



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengaman Instalasi Listrik¹

Salah satu faktor teknis yang perlu diperhatikan dalam penyediaan dan penyaluran daya listrik adalah kualitas daya. Faktor ini meliputi stabilitas tegangan, kontinuitas pelayanan, keandalan pengaman dan kapasitas daya yang sesuai kebutuhan. Pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk melindungi komponen listrik dari kerusakan yang diakibatkan oleh gangguan seperti arus beban lebih ataupun arus hubung singkat.

Pengaman yang baik adalah pengaman yang langsung merespon atau trip ketika terjadi gangguan. Jenis gangguan yang paling sering terjadi dalam keadaan sistem berjalan normal adalah gangguan arus lebih atau biasa disebut beban lebih. Jenis gangguan lain yang juga sering terjadi adalah gangguan arus hubung singkat atau *short circuit*.

Fungsi pengaman dalam distribusi tenaga listrik yaitu :

- a) Isolasi, untuk memisahkan instalasi atau bagiannya dari catu daya listrik untuk alasan keamanan.
- b) Kontrol, untuk membuka atau menutup sirkuit instalasi selama kondisi operasi normal untuk tujuan operasi dan perawatan.
- c) Proteksi, untuk pengaman kabel, peralatan listrik dan manusianya terhadap kondisi tidak normal seperti beban lebih, hubung singkat dengan memutuskan arus gangguan dan mengisolasi gangguan yang terjadi.

2.1.1 Sekering (*Fuse*)

Fuse berfungsi untuk mengamankan sistem instalasi dari kemungkinan terjadinya hubung singkat atau beban lebih. Bekerja berdasarkan arus yang melewatinya, ketika besarnya arus yang lewat melebihi nilai yang tertera pada

¹ Setiawan E, P. Van Harten, "Instalasi Listrik Arus Kuat 3", Jakarta : Binacipta, 1989



badan *fuse*, maka bagian dalam *fuse* yang menghubungkan kedua terminal langsung lebur atau meleleh.



Gambar 2.1 Sekering / *Fuse*

Ciri spesifik sekering yaitu sebagai berikut :

- 1) Bekerja langsung apabila batasan arus dalam rangkaian terlewati
- 2) Tidak mampu menghubungkan kembali rangkaian secara otomatis setelah terjadi gangguan
- 3) Bekerja pada fasa tunggal, tidak bisa untuk 3 fasa.

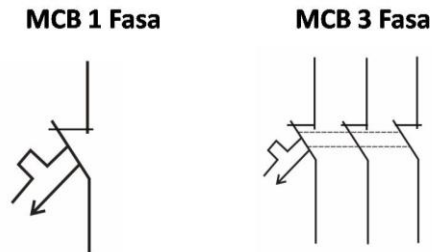
2.1.2 *Miniature circuit breaker* (MCB)

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. MCB ini merupakan kombinasi fungsi *fuse* dan fungsi pemutus arus. MCB dapat digunakan sebagai pengganti *fuse* dan juga untuk mendeteksi arus lebih. MCB ini adalah suatu rangkaian pengaman yang dilengkapi dengan komponen thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relay elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa.

Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara thermis dan elektromagnetis, pengaman termis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat. MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub



dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus. Adapun simbol MCB seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Simbol *miniature circuit breaker* (MCB)

Prinsip kerja MCB sangat sederhana, ketika ada arus lebih maka arus lebih tersebut akan menghasilkan panas pada bimetal, saat terkena panas, bimetal akan melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (*Trip*). Selain bimetal, pada MCB biasanya juga terdapat solenoid yang akan men-tripkan MCB ketika terjadi *grounding* (*ground fault*) atau arus hubung singkat (*short circuit*). Namun penting juga untuk di ingat, bahwa MCB juga bisa trip dengan panas (*over heating*) yang diakibatkan karena kesalahan desain/perencanaan instalasi, seperti ukuran kabel yang terlalu kecil untuk digunakan dalam arus yang tinggi, sehingga menghasilkan panas, yang lama-kelamaan akan melekungkan bimetal dan mengtripkan MCB. Oleh karena itu penggunaan kabel instalasi juga harus memperhatikan standar maksimum arus kabel yang akan digunakan, dan arus kabel tersebut tidak boleh lebih kecil dari arus maksimum rangkaian/circuit.

Menurut karakteristik Tripnya, ada tiga tipe utama dari MCB, yaitu : tipe B, tipe C, dan tipe D yang didefinisikan dalam IEC 60898-1.

1. MCB Tipe B, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 3 sampai 5 kali dari arus maksimum atau arus nominal MCB.
2. MCB Tipe C, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 5 sampai 10 kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe ini akan menguntungkan bila digunakan pada peralatan listrik dengan arus yang lebih tinggi, seperti lampu, motor, dan lain sebagainya.

