

Analisa Perhitungan Kapasitas Miniature Circuit Breaker untuk Listrik Cadangan di Akademi Teknologi Bogor

Arba'i Yusuf^{1*}, Adriansah Aulia¹

Program Studi Teknik Listrik, Akademi Teknologi Bogor

ABSTRACT

Tulisan ini membahas mengenai analisa perhitungan kapasitas MCB untuk listrik cadangan menggunakan genset yang berlokasi di kampus Akademi Teknologi Bogor. Analisa dilakukan dengan menghitung beban total ruang perkuliahan, kemudian menghitung power faktor beban tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan beban maksimal, dapat ditentukan kebutuhan MCB yang diperlukan dalam ruangan perkuliahan tersebut. Dalam tulisan ini diambil contoh dua ruangan besar yang mempunyai banyak peralatan yang berada di Akademi Teknologi Bogor, yaitu ruang laboratorium komputer dan laboratorium elektronika listrik. Berdasarkan kebutuhan daya untuk dua ruangan laboratorium tersebut, dapat ditentukan kapasitas genset yang disarankan yaitu yang mempunyai kapasitas sebesar 10000 watt dengan main MCB 32 A atau C32 dan dengan luas penampang kabel sebesar 2.5 mm² atau diameter kawat antar 1.5 – 2 mm.

Keywords: Generator Set (Genset); Miniature Circuit Breaker (MCB); Circuit Breaker; Fase Listrik.

Corresponding author: arbai.yusuf@gmail.com

History of Article: Received: jan 2023. Revision: mar 2023. Published: jul 2023.

Introduction

Kebutuhan masyarakat akan teknologi memerlukan kualitas pendidikan yang memadai seperti perguruan tinggi tempat menuntut ilmu dan pengetahuan, tempat belajar, mengajar, tempat bertukar pikiran, dan tempat berinovasi. Dengan jumlah masyarakat Indonesia yang banyak, diperlukan tempat kuliah dan gedung yang memadai, dan juga sarana dan prasarana yang bagus untuk mendukung perkuliahan. Setiap gedung perkuliahan atau ruang kuliah pastinya dilengkapi dengan peralatan-peralatan listrik seperti lampu, air conditioner (AC), lemari pendingin, personal komputer, dan berbagai peralatan laboratorium lainnya yang mana semua itu memerlukan pasokan listrik. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan pasokan listrik yang mempunyai daya listrik yang memadai. Desain sistem tenaga listrik dan instalasi harus mendukung sistem seluruh gedung tersebut.

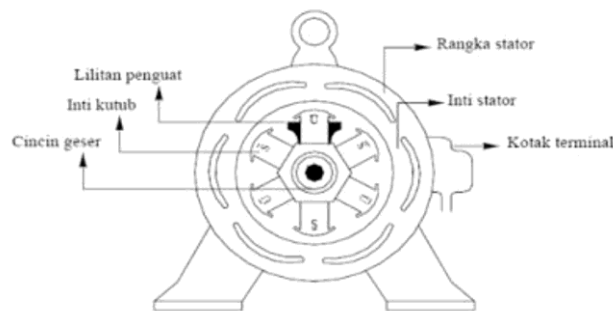
Saat ini listrik yang ada di gedung perkuliahan dipasok dari listrik PLN, yang mana pada suatu waktu tertentu terjadi pemadaman listrik. Pemadaman bisa terjadi pada waktu pagi, siang, sore, dan bahkan pada malam hari dimana pada saat itu sedang ada perkuliahan, penggunaan laboratorium komputer, dan beberapa peralatan laboratorium. Pemadaman bisa terjadi dalam waktu singkat dan bahkan bisa lama tergantung dari penyebab pemadaman tersebut.

Berdasarkan beberapa latar belakang diatas bahwa gedung perkuliahan harus tetap ada pasokan listrik agar sistem perkuliahan bisa tetap berjalan, maka diperlukan generator set (genset) sebagai sumber cadangan listrik apabila listrik utama dari PLN mati secara tiba-tiba. Genset atau generator set adalah peralatan listrik yang digunakan untuk menghasilkan listrik yang mana sumber tenaganya berasal dari bahan bakar fosil seperti bensin, solar, Liquid Petroleum Gas (LPG), dan gas alam atau Compressed Natural Gas (CNG) .

