

## Rancang bangun *dummy load* media larutan NaCl untuk pengujian *miniature circuit breaker* dan *thermal overload relay*

Sunarto<sup>1\*</sup>, Yudi Prana Hikmat<sup>2</sup>, Toto Tohir<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung

Jln. Gegerkalong Hilir, Ds. Ciwaruga, Kab. Bandung Barat, Jawa Barat 40559, Indonesia

<sup>1\*</sup>soen@polban.ac.id, <sup>2</sup>yudi.pranahikmat@polban.ac.id, <sup>3</sup>toto.tohir@polban.ac.id

### ABSTRAK

*Dummy load* dengan media larutan NaCl merupakan salah satu beban tiruan yang dapat diterapkan untuk pengujian proteksi arus lebih. Pengujian karakteristik kerja komponen proteksi arus lebih dapat dilakukan dengan mengatur kedalaman elektroda di dalam larutan NaCl dan kadar NaCl untuk mendapatkan nilai arus listrik yang bervariasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat praktikum proteksi tegangan rendah. *Dummy load* dengan media larutan NaCl digunakan untuk menguji karakteristik kerja proteksi arus lebih pada sistem tegangan rendah, salah satunya adalah *miniature circuit breaker* (MCB). MCB yang digunakan dalam penelitian ini adalah MCB tipe B2 yang memiliki kurva karakteristik kerja cepat, MCB tipe C2 yang memiliki karakteristik kerja sedang, dan MCB tipe D2 yang memiliki karakteristik kerja lambat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rancang bangun dan untuk pengambilan data dilakukan dengan metode eksperimental. Hasil penelitian berupa *dummy load* fasa tunggal dengan media larutan NaCl.

**Kata kunci:** *dummy load*, NaCl, MCB, proteksi, arus lebih

### ABSTRACT

A *dummy load* using a NaCl solution as a medium is an artificial load that can be applied for overcurrent protection testing. Testing the working characteristics of overcurrent protection components can be done by adjusting the depth of the electrode in the NaCl solution and the NaCl content to obtain varying electric current values. This research aims to develop a practical tool for low voltage protection. *Dummy loads* with NaCl solution media are used to test the working characteristics of overcurrent protection in low voltage systems, one of which is a *miniature circuit breaker* (MCB). The MCB used in this research is type B2 MCB which has a fast working characteristic curve, type C2 MCB which has medium working characteristics, and type D2 MCB which has slow working characteristics. The method used in this research is the design method and data collection was carried out using the experimental method. The research results are in the form of a single phase *dummy load* using NaCl solution as the medium.

**Keywords:** *dummy load*, NaCl, MCB, protection, overcurrent

## 1. PENDAHULUAN

Gangguan pada sistem tenaga listrik bisa berasal dari dalam sistem dan dari luar sistem, tetapi yang paling banyak terjadi adalah gangguan yang berasal dari luar sistem. Gangguan dari luar sistem yang paling sering terjadi adalah gangguan arus lebih. Gangguan arus lebih dalam sistem tenaga listrik ada dua macam yaitu gangguan hubung pendek (*short circuit*) dan gangguan beban lebih (*overload*). Gangguan hubung pendek terjadi karena ada hubungan langsung antara penghantar fasa (bagian aktif) dengan penghantar netral atau *ground* (bumi/tanah). Sedangkan beban lebih diakibatkan karena pembebanan yang melebihi arus nominal komponen proteksi [1]-[2]. *Miniature Circuit Breaker* sering juga disebut juga MCB merupakan komponen proteksi yang mempunyai dua prinsip kerja, yaitu prinsip kerja elemen bimetal dan elektromagnetik. Elemen bimetal bekerja berdasarkan panas yang diakibatkan oleh arus beban lebih sehingga menyebabkan elemen bimetal melengkung dan memutuskan rangkaian. Elektromagnetik bekerja apabila terjadi arus hubung pendek atau arus yang mengalir sudah mencapai  $xI_n$ . Ada tiga jenis MCB yaitu MCB tipe B atau tipe cepat ( $3I_n - 5I_n$ ), MCB tipe C atau tipe sedang ( $5I_n - 10I_n$ ), dan MCB tipe D atau tipe lambat ( $10I_n - 20I_n$ ). Misalnya MCB D2 yang berarti rating arus nominalnya 2 A dengan kurva karakteristik tipe lambat ( $10I_n - 20I_n$ ).