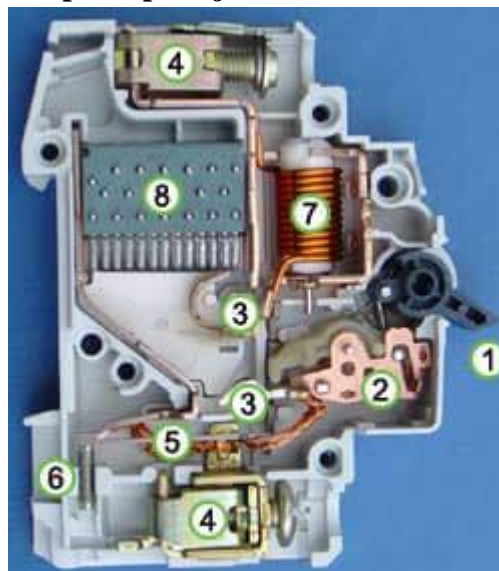


3. MCB Tipe D, adalah tipe MCB yang akan trip ketika arus beban lebih besar 8 sampai 12 kali arus nominal MCB. Karakteristik trip MCB tipe D merupakan karakteristik trip yang biasa digunakan pada peralatan listrik yang dapat menghasilkan lonjakan arus kuat seperti, transformator dan kapasitor.

Berdasarkan penggunaan dan daerah kerjanya, MCB dapat digolongkan menjadi 5 jenis ciri yaitu :

1. Tipe Z (rating dan *breaking capacity* kecil) digunakan untuk pengamanan rangkaian semikonduktor dan trafo-trafo yang sensitif terhadap tegangan.
2. Tipe K (rating dan *breaking capacity* kecil) digunakan untuk mengamankan alat-alat rumah tangga.
3. Tipe G (rating besar) untuk pengamanan motor.
4. Tipe L (rating besar) untuk pengamanan kabel atau jaringan.
5. Tipe H untuk pengamanan instalasi penerangan bangunan.

A. Bagian - bagian dan prinsip kerja MCB



Gambar 2.3 *internal parts of MCB*

Penjelasan nomor-nomor dari gambar 2.3 adalah sebagai berikut :



- 1) *Toggle switch*, merupakan *switch On-Off* pada MCB.
- 2) *Switch* mekanis yang membuat kontak arus listrik bekerja.
- 3) Kontak arus listrik sebagai penyambung dan pemutus arus listrik.
- 4) Terminal sebagai tempat koneksi kabel listrik dengan MCB.
- 5) Bimetal, yang berfungsi sebagai *thermal trip*.
- 6) Baut untuk kalibrasi, dimana memungkinkan pabrikan untuk mengatur secara presisi arus *trip* dari MCB setelah pabrikan.
- 7) *Solenoid, Coil* atau lilitan yang fungsinya sebagai *magnetic trip* dan akan bekerja bila terjadi hubung singkat arus listrik.
- 8) Pemadam busur api jika terjadi percikan api saat terjadi pemutusan atau pengaliran kembali arus listrik.

2.1.3 *Moulded case circuit breaker (MCCB)*

Moulded Case Circuit Breaker (MCCB) adalah pengaman yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. MCCB merupakan salah satu alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi, yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat penghubung. Jika dilihat dari segi pengaman maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu pengaman ini, mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.4 *Moulded Case Circuit Breaker (MCCB)*

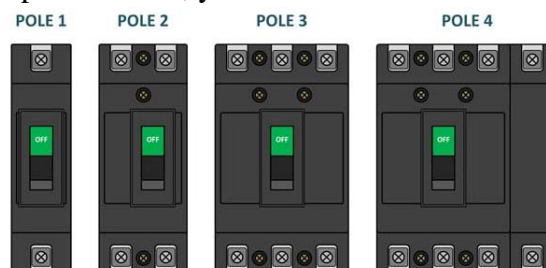


MCCB harus benar-benar sesuai dengan standar IEC atau B.S 4752 : yaitu bagian kontak MCCB harus terbuat dari bahan *moulded* berinsulasi yang kuat secara mekanis dan tidak mudah tergores. MCCB harus didesain agar ketika pada kondisi *trip*, MCCB tidak dapat dihidupkan lagi jika *breaker* tersebut belum direset dengan memindahkan sakelar ke posisi *OFF* dahulu. Kondisi pengoperasian (seperti *ON*, *OFF* atau *trip*) pada *breaker* harus terlihat dengan jelas. MCCB harus berupa *Single Pole (SP)*, *Double Pole (DP)*, *Triple Pole (TP)* atau *Four Pole (4P)* seperti yang ditentukan dalam spesifikasi MCCB. Konstruksi dan pengoperasian *breaker* harus sedemikian rupa sehingga jika *fault* muncul semua *pole-pole breaker* harus beroperasi.

