

IMPLEMENTASI SISTEM PENGAMAN ENERGI LISTRIK PADA INSTALASI RANCANG BANGUN AKUAPONIK

Sabrina Ayunani¹, Metilla Maesi Nainggolan^{2,3}, Maharani Putri³
Cholish⁴, Agustina Ginting⁵, Moh. Zainul Haq⁶

Teknik Listrik^{1,2,4}, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan Teknologi Rekaya

Instalasi Listrik³, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan Teknik

Elektronika 5, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan

sabrinaayunani@students.polmed.ac.id¹, metillamaesinainggolan@students.polmed.ac.id²,

maharaniputri@polmed.ac.id³, cholish@polmed.ac.id⁴, agustinaginting@polmed.ac.id⁵,

zainulhaq@polmed.ac.id⁶

ABSTRAK

Pengaman terhadap beban lebih, arus bocor dan arus lebih pada rangkaian instalasi listrik harus digunakan pada saat pemanfaatan energi listrik, saat ini penggunaan energi listrik bukan hanya untuk kehidupan sehari-hari tetapi digunakan untuk memenuhi kebutuhan budidaya seperti akuaponik, untuk menjaga keselamatan dan keamanan bagi manusia, hewan dan tumbuhan dari bahaya beban lebih, arus bocor dan arus lebih. MCB (*Miniature Circuit Breaker*), ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) digunakan sebagai pengaman pada instalasi akuaponik, dan Kontaktor digunakan sebagai pengunci tombol tekan dengan kontak bantu NO 13 dan 14 yang digunakan untuk instalasi akuaponik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sistem pengaman yang baik untuk instalasi rancang bangun akuaponik, untuk mengimplementasikan sistem pengaman energi listrik pada rancang bangun akuaponik, untuk mengetahui besar setinggian pada setiap sistem pengaman yang digunakan pada rancang bangun akuaponik. Berdasarkan pengujian pada penelitian ini ELCB dengan merek sunfree memiliki sensitivitas dan kecepatan pemutusan tidak cepat dan kurang akurat, dengan rata-rata keberhasilan yang dihitung menggunakan rumus didapat hasil rata-rata keberhasilan sebesar 84,7%. Sedangkan pada MCB DC yang di uji dengan dihubungsingkatkan dengan batrai, MCB trip dalam kurung waktu kurang dari 1 detik.

Kata Kunci : Sistem Pengaman, MCB, ELCB, Kontaktor

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Energi Listrik sudah menjadi kebutuhan pokok untuk masyarakat, karena tanpa energi listrik kegiatan masyarakat sebagai konsumen akan terhambat, hal itu disebabkan karena peralatan dan bahan penunjang kehidupan masyarakat menggunakan energi listrik sebagai penggerakannya (sumber daya), misalnya kabel, lampu, saklar, pompa air, penanak nasi, dan lain sebagainya. Konsumen masyarakat masih banyak yang belum mengetahui secara benar bagaimana pemasangan instalasi listrik yang benar dan aman untuk menjaga keselamatan pada peralatan, bangunan, manusia dan hewan.

Pada era saat ini telah banyak para ahli menemukan pembangkit tenaga listrik yang bekerja dengan mengubah suatu energi menjadi energi listrik misalnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Selain PLTS juga terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) yang merupakan jenis pembangkit listrik yang menghasilkan listrik dari air yang mengalir dengan kecepatan rendah. Sudah banyak ditemui pembangkit tenaga listrik yang bekerja dengan mengubah suatu energi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan budidaya seperti akuaponik.

Akuaponik merupakan sistem budidaya ikan (akuakultur) dan tanaman (hidroponik) bersama dalam sebuah ekosistem yang resirkulasi/saling menguntungkan menggunakan bakteri alami untuk mengubah kotoran dan sisa pakan ikan menjadi nutrisi tanaman.