Untuk menghubungkan listrik dari genset ataupun dari listrik PLN diperlukan alat yang namanya Miniature Circuit Breaker (MCB). MCB merupakan peralatan yang sangat penting dalam sistem kelistrikan gedung kantor, rumah, industri, dan gedung perkuliahan. MCB berfungsi sebagai pemutus jaringan listrik jika terjadi kelebihan beban atau jika terjadi konslet listrik. Dengan kata lain MCB berfungsi sebagai pengaman listrik dari bahaya kebakaran. Kapasitas MCB yang dipasang harus disesuaikan dengan beban daya listrik dalam gedung atau ruang perkantoran yang akan digunakan.

Tulisan ini membahas mengenai analisa perhitungan kapasitas MCB untuk listrik cadangan menggunakan genset yang berlokasi di kampus Akademi Teknologi Bogor. Daya listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan Electrical Power adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Analisa dilakukan dengan menghitung beban total ruang perkuliahan, kemudian menghitung power faktor beban tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan beban maksimal, dapat ditentukan kebutuhan MCB yang diperlukan dalam ruangan perkuliahan tersebut.

Perangkat atau peralatan listrik yang menghasilkan listrik disebut sebagai generator set/genset. Genset terdiri dari dua bagian yaitu rotor dan stator. Stator adalah bagian yang tidak berputar yang terdiri dari inti stator, belitan stator, alur stator, dan rumah stator. Rotor adalah bagian yang berputar/bergerak yang mana terdiri dari inti kutub dan kumparan medan. Pada bagian rotor terdapat poros yang berfungsi sebagai jalur fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan medan. Antara rotor dan stator dipisahkan oleh celah udara tipis yang berfungsi untuk memberikan jarak pada rotor supaya dapat berputar bebas. Konstruksi genset diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Konstruksi dasar generator set

Untuk dapat bekerja dan menghasilkan listrik, genset harus diputar dengan kecepatan dan frekuensi tertentu. Bahan bakar yang digunakan oleh genset pada umumnya adalah bensin dan solar tergantung tipe dan jenis genset. Putaran rotor pada genset harus stabil agar supaya bisa menghasilkan listrik yang stabil dengan tegangan 220-230V frekuensi 50Hz. Rotor terdiri dari gulungan kawat tembaga yang dililit dengan jumlah lilitan tertentu. Pada saat rotor berputar maka akan timbul medan magnet pada kumparan yang mana selanjutnya akan menimbulkan gaya gerak listrik pada kumparan tersebut.

Daya listrik yang dihasilkan oleh generator set dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P = V \cdot I \cdot \cos(\Phi)$$

Dimana P adalah daya keluaran listrik (W), V adalah tegangan keluaran genset (V), I adalah arus keluaran genset (A), dan $\cos(\Phi)$ adalah faktor efisiensi dari generator set tersebut. Genset yang baik mempunyai efisiensi diantara 80 – 90 %.

MCB (Miniature Circuit Breaker) merupakan salah satu komponen penting dalam instalasi listrik rumah maupun perkantoran. Fungsi dari komponen ini adalah sebagai sistem proteksi apabila terjadi beban berlebih ataupun hubung singkat arus listrik (short circuit). Jika terjadi kegagalan fungsi MCB, akan berpotensi menimbulkan panas pada kebel penghantar dan percikan api dan bisa menyebabkan kebakaran. Pada instalasi listrik rumah, MCB dipasang pada kWh meter listrik PLN dan juga dipasang pada kotak MCB yang berada di dalam rumah. Jika di rumah terjadi trip disebabkan beban lebih atau hubung singkat, maka MCB akan panas kemudian off (saklar MCB turun). Untuk menyalakan listrik kembali MCB harus di-on-kan (saklar MCB dinaikkan) secara manual dan biasanya menunggu beberapa saat supaya MCB dingin.

Terdapat tiga macam jenis MCB jika dilihat dari jenis fasanya, yaitu MCB 1 fasa, MCB 2 fasa, dan MCB 3 fasa seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. MCB 1 fasa mempunyai satu kutub listrik, MCB 2 fasa mempunyai dua kutub listrik, dan MCB 3 fasa mempunyai tiga kutub listrik. Pemakaian MCB 1 fasa, 2 fasa, dan 3 fasa tergantung dari daya listrik yang digunakan di dalam rumah/gedung. Pada

umumnya pemakaian MCB 1 fasa digunakan untuk listrik rumah tangga, toko kecil, dan industri rumah tangga mikro yang mana daya listrik yang dibutuhkan tidak lebih dari 5000 WH. MCB 2 fasa umumnya digunakan untuk rumah tangga besar, toko sedang, dan industri rumah tangga sedang. Sedangkan MCB 3 fasa umumnya digunakan pada industri besar, gedung perkuliahan, supermarket/mall, dan industri besar.