A. Spesifikasi MCCB

Secara umum, terdapat beberapa keterangan spesifikasi yang dapat kita lihat pada sebuah MCCB, antara lain :

- 1) *Pole*, menyatakan beberapa banyak kutub saklar pada MCCB, beberapa pilihan *Pole* pada MCCB, yakni :



Gambar 2.5 Tipe *pole* pada MCCB

- MCCB 1 *Pole* (Untuk penghubung dan pemutus 1 fasa)
 - MCCB 2 *Pole* (Untuk penghubung dan pemutus 2 fasa)
 - MCCB 3 *Pole* (Untuk penghubung dan pemutus 3 fasa)
 - MCCB 4 *Pole* (Untuk penghubung dan pemutus 3 fasa dan 1 netral)
- 2) U_e , simbol U_e pada MCCB adalah Spesifikasi untuk *Rated Service Voltage* atau *Rated Operational Voltage*, yakni nilai tegangan kerja yang



bisa dilayani atau digunakan pada MCCB tersebut. MCCB yang biasa digunakan tergolong dalam *Low Voltage (LV) Circuit Breaker*, sehingga kisaran tegangan kerjanya (U_e) adalah antara 220V sampai 1000V.

- 3) U_i , symbol U_i pada MCCB adalah Spesifikasi untuk *Rated Insulated Voltage* (Nilai Tegangan Isolasi) yang menyatakan batas maksimal tegangan yang masih bisa diisolasi oleh MCCB tersebut, jika tegangan yang digunakan lebih besar dari U_i maka bahan isolasi pada MCCB tersebut akan rusak/bocor. U_i (Nilai tegangan isolasi) pada sebuah MCCB harus lebih tinggi dari U_e (Nilai tegangan kerja).
- 4) U_{imp} , menjelaskan spesifikasi untuk menyatakan *rated impulse withstand voltage* atau besarnya tegangan terukur saat dilakukan pengujian pada sebuah MCCB, tanpa mengakibatkan kerusakan.
- 5) I_i , menyatakan nilai arus *tripping* seketika (*instantaneous tripping*), MCCB akan bekerja memutuskan rangkaian dengan seketika (waktu yang cepat), saat terjadi hubung singkat.
- 6) I_n (Arus Nominal), ialah batasan maksimal arus yang bisa dialirkan melalui MCCB, jika arus melebihi batasan I_n maka dalam beberapa saat MCCB akan *trip*.
- 7) I_{cu} , menyatakan *rated short-circuit breaking capacity* atau batasan nilai arus maksimum yang dapat diproteksi MCCB saat terjadi hubung singkat.
- 8) I_{cs} , menyatakan *rated service breaking capacity* atau batasan nilai maksimum arus yang dapat dilalui pada MCCB tersebut.
- 9) I_r , merupakan settingan untk menentukan nilai I_n . Settingan I_r terdapat pada MCCB tertentu yang nilai I_n nya belum fixed dan masih bisa disesuaikan. I_r adalah nilai proteksi arus lebih dengan prinsip kerja thermal, dan dikenal sebagai proteksi yang membutuhkan waktu cukup panjang (*long time protection*).
- 10) I_m , ialah settingan nilai arus untuk proteksi hubung singkat dengan prinsip kerja magnetic.



B. Cara kerja MCCB

MCCB terbagi menjadi dua tipe proteksi yaitu *Thermal magnetic* dan juga Elektronik, untuk di brand Legrand sendiri pembagian tipe MCCB nya sebagai berikut :

1. MCCB *fix* proteksi *thermal magnetic* terdapat pada MCCB DRX dan DPX3 Legrand
2. MCCB *adjustable* terdapat potensiometer di bagian bawahnya merupakan tipe elektronik hanya terdapat pada MCCB DPX3 Legrand

Perbedaan MCCB *thermal magnetic* dengan elektronik yaitu pada MCCB elektronik terdapat komponen elektronik di dalam MCCB dan kita bisa ambil data SCADA (*supervisory control and data acquisition*). SCADA sendiri merupakan sistem kendali industri berbasis komputer yang dipakai untuk pengontrolan suatu proses.

2.1.4 Air Circuit Breaker (ACB)

Air Circuit Breaker (ACB) adalah pemutus yang digunakan sebagai pemutus arus rangkaian, baik arus nominal maupun arus gangguan. ACB sama dengan MCCB tetapi medianya menggunakan udara. *Rating* pemutus yang dipakai dapat diketahui dari arus nominal yang melalui saluran tersebut kemudian disesuaikan dengan *rating* dari katalog.

ACB memiliki ketahanan *thermal* yang tinggi, sehingga kemungkinan cara kerja yang disebut dengan diskriminasi. Diskriminasi yaitu jika gangguan terjadi pada suatu titik maka yang bekerja hanya pemutus daya pada daerah itu saja. Hal ini dapat menjamin kontinuitas pelayanan sumber daya listrik karena ketika terjadi gangguan, ACB menunda pemutusan, sebelum pemutus daya di sisi bawahnya trip.