In) maka MCB tersebut akan merasakan adanya arus hubung pendek bila arus yang mengalir melaluinya sebesar 20 A – 40 A dengan waktu kerja 0,01 detik [3]-[6].

MCB dibuat hanya memiliki satu kutub untuk proteksi sistem tegangan satu fasa, sedangkan untuk proteksi sistem tegangan tiga fasa bisaanya memiliki tiga kutub dengan tuas yang disatukan, sehingga apabila terjadi gangguan pada salah satu kutub maka kutub yang lainnya juga akan ikut terputus. MCB banyak digunakan untuk proteksi rangkaian satu fasa dan tiga fasa karena mempunyai keuntungan, yaitu : a) dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu fasanya, b) dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih, c) mempunyai respon yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih. MCB banyak digunakan sebagai proteksi beban penerangan maupun beban listrik lainnya [7]-[8].

MCB juga biasa digunakan sebagai proteksi motor induksi dengan ketentuan  $I_B \leq I_N \leq I_Z$ .  $I_B$  merupakan arus maksimum yang diijinkan mengalir pada rangkaian,  $I_N$  adalah arus nominal proteksi (MCB), dan  $I_Z$  adalah kapasitas hantar arus (KHA) dari kabel listrik yang digunakan. Dari ketentuan tersebut yang perlu menjadi perhatian adalah dalam menentukan nominal arus proteksi (MCB) tidal boleh melebihi KHA kabel yang digunakan. Bila nominal arus proteksi yang digunakan melebihi KHA kabel maka ketika arus listrik yang mengalir dalam rangkaian sudah melebihi KHA kabel, proteksi belum bekerja sehingga bisa menyebabkan kebakaran [9]-[11].

MCB mempunyai karakteristik *inverse* dan *definite* dengan waktu kerja minimum, sedangkan *thermal overload relay* (TOR) hanya mempunyai karakteristik kerja *inverse*. MCB bisa mengamankan gangguan beban lebih dan gangguan hubung pendek, sedangkan TOR hanya bisa mengamankan gangguan beban lebih [12], [13]. Untuk mendapatkan arus listrik yang lebih tinggi dalam pengujian MCB dan TOR diperlukan beban tiruan (*dummy load*) agar arus ujinya bisa variabel. Beban tiruan yang bersifat resistif bisa terbuat dari resistor dan bisa juga menggunakan larutan NaCl. Untuk mendapatkan nilai resistansi yang variable pada beban tiruan dengan larutan NaCl dilakukan dengan mengatur kedalaman dua elektroda dalam larutan NaCl, juga dengan mengatur takaran NaCl. Keuntungan beban tiruan menggunakan larutan NaCl adalah kapasitas arusnya lebih tinggi. Semakin banyak kandungan NaCl dan semakin dalam posisi elektroda dalam larutan NaCl, maka semakin besar arus listrik yang mengalir [16]-[18].