Gambar 2. Jenis MCB 1 fasa, 2 fasa, dan 3 fasa

Sistem kerja MCB pada umumnya menggunakan prinsip thermal tripping dan magnetik tripping. Thermal tripping adalah pemutusan arus listrik pada MCB dikarenakan suhu tinggi. Di dalam MCB terdapat bimetal yang bekerja dipengaruhi temperatur. Jika arus yang mengalir pada bimetal besar, maka bimetal akan panas dan melengkung, sehingga trip yang menghubungkan kutub MCB akan putus, dengan demikian arus listrik tidak akan mengalir. Magnetik tripping adalah pemutusan arus listrik pada MCB dikarenakan adanya medan magnet. Jika arus listrik yang mengalir besar dan melebihi beban kapasitas MCB, maka timbul medan magnet di pakung MCB dan membuatnya tertarik. Dengan demikian trip yang menghubungkan kutub MCB akan putus dan arus tidak akan mengalir [6].

Di MCB terdapat kode-kode huruf dan angka yang digunakan sebagai indikator parameter yang mempunyai istilah dan arti tertentu seperti ditunjukkan dalam Gambar 3. Merek perusahaan yang membuat biasanya diletakkan pada bagian atas. Kode Cxx adalah batas arus yang dapat diterima MCB misal C32N adalah batas arusnya sebesar 32A. Tegangan operasi biasanya tertera di bagian bawah batas arus, pada umumnya tegangannya adalah 220V/400V. Terdapat angka 6000 di bawah angka tegangan operasi, yang mana maksudnya adalah kapasitas pemakaiannya adalah di bawah 6000 A. Kemudian di bawahnya terdapat angka 3 yang artinya adalah kelas 3, MCB ini mampu menerima energi sebesar 3 Joule. Semakin tinggi kelasnya semakin bagus MCB tersebut.



Gambar 3. Kode angka dan huruf pada MCB

Beberapa kode kapasitas MCB dan daya maksimal yang dapat digunakan diperlihatkan dalam Tabel 1. Kode batas arus yang dapat dilalui oleh MCB ditandai dengan huruf C besar kemudian diikuti oleh angka yang menandakan batas arus. MCB satu fasa dan dua fasa pada umumnya mempunyai kapasitas minimal 2 A dan maksimal 63 A, sedangkan untuk MCB tiga fasa pada umumnya mempunyai kapasitas minimal 6 A dan maksimal 63 A.

Tabel 1. Kapasitas MCB

Kode	Kapasitas MCB (Amper)	Kapasitas Daya (Watt)
C2	2	440
C4	4	880
C10	6	1320
C16	10	2200
C20	16	3520
C25	20	4400
C32	25	5500
C40	32	7040

Method

Untuk mengetahui berapa besar kapasitas genset yang dibutuhkan untuk mensuplai listrik dalam ruang kuliah, diperlukan perhitungan daya terhadap jumlah beban dalam setiap ruangan. Setelah diketahui jumlah daya dalam setiap ruangan, maka dapat diketahui kapasitas pemakaian Miniature Circuit Breaker (MCB) yang diperlukan. Dalam tulisan ini diambil contoh dua ruangan besar yang mempunyai banyak peralatan yang berada di Akademi Teknologi Bogor, yaitu ruang laboratorium komputer dan laboratorium elektronika listrik seperti ditunjukkan dalam Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Laboratorium komputer



Gambar 5. Laboratorium elektronika listrik

Di dalam laboratorium komputer terdapat personal komputer desktop sebanyak 12 buah, alat display akatek 1 buah, AC 1 PK buah, lcd proyektor 1 buah, laptop 1 buah, lampu TL 20 buah, dan beberapa modul elektronika untuk praktikum seperti modul mikrokontroller, dan power suplai kecil. Sedangkan di dalam laboratorium elektronika listrik terdapat peralatan modul praktikum seperti pengukuran tenaga listrik 1 buah, modul PLC 3 buah, motor 1 fasa 1 buah, motor 3 fasa 1 buah, power suplai sedang 1 buah, modul display akatek 1 buah, modul mikrokontroller 1 buah, AC 1 PK 1 buah, laptop 1 buah, lcd proyektor 1 buah, dan personal komputer desktop 1 buah.