Untuk menjamin kelangsungan kerja peralatan – peralatan listrik yang digunakan pada penelitian ini, perlu di perhatikan keamanan instalasi listrik itu sendiri baik keamanan terhadap gangguan internal atau gangguan dari peralatan seperti motor atau pompa itu sendiri maupun gangguan eksternal atau gangguan dari luar, yaitu berupa gangguan beban lebih, gangguan arus bocor, dan gangguan relay arus lebih. Keamanan manusia merupakan faktor utama dalam sistem tenaga

listrik, oleh karena itu perlu adanya pengaman yang bisa mengamankan manusia terhadap bahaya tersebut. Pengaman listrik mempunyai fungsi yaitu mengamankan sistem instalasi listrik (hantaran, perlengkapan listrik dan alat yang menggunakan listrik), melindungi atau membatasi arus lebih yang disebabkan oleh pemakaian beban yang berlebihan akibat hubung singkat antara fasa dengan fasa, fasa dengan netral atau fasa dengan badan (*body*) dan melindungi hubungan singkat antara dengan badan mesin atau perlengkapan lainnya. (Yani et al., 2023)

Pengaman yang digunakan pada instalasi listrik adalah *Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB), dan *Miniature Circuit Breaker* (MCB), dan. Kedua proteksi tersebut mempunyai perbedaan prinsip kerja. Prinsip kerja ELCB berdasarkan besarnya arus bocor yang melebihi nominalnya, sedangkan prinsip kerja MCB berdasarkan arus total (arus bocor dan arus beban) yang melaluinya melebihi nilai rating arusnya. Rating arus ELCB sebagai proteksi manusia adalah 30 mA sehingga ELCB akan bekerja bila ada arus bocor melebihi 30 mA. Sedangkan rating arus MCB berdasarkan daya terpasang, misalnya daya terpasang 2200 VA maka rating MCB sebesar 10 A sehingga bila arus yang mengalir ke beban sebesar 10 A dan terjadi arus bocor maka arus total yang mengalir melalui MCB melebihi arus ratingnya sehingga MCB bekerja. Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara termis dan elektromagnetis, pengaman termis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan pengaman elektromagnetis berfungsi jika terjadi hubungan singkat. Pengaman termis pada MCB memiliki prinsip yang sama dengan *thermal overload* yaitu menggunakan dua buah logam yang digabungkan (bimetal), pengaman secara termis memiliki kelambatan, ini bergantung pada besarnya arus yang harus diamankan, sedangkan pengaman elektromagnetik menggunakan sebuah angker dari besi lunak. MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk pengaman satu fasa, sedangkan untuk pengaman tiga fasa biasanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang sisatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dibahas sebelumnya maka rumusan masalah yang diangkat untuk laporan penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana sistem pengaman yang baik untuk instalasi rancang bangun akuaponik?
- 2) Bagaimana cara mengimplementasikan sistem pengaman energi listrik pada rancang bangun akuaponik?
- 3) Berapa besar setingan untuk setiap sistem pengaman yang digunakan pada instalasi rancang bangun akuaponik?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian implementasi sistem pengaman energi listrik pada instalasi rancang bangun akuaponik adalah:

- 1) Untuk mengetahui sistem pengaman yang baik untuk instalasi rancang bangun akuaponik.
- 2) Untuk mengimplementasikan sistem pengaman energi listrik pada rancang bangun akuaponik.
- 3) Untuk mengetahui besar setingan pada setiap pengaman serta cara kerja pengaman yang digunakan pada rancang bangun akuaponik.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Pengaman

Pengaman adalah suatu alat yang digunakan untuk melindungi, mengamankan, atau mencegah sistem instalasi listrik dari beban arus yang melebihi kemampuannya. Arus yang mengalir pada suatu penghantar akan menimbulkan panas, baik pada saluran penghantar maupun pada alat listriknya sendiri. Pengaman listrik mempunyai fungsi yaitu mengamankan sistem instalasi listrik (hantaran, perlengkapan listrik dan alat yang menggunakan listrik), melindungi atau membatasi arus lebih yang disebabkan oleh pemakaian beban yang berlebihan akibat hubung singkat antara fasa dengan fasa, fasa dengan netral, atau fasa dengan badan (*body*) dan melindungi hubung singkat antar badan dengan mesin atau perlengkapan lainnya. *Earth Leakage Circuit Breaker* (ELCB) adalah salah satu pengaman listrik yang prinsip kerjanya memutuskan arus listrik apabila terdeteksi kebocoran listrik ke tanah atau grounding atau alat pemutus aliran listrik saat terjadi kontak antara