Beberapa topik telah dilaksanakan dalam penelitian sebelumnya. Keuntungan beban tiruan menggunakan media larutan NaCl, kapasitas arusnya mudah diatur dengan cara mengatur takaran NaCl yang dilarutkan dalam air serta dengan mengatur naik turunnya elektroda [19]-[21]. TOR bekerja berdasarkan prinsip pemuaian elemen bimetal. Apabila elemen bimetal tersebut terkena arus listrik yang melebihi nilai penyetelannya, maka elemen tersebut akan memuai karena panas berlebih sehingga akan melengkung dan memutuskan rangkaian. Pada komponen proteksi ini terdapat sebuah penyetelan arus listrik yang bisa menyebabkan kontak membuka jika arus listrik tersebut sudah melebihi arus penyetelan. Proteksi TOR banyak digunakan sebagai proteksi motor induksi dan penyetelannya disesuaikan dengan arus nominal motor dengan ketentuan 110%-115% kali arus nominal motor. Karakteristik waktu kerjanya TOR dikelompokkan menjadi beberapa kelas misalnya kelas 10, 20, dan 30. Kelas 10 biasanya digunakan untuk melindungi motor berpendingin seperti motor pompa *submersible* dengan kapasitas termal rendah. Kelas 20 biasanya cukup untuk aplikasi tujuan umum. Kelas 30 biasanya diperlukan untuk beban dengan lonjakan arus tinggi untuk membantu mencegah gangguan akibat lonjakan arus [20],[21].

Kelebihan rancangan *dummy load* dalam penelitian ini dibandingkan yang sudah pernah ada adalah kemudahan gerakan posisi elektroda yang digerakkan secara vertikal dan tabungnya berbentuk silinder disesuaikan dengan arah gerakan elektroda. Tabung terbuat dari bahan resin dengan ketebalan 7 mm sehingga tahan korosi dan juga tahan terhadap benturan benda keras. Pembuangan air dipasang di bagian bawah tabung sehingga memudahkan untu membuang larutan NaCl yang akan diganti dengan yang baru.

## 2. METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian dimulai dari perencanaan, realisasi pembuatan alat, pengujian untuk memperoleh data penelitian, kemudian dianalisa.

### a. Perencanaan

Dalam tahapan ini dimulai dari perancangan alat, identifikasi alat/bahan yang dibutuhkan, pengadaan alat/bahan.

## b. Realisasi pembuatan alat

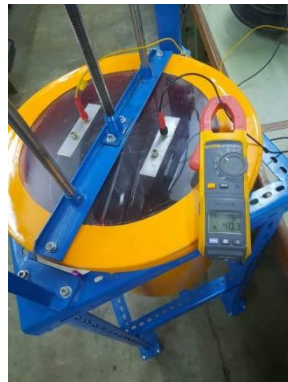
*Dummy load* dibuat sedemikian rupa sehingga kemudahan gerakan posisi elektroda yang digerakkan secara vertical dan tabungnya berbentuk silinder disesuaikan dengan arah gerakan elektroda. Tabung terbuat dari bahan resin dengan ketebalan 7 mm sehingga tahan korosi dan juga tahan terhadap benturan benda keras. Pembuangan air dipasang di bagian bawah tabung sehingga memudahkan untuk membuang larutan NaCl yang sudah tidak dipakai dan diganti dengan yang baru.

## c. Pengujian alat

Untuk memperbesar arus Listrik dilakukan dengan cara menambahkan NaCl dan menurunkan elektroda. Semakin banyak NaCl dan semakin dalam posisi elektroda dalam larutan NaCl maka semakin besar arus listrik yang mengalir. Dalam penelitian ini takaran NaCl yang ditambahkan diatur per 100 gram. Pada takaran NaCl sebanyak 300 gram dan posisi elektroda terendam maksimum dalam larutan NaCl, arus listrik yang mengalir sebesar 40,3 A seperti pada Gambar 3.