Gambar 2.6 Air Circuit Breaker (ACB)²

2.1.5 Earth leakage circuit breaker (ELCB)

Earth fault/leakage protection system adalah sistem proteksi untuk memutus aliran arus listrik saat terdeteksi adanya arus fault ke tanah/earth. Komponen yang berfungsi sebagai pemutus saat terjadi arus fault ke tanah disebut dengan ELCB (earth leakage circuit breaker) atau RCCB (residual current circuit breaker).



Gambar 2.7 Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)

2.2 Arus Nominal Pengaman

Cara menentukan arus nominal pada kapasitas komponen pengaman listrik MCB, MCCB, dan ACB, menggunakan persamaan 2.1 :

² Legrand, 2019. Legrand Catalogue : *Complete Solution for Power Protection* : English Version, Prancis.



$$I_n = P / (\sqrt{3} \times V \times \cos \theta) \dots \dots \dots (2.1)$$

Sesuai PUIL 2011 pasal 2.2 ayat 2.2.8.3 besar nilai KHA perlengkapan yang dibebani arus beban lebih adalah 125% dari arus nominal beban. Sehingga untuk menentukan nilai KHA menggunakan persamaan 2.2 :

$$I_K = I_n \times 1,25 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

- I_n = Arus nominal (A)
- I_K = Arus KHA (A)
- P = Daya beban (W)
- V = Tegangan kerja (V)
- $\cos \theta$ = Faktor daya sistem

Setelah kita mendapat nilai arus, hal selanjutnya kita lakukan adalah menentukan komponen pengaman atau *breaker* yang sesuai dengan hasil perhitungan arus tadi kemudian disesuaikan dengan tabel berikut :

Tabel 2.1 Rentang arus sesuai dengan penggunaan komponen pengaman yang tepat

1 Phase	3 Phase	Besar Ampere
	ACB	3.200
		2.500
		2.000
		1.600
		1.250
	MCCB	1.000
		800
		630
		400
		320
		300
		250
		200
		160



		125
		100
		80
		63
		50
		40
MCB	MCB	32
		25
		20
		16
		10
		6
		4
		2

2.3 Arus Hubung Singkat (*Short Circuit Current*)

Hubung singkat merupakan bahaya terbesar terhadap kontinuitas pelayanan. Peralatan proteksi harus mampu mengatasi pengaruh hubung singkat. Arus hubung singkat mempunyai nilai yang lebih besar daripada arus rata-rata atau arus nominalnya. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan dan membahayakan manusia.

Tujuan menganalisa hubung singkat antara lain adalah :

- a) Menentukan arus dan tegangan maksimum dan minimum pada bagian-bagian atau titik-titik tertentu dari suatu sistem tenaga listrik.
- b) Menentukan settingan relay dan koordinasi pengaman untuk mengamankan sistem dari keadaan abnormal dalam waktu yang seminimal mungkin.



2.3.1 Perhitungan arus hubung singkat³

Berikut merupakan langkah – langkah dalam perhitungan untuk menentukan nilai arus hubung singkat, untuk menentukan nilai *breaking capacity* pada suatu sirkuit atau komponen pengaman yang digunakan :

Menentukan arus beban penuh pada transformator (F.L.A.)

$$\text{Transformator 3 fasa} \quad I_{F.L.A} = \frac{kVA \times 1000}{\sqrt{Vl-l} \times \sqrt{3}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Transformator 1 fasa} \quad I_{F.L.A} = \frac{kVA \times 1000}{\sqrt{Vl-l}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Baik tertulis pada nameplate, rumus berikut atau pada tabel 2.2 :

$$\text{Multiplier} = \frac{100}{\%Z \text{ transformator}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Menemukan pengganda transformator

Dengan melihat Catatan 1 dan 2 :

*Catatan 1 : Kita bisa mendapatkan besar persentase *Ztrafo* dari *nameplate* atau pada tabel 2.2. Transformator impedansi (*Z*) membantu menentukan apa arus korsleting akan berada di transformator sekunder.

*Catatan 2 : Untuk transformator dengan besar 25kVA dan lebih besar memiliki $\pm 10\%$ toleransi impedansi. Arus hubung singkat dapat dipengaruhi oleh toleransi ini. Oleh karena itu, untuk mengatasi kasus terburuk kalikan %Z dengan 0,9.

Menentukan arus hubung singkat

Menentukan arus hubung singkat, arus hubung singkat pada *motor contribution* dan besar arus hubung singkat total

$$\text{Is.c.} = \text{Transformator}_{F.L.A} \times \text{Multiplier} \dots\dots\dots(2.6)$$

Menghitung faktor “f”

$$\text{Gangguan 3 fasa} \quad f = \frac{\sqrt{3} \times L \times I3\Phi}{C \times n \times \sqrt{Vl-l}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{Gangguan 1 fasa Line-to line} \quad f = \frac{2 \times L \times I1-l}{C \times n \times \sqrt{Vl-l}} \dots\dots\dots(2.8)$$

³ Bussmann, 2014. *Electrical protection handbook* : Based on the 2014 NEC.