tubuh manusia yang bersentuhan dengan ground saat menyentuh alat yang dialiri arus listrik. *Miniature Circuit Breaker* (MCB) merupakan salah satu pengaman listrik yang digunakan untuk membatasi arus listrik dan pengaman ketika terjadi beban lebih. MCB bekerja memutus arus listrik ketika arus yang melewatinya melebihi arus nominal pada MCB tersebut. Kontaktor adalah salah satu peralatan pengaman listrik yang prinsip kerjanya berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik (Tanjung et al., 2021).

ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*)

ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) atau yang biasa disebut sebuah alat pengaman arus bocor atau juga disebut (GPAS) gawai proteksi arus sisa adalah peralatan listrik yang bekerja secara otomatis apabila terjadi arus bocor pada nilai yang telah diizinkan pada waktu tertentu. Pada penggunaan ELCB digunakan untuk proteksi terhadap gangguan sentuh langsung dan tak langsung dengan arus sisa maksimal 30 mA.

Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) diseting dengan arus bocor nominal 30 mA. Saklar ini cukup aman karena akan bekerja ketika merasakan adanya arus bocor sebesar 30 mA, dan kita tahu bahwa arus bocor yang tersentuh kita dibawah 50 mA tidak dirasakan oleh tubuh kita karena masih dapat ditahan tanpa menimbulkan gejala-gejala berbahaya (Anwar, 2021).

Untuk mencari nilai persentase keberhasilan ELCB adalah sebagai berikut:

$$\text{_____} \tag{1}$$

MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

Miniatur Circuit Breaker adalah salah satu perangkat elektromekanis yang bisa digunakan untuk melindungi suatu rangkaian instalasi listrik dari arus lebih atau (*over current*). Arus lebih ini dapat terjadi oleh beberapa penyebab seperti hubung singkat (*short circuit*) dan beban lebih (*overload*). MCB ini telah banyak di pakai sebagai pengaman instalasi listrik satu fasa dan tiga fasa.

MCB bekerja menggunakan 2 jenis logam yang disebut dengan bimetal yang dapat menarik tuas pada MCB untuk memutuskan tenaga listrik pada instalasi listrik dengan elektromagnetik. Dwilogam ini akan bekerja jika ada arus lebih yang menyebabkan panas yang berlebihan pada dwilogam yang menyebabkan MCB bekerja untuk memutus (trip) tenaga listrik pada instalasi listrik (Anwar, 2021).

Untuk menghitung kapasitas arus listrik dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

Untuk arus bolak-balik satu fasa _____ $\tag{2}$

Untuk arus bolak-balik tiga fasa _____ $\tag{3}$

Dimana I = Arus

P = Daya Aktif (Watt)

V = Tegangan (Volt)

Cos = Faktor daya

Sedangkan untuk mencari I_{nominal} MCB yaitu:

$$\text{_____} \tag{4}$$

$$\text{_____} \tag{5}$$

Besar settingan pada MCB $\tag{6}$

Kontaktor

Kontaktor merupakan sebuah sakelar (*switch*) yang digerakkan dengan magnet. Kontaktor dapat memutuskan dan menghubungkan rangkaian listrik dengan prinsip elektromagnetik. Apabila pada kumparan kontaktor dialiri arus listrik yang sesuai dengan nominalnya, maka kumparan tersebut akan memiliki gaya *magnetic* dan akan menarik inti besi yang dihubungkan dengan ke kontak-kontak dari kontaktor tersebut.

Untuk mencari rating kontaktor yang digunakan dalam rangkaian listrik adalah minimal 120% dari arus nominal dari rangkaian. Berdasarkan rumus (Saragih, 2019).

$$\text{Maka} \quad \text{—————} \quad (7)$$

$$\text{Besarnya setting pengaman pada kontaktor} \quad (9)$$

Secara umum bagian kontaktor terbagi menjadi tiga macam, yaitu, koil, kontak utama dan kontak bantu.