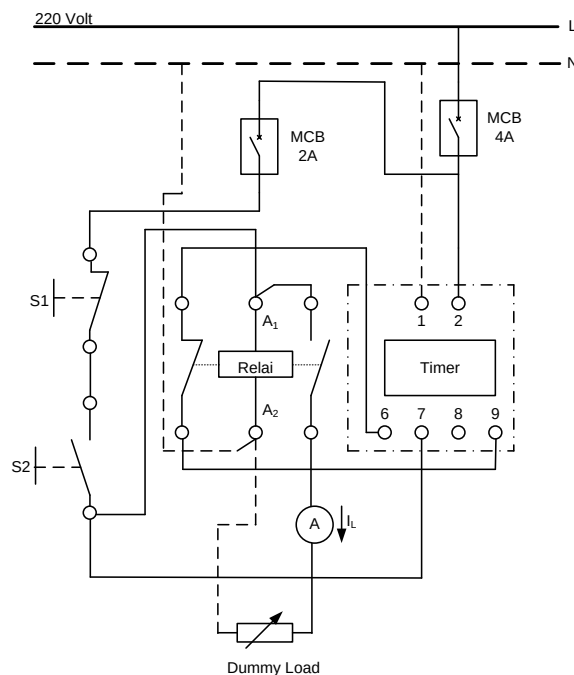
## d. Analisa dan kesimpulan

Dari data hasil pengujian *dummy load* serta pengujian alat proteksi MCB dan TOR selanjutnya dianalisa kemudian dibuat kesimpulan.



**Gambar 1. Pengujian *dummy load* dengan 300 gr NaCl dan elektroda terendam maksimum**

Pengujian MCB dilakukan berdasarkan Gambar 2. Ketika tombol S1 ditekan maka rangkaian bekerja dan *timer* menghitung waktu. *Timer* akan berhenti menghitung waktu ketika MCB 2A bekerja dan angka yang ditunjukkan pada *timer* merupakan waktu kerja MCB.



**Gambar 2. Rangkaian pengujian MCB**

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian MCB

MCB tipe B disebut juga MCB tipe cepat dengan arus kerja pada gangguan hubung singkat 3.In-5.In. Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 1, ketika arus gangguan lebih kecil dari 6A maka MCB bekerja secara *inverse*. Semakin besar arus gangguannya semakin cepat waktunya. Ketika arus gangguan mencapai 6A – 10A maka MCB akan bekerja cepat dengan waktu 0,01 detik. Dari hasil pengujian MCB C2 (pada Tabel 2), ketika arus gangguan kurang dari 10A maka MCB bekerja secara *inverse*, dan ketika arus gangguan mencapai 10A – 20A maka MCB bekerja definit dengan waktu yang cepat sebesar 0,01 detik. Hasil pengujian MCB D2 dapat dilihat pada Tabel 3. Hasilnya menunjukkan bahwa ketika arus gangguan kurang dari 20A maka MCB bekerja secara *inverse*, dan ketika arus gangguan mencapai 20A – 40A maka MCB bekerja definite dengan waktu yang cepat sebesar 0,01 detik. Untuk lebih jelasnya, kurva karakteristik MCB tipe B, tipe C2, dan tipe D2 dapat dilihat pada Gambar 3.

**Tabel 1. Hasil pengujian MCB tipe B2**

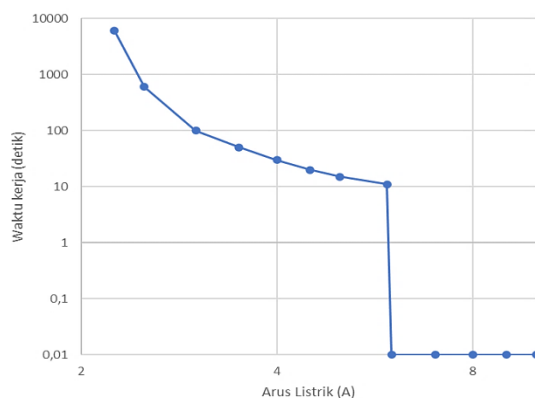
| No. | Arus I <sub>L</sub> (A) | Reaksi MCB B2   |             |
|-----|-------------------------|-----------------|-------------|
|     |                         | Trip/Tidak trip | Waktu kerja |
| 1   | 2                       | Tidak trip      | -           |
| 2   | 2,25                    | Trip            | 100 menit   |
|     | 2,5                     | Trip            | 10 menit    |
| 3   | 3                       | Trip            | 3,3 menit   |
| 4   | 3,5                     | Trip            | 1 menit     |
| 5   | 4                       | Trip            | 40 detik    |
| 6   | 4,5                     | Trip            | 20 detik    |
| 7   | 5                       | Trip            | 15 detik    |
| 8   | 5,9                     | Trip            | 11 detik    |
| 9   | 6                       | Trip            | 0,01 detik  |
| 10  | 7                       | Trip            | 0,01 detik  |
| 11  | 8                       | Trip            | 0,01 detik  |
| 12  | 9                       | Trip            | 0,01 detik  |
| 13  | 10                      | Trip            | 0,01 detik  |