*Perhatikan catatan 5 dan tabel 2.3

$$\text{Gangguan 1 phasa line-to-netral} \quad f = \frac{2 \times L \times I_l - N}{C \times n \times V_l - l} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

L = Panjang konduktor (kabel penghantar) ke gangguan

C = Nilai konstan “C” dari tabel 2.5 untuk konduktor dan tabel 2.6 nilai “C” untuk busway

n = Jumlah konduktor per phasa

I = Nilai arus hubung singkat yang tersedia pada arus di awal sirkuit

V = Tegangan pada sirkuit

Menghitung “M” (multiplier)

Menghitung nilai “M” atau multiplier bisa dilakukan dengan rumus dibawah ini atau bisa dengan melihat tabel 2.4

$$M = \frac{1}{1+f} \dots\dots\dots(2.10)$$

Menghitung nilai arus RMS simetris hubung singkat

Langkah selanjutnya menghitung nilai arus RMS simetris hubung singkat yang tersedia pada titik gangguan. Tambahkan kontribusi motor, jika berlaku.

$$I_{S.C.sym.RMS} = I_{S.C.} \times M \dots\dots\dots(2.11)$$

Tabel 2.2 Arus hubung singkat yang tersedia dari berbagai ukuran transformator (berdasarkan data nameplate lapangan aktual atau dari kasus terburuk trafo utilitas impedansi)

Tegangan dan phasa	kVA	Arus beban penuh	% impedansi (nameplate)	Arus hubung singkat
120/240 1 phasa. *	25	104	1,5	12175
	37,5	156	1,5	18018
	50	208	1,5	23706
	75	313	1,5	34639
	100	417	1,6	42472
	167	696	1,6	66644
120/208 3 phasa. **	45	125	1,0	13879
	75	208	1,0	23132
	112,5	312	1,11	31259



	150	416	1,07	43237
	225	625	1,12	61960
	300	833	1,11	83357
	500	1388	1,24	124364
	750	2082	3,5	66091
	1000	2776	3,5	88121
	1500	4164	3,5	132181
	2000	5552	4	154211
	2500	6940	4	192764
277/480 3phasa. **	75	90	1,0	10035
	112,5	135	1,0	15053
	150	181	1,2	16726
	225	271	1,2	25088
	300	361	1,2	33451
	500	602	1,3	51463
	750	903	3,5	28672
	1000	1204	3,5	38230
	1500	1806	3,5	57345
	2000	2408	4	66902
	2500	3011	4	83628
			4	192764

Tabel 2.3 Nilai "M" (*Multiplier*)

f	M	f	M	f	M
0,01	0,99	0,50	0,67	7	0,13
0,02	0,98	0,60	0,63	8	0,11
0,03	0,97	0,70	0,59	9	0,10
0,04	0,96	0,80	0,55	10	0,09
0,05	0,95	0,90	0,53	15	0,06
0,06	0,94	1	0,50	20	0,05
0,07	0,93	1,2	0,45	30	0,03
0,08	0,93	1,5	0,40	40	0,02
0,09	0,92	1,75	0,36	50	0,02
0,10	0,91	2	0,33	60	0,02
0,15	0,87	2,5	0,29	70	0,01
0,20	0,83	3	0,25	80	0,01
0,25	0,80	3,5	0,22	90	0,01



0,30	0,77	4	0,20	100	0,01
0,35	0,74	5	0,17		
0,40	0,71	6	0,14		

Tabel 2.4 Nilai “C” untuk konduktor tembaga dengan kabel 3-core 1 tarikan

AWG or kcmil	600V	5kV	15kV
14	389	-	-
12	617	-	-
10	981	-	-
8	1557	1551	-
6	2425	2406	2389
4	3806	3751	3696
3	4774	4674	4577
2	5907	5736	5574
1	7293	7029	6759
1/0	8925	8544	7973
2/0	10755	10062	9390
3/0	12844	11804	11022
4/0	15082	13606	12543
250	16483	14925	13644
300	18177	16293	14769
350	19704	17385	15678
400	20566	18235	16366
500	22185	19172	17492
600	22965	20567	17962
750	24137	21387	18889
1,000	25278	22539	19923



2.4 Faktor Keserempakan

Faktor keserempakan adalah daya tersambung yaitu jumlah dari daya tersambung dari seluruh beban dari setiap konsumen. Daya tersambung dan kebutuhan maksimum satuannya harus sama. Faktor keserempakan biasanya bernilai kurang dari satu. Faktor keserempakan ini dapat menjadi satu bila keseluruhan beban yang tersambung serentak diberi energy dalam sebagian besar periodenya. ⁴

Faktor keserempakan menunjukkan tingkat dimana beban yang tersambung beroperasi serentak. Faktor keserempakan dipakai untuk menentukan kapasitas (juga biaya) dari peralatan tenaga listrik yang diperlukan untuk melayani beban tersebut. Karena ada pengaruhnya terhadap investasi, maka faktor kebutuhan ini menjadi penting dalam menentukan jadwal pembiayaannya.

