 2.18 *Volt Meter Digital* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 7.5)

3) *Frekuensi meter*

Alat ini digunakan untuk mengetahui besarnya frekuensi gelombang listrik dari suatu sumber tenaga listrik.



Gambar 2.19 *Frekuensi Meter Digital* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 7.5)

4) *Cos phi meter*

Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya faktor daya atau pergeseran fasa antara tegangan dan arus dalam satu rangkaian listrik bolak-balik atau AC.



Gambar 2.20 *Chos phi Meter Analog* (Daftar Produk GAE, 2018 : 52)

5) *Power Meter Digital*

Alat ini digunakan untuk mengukur beberapa besaran listrik standar dalam suatu rangkaian listrik dengan kelas akurasi yang lebih baik, dalam satu *power meter digital* dapat mengukur arus, tegangan, frekuensi, daya, faktor daya, energi listrik dan besaran lainnya sesuai kebutuhan.



Gambar 2.21 *Power Meter Digital* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 7.7)

Dalam pemasangan *Ampere meter* dan *Cos phi* meter dibutuhkan *Current Transformer (CT)* yang bekerja sesuai dengan perbandingan arus sekunder. Untuk penggunaan *voltmeter* digunakan *Volt selector switch (Vss)* untuk mengatur pembacaan sesuai kebutuhan, contoh : *phase – netral* atau *phase – phase*. Untuk panel *genset* yang terhubung paralel diperlukan *synkronoskop*, *zero voltmeter* atau *double voltmeter*.

d. Penghantar

1) *Busbar*

Busbar merupakan komponen listrik yang dapat menghantarkan arus dan tegangan listrik. Dalam instalasi listrik *busbar* pada umumnya berupa plat tembaga atau aluminium, dan ditempatkan pada bagian *input* dan *output* rangkaian panel. *Busbar* digunakan untuk menghantarkan arus yang lebih besar menggantikan kabel berisolasi karena mempermudah dalam pemasangan dan perawatan.



Gambar 2.22 *Busbar Tembaga* (Daftar Produk Sutrado Kabel, 2016 : 14)

2) Kabel

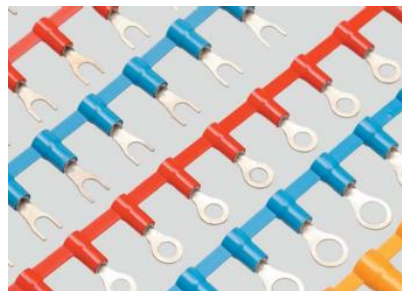
Kabel adalah media untuk menyalurkan energi listrik. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor. Isolator merupakan bahan pembungkus kabel yang biasanya terbuat dari bahan *thermosetting* atau *thermoplastik*, sedangkan konduktornya terbuat dari bahan tembaga ataupun aluminium.



Gambar 2.23 Kabel Tegangan Rendah (Daftar Produk Sutrado Kabel, 2016 : 18)

3) Sepatu Kabel

Sepatu kabel berfungsi untuk membuat sambungan penghantar dengan terminal peralatan, pengaman dan terminal sambungan pada panel agar dapat terselubung dengan baik. Ukuran serta jenis sepatu kabel bermacam-macam disesuaikan dengan penampang penghantar serta terminal yang digunakan.



Gambar 2.24 Sepatu Kabel (Daftar Produk Helu Kabel, 2013 : 396)

e. *Box Panel*

Box atau *casing* panel merupakan suatu media untuk menempatkan komponen utama dan komponen pendukung panel. *Box* panel juga berfungsi sebagai pelindung komponen dari bahaya luar seperti : serangga, debu dan air. Dengan adanya *box* panel rangkaian listrik menjadi lebih teratur sehingga rangkaian listrik tersebut selalu terjaga kerapiannya dan juga mudah untuk dirawat.



Gambar 2.25 *Box Panel Wall Mounted* (Daftar Produk Schneider, 2017 : 7.7)