1. Koil
Koil A1 dan A2 pada kontaktor digunakan untuk menggerakkan atau mengubah kondisi kontak semula NO menjadi NC atau sebaliknya, yang dihubungkan dengan sumber 220 Volt yang dikendalikan melalui *push button start* atau *stop*.
2. Kontak Utama
Kontak utama NO pada sisi bagian atas digunakan sebagai input dari sumber 3 fasa dengan kode sedangkan pada bagian bawah digunakan sebagai output atau input menuju beban (*load*) dengan kode.
3. Kontak Bantu
Kontak bantu pada kontaktor memiliki dua kondisi yaitu kontak bantu *normally open* (NO) dengan kode 13 dan 14 yang berfungsi sebagai kontak pengunci yang bertujuan untuk mengunci kontaktor agar terus bekerja walau perintah bekerja (*push button start*) sudah dilepas. Kontak bantu *normally close* (NC) dengan kode 21 dan 22 dapat dihubungkan ke lampu indikator (*pilot lamp*) sebagai penanda sistem sudah diaktifkan (MCB ON) namun belum dijalankan (*push button start*) (Muna et al., 2023).

Pengertian Akuaponik

Akuaponik merupakan kombinasi sistem akuakultur dan hidroponik yang saling menguntungkan. Secara sederhana, akuaponik dapat digambarkan sebagai penggabungan antara sistem budidaya akuakultur (budidaya ikan) dengan hidroponik (budidaya tanaman/sayuran tanpa media tanah). Dalam sistem ini, air yang digunakan untuk memelihara ikan dialirkan ke media tanam untuk menumbuhkan tanaman. Tanaman akan menyerap nutrisi dari air yang berasal dari kotoran ikan, sementara air yang telah disaring oleh tanaman akan kembali ke kolam (Angioni et al., 2021).

METODE PENELITIAN

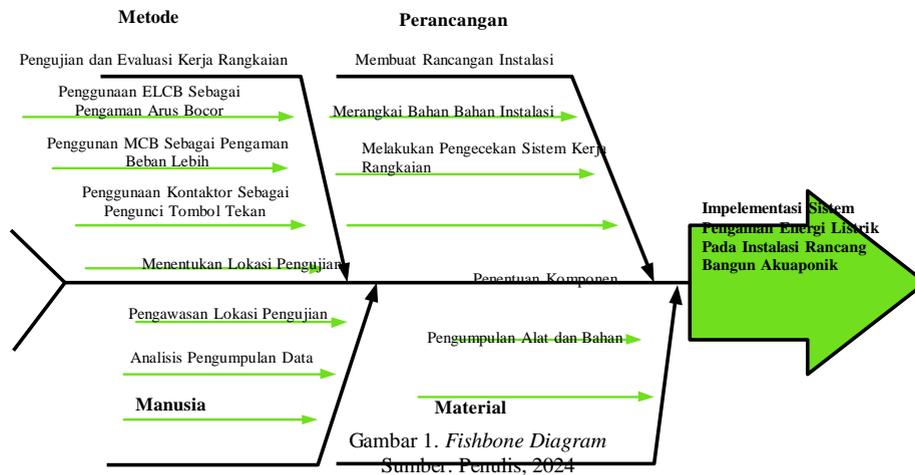
Metode Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini, jenis penelitian yang digunakan penelitian kuantitatif adalah metode riset dimana data yang dikumpulkan bersifat data-data yang konkrit yang diperoleh dari MCB, ELCB dan Kontaktor. Adapun metode yang digunakan untuk memperoleh data antara lain yaitu: Studi perpustakaan (Literatur), Konsultasi, Penjadwalan, Pengumpulan Alat dan Bahan, Perancangan, Pembuatan, Pengujian, Analisis Data, dan Simpulan.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan untuk proses perancangan sistem pengaman seperti: MCB, ELCB, Kontaktor, dan media tanam akuaponik. Pada sistem pengaman pada akuaponik ini akan di fokuskan pada komponen MCB yang digunakan sebagai pengaman untuk lampu, ELCB yang digunakan sebagai pengaman arus bocor yang dengan outputnya pompa, dan kontaktor sebagai pengunci rangkaian menggunakan kontak bantu dari kontaktor NO (*Normally Open*) yang akan dioperasikan menggunakan tombol tekan. Setelah sistem

sudah dirancang, maka akan dilakukan pengujian dan evaluasi kerja pada rangkaian sistem pengamanan yaitu rangkaian akan bekerja (trip) ketika terjadi arus bocor dan beban lebih, kemudian melakukan pengumpulan data yang kemudian akan dianalisis kembali.