**Tabel 2. Hasil pengujian MCB tipe C2**

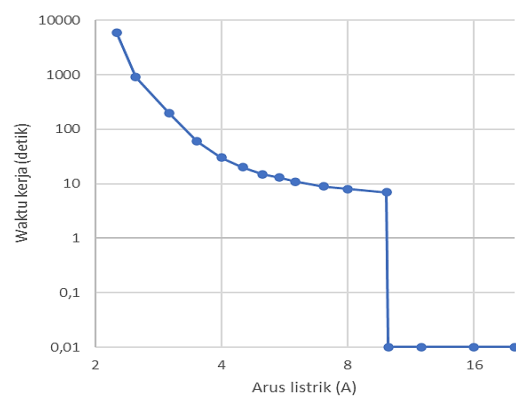
| No. | Arus I <sub>L</sub> (Ampere) | Reaksi MCB C2   |             |
|-----|------------------------------|-----------------|-------------|
|     |                              | Trip/Tidak trip | Waktu kerja |
| 1   | 2                            | Tidak trip      | -           |
| 2   | 2,25                         | Trip            | 100 menit   |
|     | 2,5                          | Trip            | 10 menit    |
| 3   | 3                            | Trip            | 3,3 menit   |
| 4   | 3,5                          | Trip            | 1 menit     |
| 5   | 4                            | Trip            | 40 detik    |
| 6   | 4,5                          | Trip            | 20 detik    |
| 7   | 5                            | Trip            | 15 detik    |
| 8   | 5,5                          | Trip            | 13 detik    |
| 9   | 6                            | Trip            | 11 detik    |
| 10  | 7                            | Trip            | 10 detik    |
| 11  | 8                            | Trip            | 8 detik     |
| 12  | 9                            | Trip            | 7 detik     |
| 13  | 10                           | Trip            | 0,01 detik  |
| 14  | 12                           | Trip            | 0,01 detik  |
| 15  | 16                           | Trip            | 0,01 detik  |
| 16  | 16,5                         | Trip            | 0,01 detik  |
| 17  | 17                           | Trip            | 0,01 detik  |
| 18  | 20                           | Trip            | 0,01 detik  |

