

Perakitan Dan Pengujian Panel Daya Listrik Portable *Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)* Dengan Proteksi Urutan Fasa

¹Gunadi Tjahjono,²Ichsan Fahmi, ³Fransiskus F.G. Ray, ⁴Yanthonius M. Hietingwati
^{1,2,3,4}Pendidikan Teknik Elektro, FKIP Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto Penfui-Kupang Nusa Tenggara Timur
gunadi_tjahjono@staf.undana.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merakit dan menguji suatu Panel Daya Listrik *Portable* sebagai panel daya tegangan rendah atau *Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP)* dengan proteksi urutan fasa. Produk panel daya LVMDP dan proteksi urutan fasa berfungsi sebagai system-pengamanan peralatan dan instrumen listrik yang ada di laboratoium Pendidikan Teknik Elektro baik instrument satu fasa dan khususnya instrument dengan supply tiga fasa.

Metode pelaksanaan perakitan dan pengujian dilaksanakan dengan cara pengukuran langsung di laboratorium Pendidikan Teknik Elektro FKIP Undana menyangkut dua hal yaitu; Pertama, pengujian tahanan isolasi penghantar, busbar dan bodi panel, NFB, MCB satu dan tiga fasa juga stop kontak satu dan tiga fasa. Kedua, pengukuran tegangan, arus dan daya pada masing-masing fasa R,S, dan T dengan beban motor induksi tiga fasa.

Hasil penelitian menghasilkan; Nilai Rerata tahanan isolasi penghantar yang digunakan pada panel sebesar 4000 [M Ω]. Tegangan, arus dan daya semu serta daya-reaktif menunjukkan nilai yang stabil sehingga dapat dimaknai bahwa urutan fasa menunjukkan pada urutan yang benar yaitu R, S dan T.

Kata Kunci: *Panel-portable, proteksi, urutan-fasa*

Abstract

This study aims to assemble and test a Portable Electrical Power Panel as a Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) with phase sequence protection. The LVMDP power panel product and phase sequence protection-system function as security for electrical equipment and instruments in the Electrical Engineering Education laboratory, both single-phase instruments and especially instruments with three-phase supply.

The method of implementation and testing is carried out by measuring in the Electrical Engineering Education laboratory of FKIP Undana concerning two things, namely; First, testing the insulation of conductors, busbars and body panels, NFB, one- and three-phase MCBs as well as single- and three-phase sockets. Second, measurement of voltage, current and power in each phase R, S, and T with a three-phase induction motor load.

The research results produce; The average value of the conductor insulation resistance used in the panel is 4000 [M Ω]. Voltage, current and apparent power as well as reactive power show stable values so that it can be interpreted that the phase sequence shows in the correct order, namely R, S and T.

Key words: *Panel-portable, protection, phase-sequence*

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Instalasi listrik tiga fasa memerlukan suatu urutan fasa yang tepat sehingga dalam penggunaan energi listrik dapat berjalan dengan baik. Urutan fasa merupakan urutan tegangan nilai positif maksimumnya disebut dengan urutan-fasa. Terdapat tiga tegangan dalam sistem tiga fasa dengan besaran yang sama, tetapi frekuensi berbeda dengan sudut 120 derajat secara elektrik. Jika fasa dari setiap kumparan dinamai sebagai R, S, T maka urutan fasa positif akan menjadi RST, STR, TRS juga disebut urutan searah jarum jam dan demikian pula urutan fasa negatif yaitu masing-masing RTS, TSR, SRT yang diketahui sebagai urutan berlawanan arah jarum jam. Hal ini sangat penting karena beberapa alasan berikut ini. Operasi paralel dari trafo tiga fasa atau alternator hanya mungkin jika urutan fasanya diketahui. Arah putaran motor induksi tiga fasa bergantung pada urutan fasa pada suplai tiga fasa. Sehingga untuk membalikkan arah urutan fasa dari suplai yang diberikan ke motor harus diubah.

Rangkaian pembagi instalasi listrik tiga fasa pada suatu gedung biasanya menerapkan panel daya untuk membagi beban listrik supaya seimbang untuk masing-masing fasa baik fasa R, S maupun T. Panel daya sebagai pembagi disebut dengan istilah panel utama tegangan rendah atau *Low Voltage Main Distribution Panel* (LVMDP). Pengkategorian sebagai *low voltage* karena tegangan yang digunakan pada suatu gedung dengan kisaran 220 volt untuk satu fasa yang diambil dari salah satu fasa terhadap netral, sedangkan tegangan kerja untuk sistem tiga fasa menerapkan tegangan sebesar 380 volt yang diambil dari sumber antar fasa yaitu fasa R, S dan T. Fungsi utama dari LVMDP adalah sebagai panel penerima daya dari suatu sumber tegangan PLN atau dari suatu generator dan mendistribusikan daya tersebut lebih lanjut ke panel *Low Voltage Sub Distribution* (LVSDP) yang selanjutnya akan didistribusikan ke peralatan listrik atau beban.