Pada tahap perancangan penulis menjabarkan langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dalam Implementasi Sistem Pengamanan Energi listrik Pada Rancang Bangun Akuaponik. Adapun langkah-langkah penelitian tugas akhir yang penulis buat sebagai berikut:

1. Perencanaan Daya Pada Akuaponik

Tabel 1. Perencanaan Daya Pada Akuaponik

No	Beban	Daya (Watt)
1	Pompa Aquarium	25 Watt
2	Lampu DC	15 Watt
3	Lampu Neon 5 Meter	7 Watt/Meter = 35 Watt
Total		75 Watt

Maka total daya pada akuaponik adalah 75 Watt.

a. Menentukan Perencanaan MCB

Sesuai dengan perencanaan daya pada akuaponik (output) dimana MCB digunakan untuk mengamankan beban berlebih dari lampu yang digunakan. Untuk menentukan nilai kapasitas MCB dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$MCB = 2,5 I_{nominal}$$

$$I_{nominal} = \frac{P}{V}$$

$$I_{nominal} = \frac{75}{220}$$

$$I_{nominal} = 0,34$$

$$Maka MCB = 2,5 I_{nominal}$$

Sehingga sesuai dengan rumus diatas maka MCB yang digunakan adalah MCB dengan setting arus 2 A.

b. Menentukan Perencanaan ELCB

Sesuai dengan perencanaan daya pada akuaponik (output) dimana ELCB digunakan untuk mengamankan arus bocor dari pompa yang digunakan. Maka untuk menentukan nilai kapasitas yang ELCB dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$I_{nominal}$ _____

$I_{nominal}$ _____

$I_{nominal}$ _____

$I_{nominal}$

Maka ELCB yang digunakan adalah ELCB dengan kapasitas 2 Ampere.

c. Menentukan Perencanaan kontaktor

Sesuai dengan perencanaan daya pada akuaponik (output) maka untuk menentukan kapasitas kontaktor dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