Faktor kebutuhan dari beberapa jenis bangunan :

- a. Perumahan sederhana : 50 – 75%
- b. Perumahan besar : 40 – 65%
- c. Kantor : 60 – 80%
- d. Toko sedang : 40 – 60%
- e. Toko serba ada : 70 – 90%
- f. Industri sedang : 35 – 65%

Besarnya faktor kebutuhan (biasanya dinyatakan dalam %) dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu :

1. Besarnya beban terpasang Sebagai contoh : Rumah tinggal yang mempunyai beban terpasang yang relatif besar, pada umumnya memiliki faktor kebutuhan yang lebih rendah bila dibandingkan dengan rumah tinggal yang mempunyai beban terpasang lebih kecil.

⁴ Daman Susanto, Sistem Distribusi Tenaga Listrik



2. Sifat pemakaian Toko-toko, pusat perbelanjaan, kantor-kantor dan bangunan industri biasanya memiliki faktor kebutuhan tinggi sedangkan gudang dan tempat rekreasi memiliki faktor demand yang rendah

Menentukan Daya terpasang adalah :

$$S = \text{Total daya maksimum beban} \times \text{Besarnya faktor keserempakan} \dots \dots \dots (2.12)$$

2.5 Suplai Daya Listrik

Kapasitas suplai daya sangat tergantung pada jumlah kebutuhan daya dari beban terpasang dan kondisi beban saat beban puncak (maksimum). Kebutuhan tenaga listrik pada suatu industri harus disesuaikan dengan keadaan produktivitas perusahaan itu sendiri, yang paling penting adalah kontinuitas dan keandalan yang tinggi dalam pelayanannya. Suplai daya terdiri dari :

- Suplai daya dari PLN
- Suplai daya dari generator set (GENSET)

a. Motor Listrik

Motor listrik adalah peralatan listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Sedangkan alat yang berfungsi sebaliknya adalah generator yang dimana mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Penggunaan motor listrik dapat kita temukan pada kehidupan sehari-hari seperti penggunaan pada peralatan rumah tangga dan pada industri.

b. Pemilihan Komponen Pengaman Listrik

Pemilihan komponen pengaman listrik ditentukan oleh beberapa hal :

1. Standar

- SPLN 108 / SLI 175, bila digunakan oleh pemakai umum (instalasi perumahan – kapasitas pemutusan rendah)
- IEC 60947-2, bila digunakan oleh ahlinya (aplikasi industri – kapasitas pemutusan tinggi)



2. Kapasitas Pemutusan

Kapasitas pemutusan suatu komponen pengaman listrik harus lebih besar dari arus hubung singkat pada titik instalasi di mana pemutus tenaga tersebut dipasang. Pada diagram garis suatu sistem, disarankan untuk menyebutkan besar kapasitas pemutusan di samping arus pengenal komponen pengaman listrik yang digunakan.

3. Arus Pengenal

Arus pengenal suatu komponen pengaman listrik harus disesuaikan dengan besarnya arus beban yang dilewatkan kabel dan lebih kecil dari arus yang diijinkan pada kabel.

4. Tegangan

Tegangan operasional pengenal komponen pengaman listrik harus lebih besar atau sama dengan tegangan sistem

5. Jumlah Kutub

6. Bentuk kurva trip (Kurva C atau Kurva D)

Menentukan besar magnetis trip terhadap arus pengenal

7. Frekuensi Sistem

8. Aplikasi Beban

Tipe kabel yang diamankan, tembaga atau aluminium.

2.8 *Software XL3-Pro Calcul*⁵

XL3-Pro Calcul adalah *software* program perhitungan yang dimiliki oleh *Legrand group* yang berguna untuk perhitungan tegangan rendah instalasi listrik yang menjamin kesesuaian dengan standar dipilih. *Software XL3-Pro Calcul* digunakan untuk membuat catatan kalkulasi untuk sebuah instalasi listrik, dari suplai listriknya hingga pemutus sirkuit proteksi. *Software* ini ditujukan untuk

⁵ Group, Legrand. (2015). *XL3-Pro Calcul User Manual Book*. Limoges Cedex - France 87045.



departemen teknik yang mendesain instalasi serta pemasang, operator pemeliharaan dan kantor inspeksi.