Setiap peralatan tersebut mempunyai spesifikasi seperti tegangan suplai, arus, daya yang dibutuhkan. Semuanya didata kemudian dihitung jumlah daya listrik total. Dari data tersebut kemudian dapat dihitung kapasitas MCB dan genset yang diperlukan untuk mensuplai dua ruangan tersebut.

Result

Pengujian MCB pada PLN Litbang mempunyai standar baku yaitu SPLN 108:1993 dan SNI 60898-1:2009. Standar baku digunakan untuk memberikan pegangan yang terarah dalam perencanaan dan pengujian serta penggunaan pemutus daya listrik kecil sebagai pembatas dan pengaman arus lebih untuk instalasi gedung perkantoran dan rumah, khususnya yang tersambung pada instalasi PLN. Instalasi PLN ini digunakan untuk pemutus tenaga untuk pengoperasiannya pada frekuensi 50 Hz, yang mana mempunyai tegangan pengenal tidak lebih dari 440 V setiap fase. Arus pengenal tidak melebihi 125 A dan kapasitas hubung singkat tidak lebih dari 25000 A.

Standar baku tersebut berlaku untuk pemutus daya listrik jenis CL yang berfungsi sebagai pengaman arus berlebih dan sebagai pembatas daya konsumen PLN serta digunakan sebagai pemutus daya listrik jenis B, C dan D. Pemutus tenaga tersebut didesain untuk agar bisa digunakan oleh setiap orang dan tidak memerlukan pemeliharaan. Untuk menyambung listrik ke MCB dan instalasi rumah memerlukan sebuah kabel penghantar. Kabel penghantar yang diperlukan bergantung dari kapasitas arus pada MCB, semakin besar arus pengenal pada MCB, maka semakin besar pula luas penampang kabel tersebut. Kabel penghantar tembaga uji yang digunakan dalam pengujian MCB ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Luas penampang (s) dari penghantar tembaga uji sesuai dengan arus pengenal

Luas Penampang (S) dalam mm ²	Nilai Arus Pengenal (In) dalam Ampere
	6
1.5	6 – 13
2.5	13 – 20
4	20 – 25
6	25 – 32
10	32 – 50
16	50 – 63
25	63 – 80
35	80 – 100
50	100 – 125

Ruangan yang digunakan untuk analisa data adalah dua ruangan besar, yaitu laboratorium komputer dan laboratorium elektronika listrik, yang mana dalam ruangan tersebut mempunyai beberapa peralatan listrik seperti ditunjukkan dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Peralatan di dalam laboratorium komputer

Jenis peralatan	Jumlah	Daya (W)	Arus (A)
Personal komputer @125W	12	1500	6.8
Alat display akatek	1	12	0.05
AC 1 PK @750W	2	1500	6.8
LCD proyektor	1	57	0.26
Laptop	1	50	0.23
Lampu TL @25W	20	500	2.3
Modul mikrokontroller	1	1	0.005
Power suplai kecil	1	12	0.0r5

Tabel 4. Peralatan di dalam laboratorium elektronika listrik

Jenis peralatan	Jumlah	Daya (W)	Arus (A)
Personal komputer @125W	1	125	0.6
Alat display akatek	1	12	0.05
AC 1 PK	1	750	3.4
LCD proyektor	1	57	0.26
Laptop	1	50	0.23
Lampu TL @25W	5	125	0.6
Modul praktikummikrokontroller	1	1	0.005
Power suplai sedang	1	30	0.14
Modul praktikum pengukuran tenaga listrik	1	250	1.1
Modul praktikum PLC@120W	3	360	1.6
Motor listrik 1 fasa	1	95	0.4
Motor listrik 3 fasa	1	285	1.3

Peralatan yang ada di dalam laboratorium komputer diantara yang paling besar adalah personal komputer yang masing-masing mempunyai daya sebesar 125 W, jika digunakan untuk praktikum semuanya akan membutuhkan daya sebesar 1500 W. Peralatan paling besar kedua dalam laboratorium tersebut adalah AC 1 PK 2 buah yang membutuhkan daya sebesar 1500 W. Kemudian peralatan yang paling besar ketiga adalah lampu TL yang masing-masing mempunyai daya sebesar 25 W, jika dinyalakan semuanya akan membutuhkan daya sebesar 500 W. Total kebutuhan daya untuk laboratorium komputer adalah sebesar 3632 W dengan arus total sebesar 16.495 A.