Sistem distribusi elektrikal adalah suatu sistem yang didesain dan dibangun untuk memasok daya listrik untuk sekelompok beban, dan hal tersebut merupakan suatu sistem yang cukup kompleks, dimulai dari instalasi sumber atau source sampai instalasi beban atau load [1]. Sistem distribusi listrik dalam bentuk panel berfungsi sebagai penghubung, pembagi, pengaman dan pensuplai juga pengontrol sehingga mempermudah dalam mengoperasikan dan mengontrol penggunaan energi listrik pada suatu gedung.

Panel berfungsi untuk menghubungkan antara satu rangkaian listrik dengan rangkaian listrik lainnya pada suatu operasi kerja. Panel menghubungkan supply tenaga listrik dari panel

utama sampai ke beban-beban baik instalasi penerangan maupun instalasi tenaga. Suatu panel akan bekerja secara otomatis melepas sumber atau suplai tenaga listrik apabila terjadi gangguan pada rangkaian. Komponen yang berfungsi sebagai pengaman pada panel listrik ini adalah *Air Circuit Breaker* (ACB) dan *Moulded case Circuit Breaker* (MCCB). Panel membagi kelompok beban baik pada instalasi penerangan maupun pada instalasi tenaga. Panel dapat memisahkan atau membagi suplai tenaga listrik berdasarkan jumlah beban dan banyak ruangan yang merupakan pusat beban. Pembagian tersebut dibagi menjadi beberapa kelompok beban. Panel menyuplai tenaga listrik dari sumber ke beban. Panel sebagai penyuplai, dan mendistribusikan tenaga listrik dari panel utama, panel distribusi sampai ke beban baik untuk instalasi penerangan maupun instalasi tenaga. Fungsi panel sebagai pengontrol merupakan fungsi paling utama, karena dari panel tersebut masing-masing rangkaian beban dapat dikontrol. Seluruh beban pada beban di bangunan gedung baik instalasi penerangan maupun instalasi tenaga dapat dikontrol dari satu tempat.

Berdasarkan beberapa alasan di atas maka perlu adanya suatu kajian tentang bagaimana melakukan perancangan dan perakitan serta pengujian suatu panel utama daya listrik LVMDP dengan menerapkan proteksi kegagalan urutan fasa pada sistem instalasi tiga fasa.

B. Rumusan Permasalahan

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dibangun maka dibuatlah suatu perumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapa nilai rerata tahanan isolasi dari *Low Voltage Main Distribution Panel*?
2. Berapa nilai tegangan-fasa R, S dan T dengan beban motor listrik tiga fasa?
3. Berapa arus-beban di fasa R, S dan T dengan beban motor listrik tiga fasa?
4. Berapa daya-reaktif pada beban motor listrik tiga fasa?

C. Urgensi Penelitian

Tujuan umum dari perancangan dan perakitan serta pengujian LVMDP adalah dihasilkannya suatu produk panel utama daya sistem listrik tiga fasa pada laboratorium program studi Pendidikan Teknik Elektro (PTE).

Tujuan khusus dari dihasilkannya produk panel daya utama LVMDP yang dapat dipertanggungjawabkan dari segi teknis produknya melalui pengujian tegangan dan arus kerja dengan beban tiga fasa berupa motor listrik tiga fasa jenis rotor sangkar yang ada di laboratorium PTE. Dengan adanya panel daya LVMDP dapat menyalurkan daya listrik dengan urutan fasa positif RST dengan akurat.

Manfaat dengan dihasilkannya produk LVMDP adalah sebagai panel daya dan proteksi urutan fasa terhadap pengamanan peralatan dan

instrumen listrik yang ada di laboratoium PTE baik instrument satu fasa dan khususnya instrument dengan supply tiga fasa. Proteksi peralatan dan instrument dimaksud untuk menghindari dari kerusakan fatal khususnya peralatan praktikum dengan supply listrik tiga fasa.

BAB II LANDASAN TEORI DAN METODE

Perancangan panel LVMDP terdiri dari beberapa peralatan listrik di antaranya adalah: NFB 25A 1 buah dalam hal ini menerapkan MCCB 25A, mcb tiga fasa 16A 1 buah, mcb satu fasa 16 ampere 3 buah, fasa failure relay 1 buah. rel daya bus bar, lampu indikator 2 buah. steker tiga fasa 5 lubang 2 buah. steker satu fasa 3 buah.