Kontaktor $1,15 I_{nominal}$

$I_{nominal}$ _____

$I_{nominal}$ _____

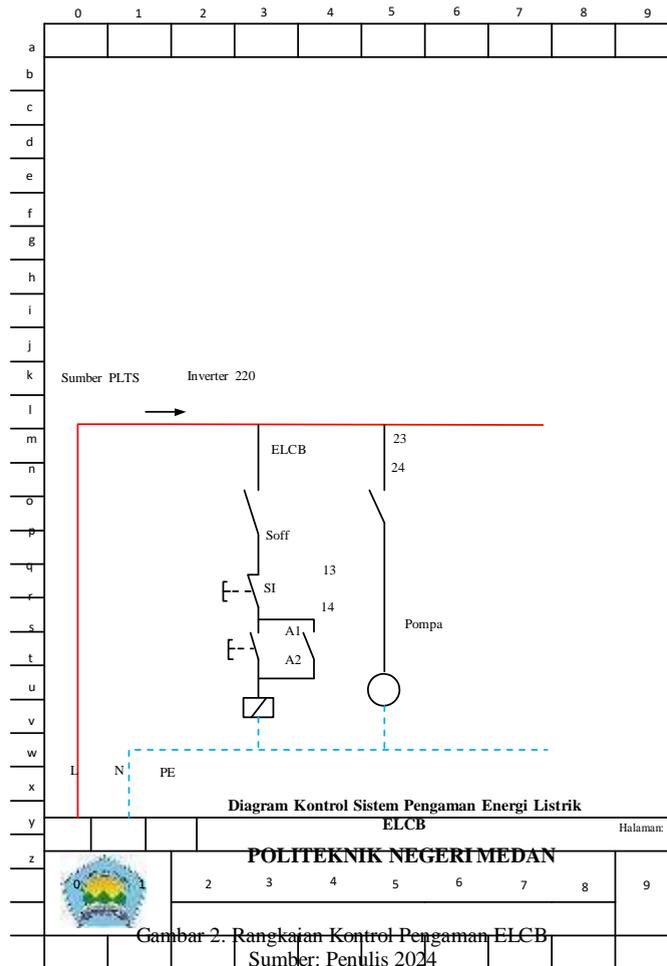
$I_{nominal}$ _____

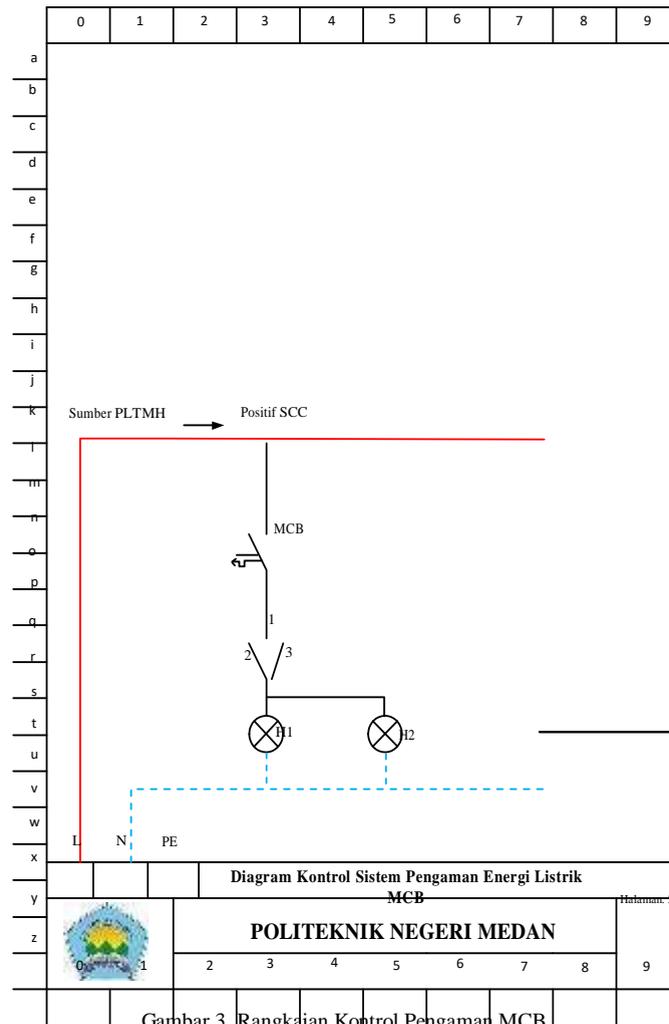
$I_{nominal}$

Maka Kontaktor $1,15 I_{nominal}$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas kapasitas yang dihasilkan tidak sesuai dengan ketersediaan komponen yang dijual dipasaran, sehingga pada penelitian ini kontaktor hanya berfungsi sebagai pengunci untuk tombol tekan.