Tabel 3. Hasil pengujian MCB tipe D2

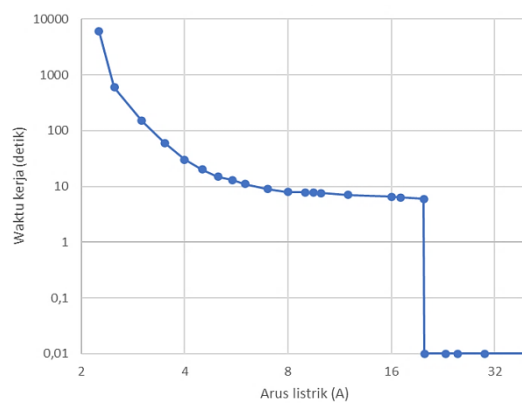
| No. | Arus I <sub>L</sub> (Ampere) | Reaksi MCB D2   |             |
|-----|------------------------------|-----------------|-------------|
|     |                              | Trip/Tidak trip | Waktu kerja |
| 1   | 2                            | Tidak trip      | -           |
| 2   | 2,25                         | Trip            | 100 menit   |
|     | 2,5                          | Trip            | 10 menit    |
| 3   | 3                            | Trip            | 5 menit     |
| 4   | 3,5                          | Trip            | 1 menit     |
| 5   | 4                            | Trip            | 40 detik    |
| 6   | 4,5                          | Trip            | 20 detik    |
| 7   | 5                            | Trip            | 15 detik    |
| 8   | 5,5                          | Trip            | 13 detik    |
| 9   | 6                            | Trip            | 11 detik    |
| 10  | 7                            | Trip            | 10 detik    |
| 11  | 8                            | Trip            | 8 detik     |
| 12  | 9                            | Trip            | 7,8 detik   |
| 13  | 9,5                          | Trip            | 7,7 detik   |
| 14  | 10                           | Trip            | 7,6 detik   |
| 15  | 12                           | Trip            | 7 detik     |
| 16  | 16                           | Trip            | 6,5 detik   |
| 17  | 17                           | Trip            | 6,3 detik   |
| 18  | 18                           | Trip            | 6 detik     |
| 19  | 20                           | Trip            | 0,01 detik  |
| 20  | 23                           | Trip            | 0,01 detik  |
| 21  | 25                           | Trip            | 0,01 detik  |
| 22  | 30                           | Trip            | 0,01 detik  |
| 23  | 40                           | Trip            | 0,01 detik  |



(a)



(b)



(c)

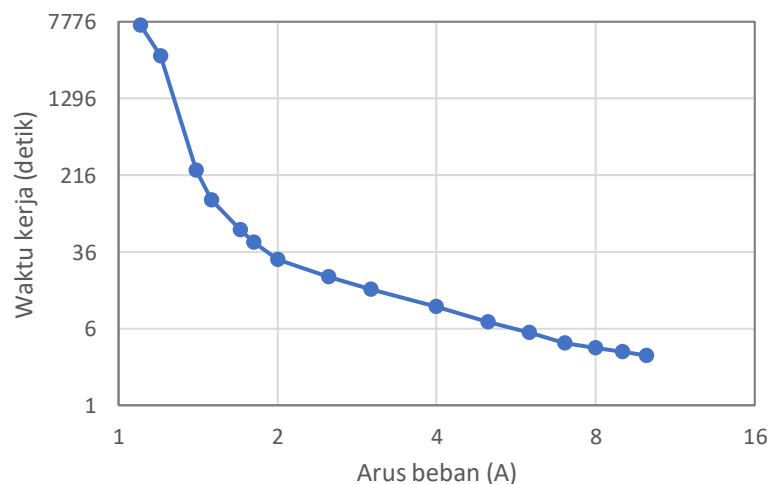
Gambar 3. Kurva karakteristik MCB: (a) tipe B2, (b) tipe C2, dan (c) tipe D2

### 3.2 Pengujian *Thermal Overload Relay*

Rangkaian pengujian TOR sama seperti pada pengujian MCB, akan tetapi posisi MCB 2A digantikan TOR. Tabel 4 merupakan data hasil pengujian TOR dengan arus *setting* 1A dan Gambar 4 merupakan grafik karakteristik hasil pengujianya. Perbedaan TOR dengan MCB adalah pada elemen proteksinya, bila MCB memiliki elemen proteksi bimetal dan elektromagnetik, sedangkan TOR hanya memiliki elemen bimetal saja. Karena TOR hanya memiliki elemen bimetal saja maka karakteristik kerjanya jenis *inverse* sehingga TOR hanya berfungsi sebagai proteksi beban lebih, tidak bisa berfungsi sebagai proteksi gangguan hubung singkat.