Peralatan yang ada di dalam laboratorium elektronika listrik yang paling besar diantaranya adalah personal komputer 125 W, AC 1PK 750 W, lampu TL 125 W, modul praktikum tenaga listrik 250 W, modul praktikum PLC 360 W, motor listrik 1 fasa sebesar 95 W, dan motor listrik 3 fasa sebesar 285 W. Total kebutuhan data untuk laboratorium elektronika listrik sebesar 2140 W, dengan arus total sebesar 9.685 A.

Semua peralatan yang berada di dalam laboratorium komputer dan laboratorium elektronika listrik menggunakan listrik 1 fasa dengan tegangan 220V. Berdasarkan data dalam Tabel 3 dan Tabel 4 dapat ditentukan kebutuhan kapasitas MCB yang disarankan untuk kedua ruangan tersebut, yaitu C20 untuk laboratorium komputer dan C10 untuk laboratorium elektronika listrik. Untuk kebutuhan arus pada laboratorium elektronika listrik sebesar 9.685 A dan hampir mendekati kapasitas maksimal MCB C10, untuk itu disarankan menggunakan MCB C16 pada laboratorium elektronika listrik. Kemudian total kebutuhan daya untuk dua ruangan tersebut adalah sebesar 5772 W dengan arus maksimal sebesar 26.18 A. Kebutuhan daya dan arus dua ruangan laboratorium ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Rangkuman kebutuhan daya dan arus laboratorium komputer dan elektronika listrik

Ruangan Laboratorium	Daya (W)	Arus (A)
Lab komputer	3632	16.495
Lab elektronika listrik	2140	9.685
Total kebutuhan daya dan arus untuk dua laboratorium	5772	26.18

Berdasarkan kebutuhan daya untuk dua ruangan laboratorium seperti ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Tabel 5, maka dapat ditentukan kapasitas genset yang disarankan yaitu yang mempunyai kapasitas sebesar 10000 watt dengan main MCB C32 dan dengan luas penampang kabel sebesar 2.5 mm² atau diameter kawat antar 1.5 – 2 mm.

Conclusion

Analisa kebutuhan *miniature circuit breaker* (MCB) telah dilakukan di lingkungan kampus Akademi Teknologi Bogor dengan mengambil contoh dua ruangan besar yaitu laboratorium komputer dan laboratorium elektronika listrik. Laboratorium komputer memerlukan daya listrik sebesar 3632 watt dengan arus 16.495 amper. Sedangkan laboratorium elektronika listrik memerlukan daya listrik sebesar 2140 watt dengan arus 9.685 amper. Berdasarkan analisa yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa untuk masing-masing ruangan laboratorium memerlukan genset dengan kapasitas 10000 watt, MCB dengan kapasitas 16 – 20 amper atau C16 dan C20 dengan diameter kabel listrik sebesar 1.5 – 2 mm.

Refrence

- Hasan Basri, Sistem Distribusi Daya Listrik, ISTN (Institut Sains dan Teknologi Nasional), Jakarta Selatan, 1997.
- Saragih, R., & Kawano, D. S. (2013). Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Premium, Pertamina, Pertamina Plus Dan Spiritus Terhadap Unjuk Kerja Engine Genset 4 Langkah. *Jurnal Teknik ITS*, 2(1), B85-B89.
- Ferari Ch. Lisi, Fielman Lisi, Sartje Silimang. 2018. Analisa Perhitungan Kapasitas dan Pemilihan *Circuit Breaker* (CB) pada Penyulang Gardu Induk Paniki Sistem Minahasa. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* Vol.7 No. 1 (2018), ISSN : 2301-8402. Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado.
- Leuchter, Jan, et al. "Dynamic behavior modeling and verification of advanced electrical-generator set concept." *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 56.1(2008): 266-279.
- Heryansah, H. "Rancang Bangun Alat Inverter Sebagai Daya Cadangan Pada Rumah Tangga". *Jurnal Program Studi Teknik Elektro*. Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara Medan, (2018).
- Standar Nasional Indonesia (SNI 04-0225- 2000), Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, (PUIL 2000), Jakarta, 2000.