Rangkaian Kontrol

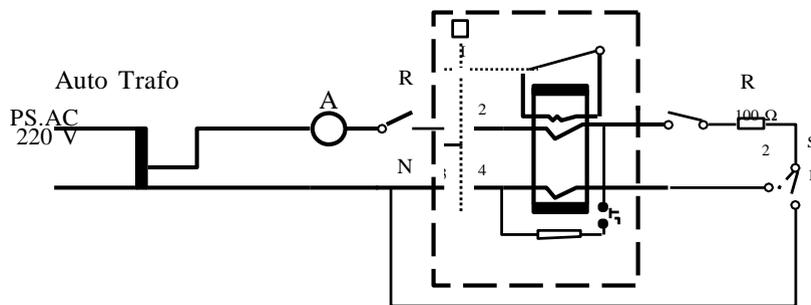




Rangkaian Pengujian

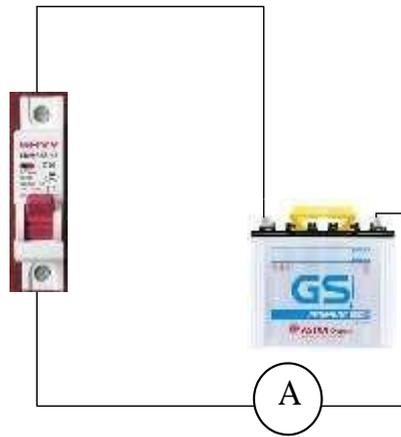
Pengujian ELCB

1. Buatlah rangkaian seperti gambar dibawah ini, dengan posisi auto trafo pada 0 Volt.



2. "ON" kan *Switch power supply* AC, atau skunder Auto trafo pelan-pelan hingga ELCB trip (bekerja), dan hentikan pengaturan Auto Transformator.
3. Ukur arus *tripping* ELCB dengan jalan memindahkan posisi "S" ke posisi "2".
4. Kemudian catat hasil dari pengujian.

Pengujian MCB



Gambar 5. Pengujian MCB
Sumber: Penulis, 2024

Pengujian diatas dilakukan untuk membuktikan apakah MCB bekerja dengan baik atau tidak. Pada gambar pengujian diatas menggunakan komponen berupa MCB DC dan Batrai, karena MCB tersebut merupakan pengaman beban lebih dengan keluaran arus DC yang nantinya terhubung ke Lampu.

Pengujian MCB dilakukan untuk mengetahui apakah MCB bekerja dengan baik atau tidak, selain itu juga pengujian ini dilakukan untuk menegetahui karakteristik dari MCB tersebut. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan MCB DC dengan batrai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Dan Pembahasan ELCB

Tabel 2. Arus Tripp dan Persentase Keberhasilan ELCB

No	Arus Tripping (I N = 30 mA)	
	I N = 30 mA	% Keberhasilan
1.	28,6	95%
2.	27,3	91%
3.	27	90%
4.	29,3	97%
5.	20	66%
6.	20,3	67%
7.	24,9	83%
8.	25,3	84%
9.	25,6	85%
10.	26	86%

Dari table 2 hasil percobaan di atas diperoleh grafik persentase keberhasilan arus trip pada ELCB sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Persentase Keberhasilan Arus Trip Pada ELCB
Sumber: Penulis, 2024

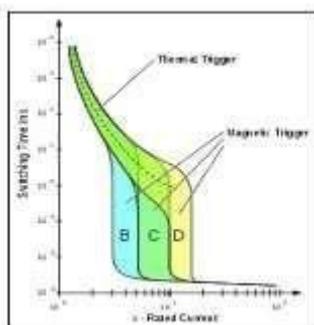
Dari grafik diatas dapat dilihat persentase keberhasilan arus trip ELCB berdasarkan percobaan yang telah dilakukan. Persentase pada grafik berbeda-beda karena percobaan dilakukan sebanyak 10 kali percobaan, dimana pada saat percobaan ELCB yang digunakan dalam percobaan bergetar sebelum trip, hal itu karena sensitivitas dan kecepatan pemutusan pada ELCB merek Sunfree yang digunakan tidak cepat dan kurang akurat. Meskipun hasil arus trip pada saat percobaan berbeda-beda tetapi arus trip pada ELCB tidak melebihi 30 mA sesuai dengan nameplate pada ELCB Sunfree yang digunakan. Sehingga dari 10 kali percobaan yang dilakukan didapatkan hasil grafik seperti gambar diatas. Grafik diatas menunjukkan ketidakstabilan arus pemutusan. Dimana didapatkan nilai rata-rata pemutusan berdasarkan perhitungan yaitu sebesar 84,7%. Dengan waktu trip , sesuai dengan nameplate pada ELCB Sunfree tersebut. Semakin besar persentase keberhasilan yang di dapatkan maka semakin bagus sensitivitas ELCB yang digunakan. ELCB merupakan pengaman arus bocor yang bekerja dalam ordo mA. ELCB akan trip ketika adanya arus bocor. Berdasarkan pengujian yang dilakukan besar arus trip yang terjadi pada ELCB tidak sama atau lebih kecil dari yang tertera pada nameplate ELCB ().