XL3-Pro calcul secara otomatis melakukan semua perhitungan dan semua pemeriksaan yang terhubung dengan standar :

- Arus operasi maksimum
- Penampang konduktor
- Kelebihan beban dan perangkat proteksi arus pendek
- Perangkat perlindungan tambahan untuk melindungi orang
- Tekanan termal dan elektrodinamik
- Tegangan turun

Hardware dan *software* yang memenuhi persyaratan untuk menginstalasi *software XL3-Pro calcul* antara lain adalah sudah menggunakan Intel Pentium IV atau setara. Menjalankan *Windows XP* (Paket layanan 2), *Windows Vista*, *Windows 7* atau *Windows 8*. *Adobe Reader X*, dan memiliki 1GB memori akses acak, atau *RAM* yang biasanya direkomendasikan.

2.8.1 Tabel data perhitungan

Tabel data perhitungan ini digunakan untuk memasukkan dan menampilkan spesifikasi komponen yang dipilih.

- Kolom pertama memberikan nama spesifikasi dan memungkinkan kelompok spesifikasi diperluas/diperkecilkan.
- Kolom kedua memberikan nilai spesifikasi
- Kolom ketiga memperlihatkan status sistem penguncian dari setiap spesifikasi.

Ada tab di bagian bawah tabel jika komponen yang dipilih dikaitkan dengan komponen yang lain. Tabel spesifikasi juga dapat digunakan untuk memasukkan dan menampilkan spesifikasi beberapa pilihan. Ketika beberapa rangkaian atau elemen dengan tipe yang sama dipilih, tabel spesifikasi ini akan meringkas setiap spesifikasinya. :



- Jika suatu nilai ditampilkan, ini berarti hal tersebut umum untuk semua komponen yang dipilih.
- Jika “#” symbol ditampilkan, ini berarti bahwa nilainya berbeda untuk setiap komponen yang dipilih.
- Jika kita memasukkan suatu nilai, itu akan bersifat umum untuk semua komponen yang dipilih.

Data	Value
Identification	D12
Description	Protection
Supply	[On transformer minimum, On transformer maximum, on Generating ...
Equipment selection	Manual
Designation	MCCB DPX*160 50kA 4P 80A
In	80 A
Polarity	4P
I _{th}	72 A
I _{sd}	800 A
Delay	0
Immediate protection	Yes
Immediate I	1600 A
Breaking capacity	50 kA
Advanced	
Ambient temperature	30 °C
k Temperature	1
Other K thermal	1
Magnetic tolerance	20 %
U _{imp}	8 kV

Gambar 2.8 Tabel data perhitungan pada *software XL3-Pro Calcul*.

2.8.2 Data perhitungan

Saat *single line diagram* awal sudah terbentuk, kita harus melengkapi spesifikasi *consumer*, serta sejumlah data yang diperlukan untuk perhitungan instalasi kita. Karakteristik ini muncul di area *calculation data* ditampilkan (di sebelah kanan layar kita) atau di *circuit information sheet*.

Lembar sirkuit menampilkan spesifikasi dan hasil sirkuit dalam satu jendela. Data perhitungan yang harus diisi akan bervariasi tergantung pada elemen dan sirkuit. Berikut pengenalan dari lembar informasi sirkuit.



Distribution circuit (Panel) - non-compliant circuit

Circuit Identification: **UCB1102** Designation: **TD4 BUREAUK** Navigation: **TG8T1.R12**

Harmonic factor: Tx.H. <= 15% 15% < Tx.H. <= 33% Tx.H. > 33%

Output type: **3P+PEN** Loaded neutral

Ib: **100 A** Cos Phi: **0.84** Calculated cos phi: **0.84** I Allowed: **100 A**

Power: **57.86 kW**

Navigation: **SBT1.TG.114** **SBT1.TG.114** **TD4.TD4.03-00**

D12.2 Protection

Equipment selection: **Automatic** **Modular, Moulded case, Air circuit breaker, Fuse carrier, Disco** Earth leakage protection: **none**

[C/Img usual B/Im] **[Simple, Trip free switches, I]** **[Motor driven]**

Description: **MCCB DP^N160 50kA 3P 100A thermal magnetic**

C12.2 Cable

Methods of installation: **13** Type of cable(s): **Multi-core with PE** Conductor: **U 1000 AR2V** Aluminum **>3LPE-EPR** Length: **80 m**

Phase section: **1 x 50 mm²** PEN section: **1 x 50 mm²**

Local V drop: **2.33 %** Correction factor: **0.72**

IG1 Interrupteur

Equipment selection: **Automatic** **Modular, Modular with handle, Power with handle, Moulded c** Earth leakage protection: **none**

[Trip free switches, Isolating] **[With release]**

Description: **Isol switch DPX4S 250 3P 100A Front Handle**

RD Distribution

Installed power: **150.83 kW** Global Cos Phi: **0.84**

1 2 3 4 5

Gambar 2.9 Circuit information sheet dengan sirkuit yang lengkap



The screenshot displays a software window titled "Distribution circuit (Panel) - non-compliant circuit". The interface is organized into several sections:

- Top Section (Callout 10):** Contains circuit identification and designations. It includes fields for "Circuit Identification" (with a dropdown menu), "Designation" (TD4 BUREAUX), "Output type" (3P+PEN), "Ib" (100 A), "Cos Phi" (0.04), "Calculated cos phi" (0.04), "Power" (57.96 kW), and "I Allowed" (100 A). There are also radio buttons for "Harmonic factor" (TxH <= 15%, 15% < TxH <= 33%, TxH > 33%) and a checkbox for "Loaded neutral".
- Navigation (Callout 6):** Located in the top right, it shows a tree view with nodes for "TGBT1.D12", "TGBT1.D12.1", "TGBT1.D12.2", and "TD4.TD4.03-00".
- Identification and Description (Callout 11):** Shows "Identification" (D12.2) and "Description" (Protection). It includes "Equipment selection" with dropdowns for "Automatic" (Module, Moulded case, Air circuit breaker, Fuse carrier, Dccos) and "Earth leakage protection" (none).
- Over-current protection (Callout 12):** Contains settings for "In" (100 A), "Ith" (100 A), "Iad" (1000 A), "Delay" (0), and "Immediate protection" (1600 A). It also includes "Polarity" (3P) and "Breaking capacity" (50 kA).
- Advanced Settings:** Includes "Ambient temperature" (30 °C), "k Temperature" (1), "Other K thermal" (1), "Magnetic tolerance" (30 %), and "Uimp" (8 kV).
- Supply and Selectivity (Callout 8):** Contains checkboxes for "On transformer minimum" and "On transformer maximum", and a "Selectivity" section with a "See detailed results..." link.
- Bottom Section (Callout 9):** Displays maximum current values: "Ik3 max" (42.373 kA), "Ik2 max" (36.696 kA), and "Ik1 max" (39.05 kA).
- Right Side (Callout 7):** Shows a schematic diagram of the circuit with callouts 6, 7, 8, and 9 pointing to specific components and connections.

Gambar 2.10 *Circuit information sheet* pada elemen tunggal



Berikut keterangan dari gambar *circuit information sheet* diatas baik pada sirkuit yang lengkap dan pada elemen tunggal :

1. Ikon untuk akses ke spesifikasi utama pada setiap elemen
2. Spesifikasi utama komponen pengaman
3. Spesifikasi utama pada kabel
4. Spesifikasi utama pada pemutus/*disconnector*
5. Spesifikasi utama blok distribusi
6. Panah navigasi untuk berpindah dari satu sirkuit ke sirkuit lainnya
7. Lembar (memungkinkan visualisasi diagram kita tanpa meninggalkan *circuit information sheet*, cukup dengan memposisikan mouse kita pada ikon ini).
8. Klik Simbol untuk elemen individual untuk membuka lembar perinciannya
9. Panah batang gulir yang memungkinkan elemen sirkuit yang tidak muncul di layar
10. Informasi tentang keseluruhan sirkuit yang dipilih
11. Informasi tentang elemen individu yang pertama
12. Status sistem penguncian.

2.8.3 Tabel hasil perhitungan

Tabel ini menampilkan hasil yang dihitung untuk komponen yang dipilih.

- Kolom pertama memperlihatkan nama hasil dan memungkinkan hasilnya untuk diperluas/diperkecil.
- Kolom kedua memberikan nilai hasil.

Ada tab di bagian bawah tabel jika komponen yang dipilih dikaitkan dengan komponen yang lain. Tabel hasil perhitungan ini juga dapat digunakan untuk menampilkan hasil yang terhitung dari beberapa pilihan. Ketika beberapa rangkaian atau elemen dengan tipe yang sama dipilih, tabel hasil perhitungan akan meringkas setiap hasilnya.



- Jika satu nilai ditampilkan, ini berarti bahwa itu umum untuk semua komponen yang dipilih
- Jika “#” symbol ditampilkan, ini berarti bahwa nilainya berbeda untuk komponen yang dipilih

Data	Value
Total V drop (B type)	0,74 %
<input type="checkbox"/> Total of power	Consumption
I Allowed	160 A
Total power	97 kW
Calculated cos Phi	0,84
<input type="checkbox"/> Outputs consumption	167,1 A
L1 max. current	167,1 A
L2 max. current	166,9 A
L3 max. current	166,6 A
Corrected consumption	167,1 A
<input type="checkbox"/> Short-circuit	
Ik3 max	42,373 kA
Ik2 max	36,696 kA
Ik1 max	39,85 kA
Ik2 min	17,008 kA
Ik1 min	18,344 kA
If	18,344 kA

Circuit Protection Distribution block

Gambar 2.11 Tabel hasil perhitungan pada *software XL3-Pro Calcul.*