**Tabel 4. Pengujian TOR dengan setting arus 1A**

| No. | Arus $I_L$ (A) | Reaksi TOR      |             |
|-----|----------------|-----------------|-------------|
|     |                | Trip/Tidak trip | Waktu kerja |
| 1   | 1              | Tidak trip      | -           |
| 2   | 1,1            | Trip            | 2 jam       |
|     | 1,2            | Trip            | 1 jam       |
| 3   | 1,3            | Trip            | 40 menit    |
| 4   | 1,4            | Trip            | 4 menit     |
| 5   | 1,6            | Trip            | 2 menit     |
| 6   | 1,8            | Trip            | 1 menit     |
| 7   | 1,9            | Trip            | 45 detik    |
| 8   | 2              | Trip            | 30 detik    |
| 9   | 2,6            | Trip            | 20 detik    |
| 10  | 3              | Trip            | 15 detik    |
| 11  | 4              | Trip            | 10 detik    |
| 12  | 5              | Trip            | 7 detik     |
| 13  | 6              | Trip            | 5,5 detik   |
| 14  | 7              | Trip            | 4 detik     |
| 15  | 8              | Trip            | 3,8 detik   |
| 16  | 9              | Trip            | 3,5 detik   |
| 17  | 10             | Trip            | 3,2 detik   |



**Gambar 4. Karakteristik TOR hasil pengujian dengan setting waktu 1A**

## 4. KESIMPULAN

*Dummy load* hasil dari penelitian ini sudah terbukti bisa menghasilkan arus listrik hingga 40A dan bisa digunakan untuk pengujian karakteristik kerja MCB dan TOR yang membutuhkan arus listrik hingga 40A. Dengan demikian tujuan penelitian untuk pengembangan fasilitas praktikum dapat dicapai. Dengan adanya *dummy load* ini juga bisa dikembangkan modul praktikum pengujian MCB dan TOR.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bandung atas dukungan dana pada Penelitian Pengembangan Kapasitas Laboratorium dengan Nomor Kontrak: B/94.1/PL1.R7/PG.00.03/2023.