Pengaman arus bocor berpengaruh terhadap keandalan instalasi listrik, dimana dimensi atau indikator pengaman arus bocor adalah:

- Sensitivitas dapat mendeteksi dan memberikan respon terhadap kebocoran arus yang sangat kecil.
- Kecepatan dapat merespons dengan cepat untuk meminimalkan risiko kecelakaan listrik.
- Akurasi harus dapat memberikan deteksi yang akurat dan tepat pada saat terjadi kebocoran arus
- Kapasitas untuk menangani kebutuhan listrik pada instalasi yang besar, dan kestabilan.

Hasil Pengujian Dan Pembahasan MCB

Pada pengujian yang dilakukan seperti pada gambar 5 diatas didapat hasil MCB pada saat arus normal terhubung ke beban sebesar 0,54 A dan Arus setelah trip, multimeter mati, kemudian muncul pada multimeter 0,34 A setelah trip. Besar arus ketika trip tidak terlihat atau tidak terukur oleh multimeter karena waktu pemutusan kurang dari 1 Sekon.



Gambar 7. Karakteristik MCB
Sumber: (Dwi Feriyanto, S. T. 2020)

Sesuai dengan percobaan yang telah dilakukan, pada gambar 6, menunjukkan bahwa *trigger* MCB yang berasal dari suhu/*thermal*, waktu pemutusan arusnya lebih lambat, tetapi sebaliknya *trigger* MCB yang berasal dari hubung singkat (*short circuit*) waktu pemutusannya lebih cepat.

Pembahasan Kontaktor

Pada penelitian ini kontaktor hanya digunakan sebagai pengunci untuk tombol tekan dimana menggunakan kontak bantu dari kontaktor NO (*normaly open*) 13, 14 dan kontak NO 23 24 sebagai output keluaran pompa.

SIMPULAN

Pengaman ELCB bekerja dengan rata-rata sensitivitas keberhasilan pemutusan 84,7 %. Sensitivitas dan kecepatan pemutusan pada ELCB merek Sunfree yang digunakan tidak cepat dan kurang akurat. Semakin besar persentase keberhasilan yang di dapatkan maka semakin bagus sensitivitas ELCB yang digunakan. Percobaan MCB yang dilakukan dengan menghubungisikatkan MCB dengan kutub positif dan kutub negatif batrai GS 60 AH berdasarkan grafik karakteristik MCB yaitu triger MCB yang berasal dari hubung singkat (*short circuit*) waktu pemutusannya akan lebih cepat.

SARAN

Untuk pengembangan selanjutnya diharapkan dapat menggunakan alat dan bahan pengaman sesuai dengan kebutuhan, dan pemilihan komponen serta merek pengaman harus di perhatikan agar nantinya komponen dapat bekerja dengan baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti berterima kasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini. Terima kasih kepada pihak-pihak yang berperan penting dalam penelitian ini baik mitra tempat penelitian dan juga tim penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S. (2021). Sistem Proteksi Tegangan Sentuh Pada Instalasi Listrik Berbasis Earth Leagage Circuit Breaker (Elcb). *Al Ulum Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(2), 112. <https://doi.org/10.31602/ajst.v6i2.5230>.
- Muna, A. C., Studi, P., Diploma, T., & Pelayaran, P. I. (2023). *Analisis Magnetic Contactor Yang Terbakar Pada Starter Panel Provision Refrigeration Plant Di Mt . Pelagos One Analisis Magnetic Contactor Yang Terbakar Pada Starter Panel Provision Refrigeration Plant Di Mt . Pelagos One*.
- Saragih, B. (2019). Pengoperasian Rangkaian Kontrol Change Over Generator Sebagai Daya Cadangan. *Jurnal Teknolongi Energi Uda*, 8(1), 9–20.
- Tanjung, A., Zulfahri, Z., Eteruddin, H., & Setiawan, D. (2021). Penerapan Sistem Pengaman Instalasi Listrik di Kecamatan Rumbai Pesisir. *Fleksibel : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(2), 53–60. <http://journal.unilak.ac.id/index.php/Fleksibel/article/view/6152>.
- Yani, R. A., Wijaya, S. H., Andi, K., Rizal, C., Studi, P., Elektro, T., Teknik, F., & Palembang, U. (2023). *Jurnal Teknik Elektro Jurnal Teknik Elektro*. 13(2), 35–42.