## REFERENSI

- [1] E. A. Praditya Jaya, A. Musthofa, and C. W. Priananda, "Sistem Proteksi Gangguan Thermal dan Arus Lebih Motor Induksi 3 Fasa pada Mesin Kompresor Menggunakan Metode Logika Fuzzy Dilengkapi Fitur Mobile App," *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 2, 2021.
- [2] D. Setiawan and A. Syakur, "Soil Treatment Dalam Menurunkan Resistansi Pentanahan Variasi Kedalaman Elektroda," *TRANSIENT, Tek. Elektro, Univ. Diponegoro*, 2018.
- [3] S. S. Dessouky, M. Shaban, and S. A. M. Abdelwahab, "Enhancement of Traditional Maintenance Systems for Miniature Circuit Breakers Using Nanoparticles," *2019 21st Int. Middle East Power Syst. Conf. MEPCON 2019 - Proc.*, pp. 731–735, 2019.
- [4] Y. Man and M. Zong, "Research on Overload Current Measurement of Intelligent Process of Miniature Circuit Breaker Based on BP Neural Network," *Proc. 2019 IEEE 3rd Int. Electr. Energy Conf. CIEEC 2019*, no. 51777129, pp. 550–555, 2019.
- [5] M. R. Vasavada, V. S. Patel, and J. R. Prajapati, "Development of Intelligent Automatic Electronic MCB and ELCB Using Fault Diagnosis Technique," *2020 Int. Conf. Power Electron. IoT Appl. Renew. Energy its Control. PARC 2020*, pp. 346–350, 2020.
- [6] L. Latifah, I. Irman, and R. Ruskardi, "Penentuan Tipe Miniature Circuit Breaker 4A Untuk Instalasi Rumah Tinggal Melalui Pengujian Kinerjanya," *J. Elit*, vol. 2, no. 1, pp. 43–51, 2021.
- [7] J. Yin, X. Lang, H. Xu, and J. Duan, "High-Performance Breaking and Intelligent of Miniature Circuit Breakers," *Sensors*, vol. 22, no. 16, pp. 1–11, 2022.
- [8] S. Anwar, "Sistem Proteksi Tegangan Sentuh Pada Instalasi Listrik Berbasis Earth Leakage Circuit Breaker (Elcb)," *Al Ulum J. Sains Dan Teknol.*, vol. 6, no. 2, p. 112, 2021.
- [9] M. H. Riaz et al., "Micro hydro power plant *dummy load* controller," *Proc. - 2018, IEEE 1st Int. Conf. Power, Energy Smart Grid, ICPESG 2018*, pp. 1–4, 2018.
- [10] sunarto sunarto, "Analisis Perbandingan Sistem Proteksi Tegangan Sentuh Tidak Langsung Menggunakan ELCB dan MCB," vol. 7, no. 1, pp. 83–90, 2022.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011)," *Sni 02252011*, vol. 2011, no. Puil, pp. 1–133, 2011.
- [12] R. Ma, S. Basumallik, S. Eftekharijad, and F. Kong, "A Data-Driven Model Predictive Control for Alleviating Thermal Overloads in the Presence of Possible False Data," *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 57, no. 2, pp. 1872–1881, 2021.
- [13] T. Nurwati, B. Ardiansyah, M. Dhofir, R. N. Hasanah, W. M. H. Mehanny, and M. Markovic, "Simulation of Thermal Distribution on a Ferrofluid Bimetallic Overload Relay," *Proceeding - 1st FORTEI-International Conf. Electr. Eng. FORTEI-ICEE 2020*, pp. 91–95, 2020.
- [14] J. L. Gonzalez-Cordoba, R. A. Osornio-Rios, D. Granados-Lieberman, R. D. J. Romero-Troncoso, and M. Valtierra-Rodriguez, "Thermal-Impact-Based Protection of Induction Motors under Voltage Unbalance Conditions," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 33, no. 4, pp. 1748–1756, 2018.
- [15] J. Jamaaluddin, I. Sulistiyowati, B. W. A. Reynanda, and I. Anshory, "Analysis of Overcurrent Safety in Miniature Circuit Breaker AC (Alternating Current) and DC (Direct Current) in Solar Power Generation Systems," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 819, no. 1, 2021.
- [16] D. Mulyadi, F. Febriyanti, D. Septiyanto, and N. Mulyono, "RANCANG BANGUN ELECTRICAL MOTOR," pp. 112–117, 2021.
- [17] A. W. Ramadani, Y. Yulianto, and S. Siswoko, "Kombinasi Sistem Kontrol *Dummy load* dan Charger Aki pada Pembangkit Listrik Tenaga Microhidro Berbasis Arduino Mega 2560," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 8, no. 2, p. 87, 2021.
- [18] Y. Han, H. Tang, F. Tian, H. Huang, and K. Mizuno, "Analysis of the equation of motion on the chest of Hybrid III 3YO dummy in dynamic loads," *Proc. - 2018 Int. Conf. Robot. Intell. Syst. ICRIS 2018*, pp. 529–533, 2018.
- [19] S. Sunarto and T. Trisnawiyana, "Studi perbandingan hasil pengukuran resistansi pembumian menggunakan tiga metode pengukuran yang berbeda," *JITEL (Jurnal Ilm. Telekomun. Elektron. dan List. Tenaga)*, vol. 1, no. 2, pp. 155–162, 2021.
- [20] Ismujianto, Isdawimah, and N. Nadhiroh, "Improvement of Electrical Grounding System Using Bentonite," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1364, no. 1, 2019.
- [21] M. B. Fadhillah, R. Subarkah, and L. Siboiker, "Pengujian Alat Uji Beban Generator Set Menggunakan Keluaran Larutan Nacl Dengan Mekanisme Leadscrew Sebagai Penggerak," *Seminar Nasional Teknik Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 1638–1644, 2021.