A. Panel Daya Listrik

Panel listrik adalah suatu benda berbentuk kubus dengan berbagai ukuran ataupun bervariasi dengan sebelah sisi dibuat lubang selebar hampir sama dengan belakangnya, dan nantinya dibuat penutup seperti daun pintu agar bisa dibuka dan ditutup, dan di dalam panel tersebut terdapat papan yang dikaitkan dengan sisi belakang pintu di pakai baut yang nantinya papan tersebut dapat dilepas dan dipasang kembali [2].

Fungsi dari panel listrik adalah untuk menempatkan komponen listrik sebagai pendukung dari mesin-mesin listrik agar bisa beroperasi sesuai dengan prinsip kerja dari mesin listrik itu sendiri. Untuk mengamankan komponen listrik supaya terlindungi dari pengaruh di sekelilingnya. Untuk menata komponen atau rangkaian listrik agar terlihat rapi dan aman.

Jenis panel listrik dapat dibedakan berdasarkan; (1) Jenis bahannya dari besi atau plastic. (2) Jenis pemasangannya *wall mounting* dan *free standing*. (3) Jenis penggunaan yaitu MVMDP (*Medium Voltage Main Distribution Panel*), Panel LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) panel Utama Tegangan Rendah dan Panel LVSDP (*Low Voltage Sub Distribution Panel*). (4) Berdasarkan fungsi, kontrolnya genset, panel ATS (*Automatic Transfer Swicth*), Panel AMF (*Automatic Main Failure*).

Panel listrik pada umumnya mempunyai fungsi sebagai perangkat pendistribusian dan proteksi listrik dari PLN. Beberapa jenis ukuran panel listrik dibutuhkan agar distribusi listrik dari PLN dapat dilakukan dengan aman dan terkendali. Untuk mempermudah penjelasan, panel listrik dapat diumpamakan sebagai wadah air minum. Sebagai contoh, bayangkan sebuah galon air, botol, dan gelas. Ketiga peralatan tersebut sama-sama digunakan sebagai wadah air minum. Ketika kita sedang haus, tentunya akan sangat sulit dan berbahaya untuk langsung minum dari galon. Oleh karena itu, umumnya orang akan menuang air dari galon ke botol terlebih dahulu. Kemudian ada kalanya satu botol air perlu dibagi ke beberapa orang. Untuk itu, gelas dibutuhkan agar setiap orang

mendapat air minum tersebut. Anggap galon sebagai sumber listrik PLN. Sedangkan botol dan gelas sebagai panel listrik dengan berbagai jenis / ukuran. Dapat disimpulkan, sumber listrik PLN dan panel listrik menjadi hal yang penting dan saling berkaitan agar listrik dapat didistribusikan ke masyarakat dengan aman [3].

Berikut adalah beberapa jenis panel listrik: (1) Panel MVMDP terbagi atas; (a) Panel MVMDP (*Medium Voltage Main Distribution Panel*) adalah panel distribusi/ pembagi setelah gardu PLN. (b) Mendistribusikan listrik dengan tegangan 20 kV. (c) Selanjutnya dari panel MVMDP akan dilanjutkan ke Transformer / Trafo step down 20 kV ke 380/220 V. (2) Panel LVMDP terdiri atas. (a) Panel LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*) adalah panel distribusi/ pembagi setelah Trafo step down. (b) Mendistribusikan listrik dengan tegangan 380/220 V. (c) Selanjutnya dari panel LVMDP akan dilanjutkan ke beberapa jenis panel, salah satunya panel MDP (*Main Distribution Panel*). (3) Panel MDP terdiri ats; (a) Panel MDP adalah panel distribusi / pembagi setelah panel LVMDP (*Low Voltage Main Distribution Panel*). (b) Mendistribusikan listrik dengan tegangan 380/220 V. (c) Selanjutnya dari panel MDP akan dilanjutkan ke beberapa panel listrik kecil seperti gedung/ perumahan.



Gambar-1 Box Panel

B. Kontaktor

Perancangan panel LVMDP menggunakan jenis kontaktor dengan tipe D yang artinya menerapkan hanya satu NO dan NC pada input dan outputnya. Spesifikasi kontaktor dapat dilihat pada table 1. Sedangkan contoh kontaktor dapat dilihat pada gambar-2.

Penerapan kontaktor dengan seri LC1-D09 dengan spesifikasi ketentuan IEC pada table 2 yaitu arus-kerja di bawah 60 derajat Celsius dan tegangan di bawah 400 V adalah 9 ampere (table 2). Standar beban yang dapat diterapkan untuk tegangan 220 volt adalah daya-beban 2,2 KW sedangkan untuk tegangan 380 volt adalah daya-beban 4 KW. Arus maksimum seri ini adalah 25 ampere untuk suhu di bawah 40 derajat Celsius (table 3).

Tabel 1 Spesifikasi Kontaktor tipe D [4]

| Motor starter application | K | D | F |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|
| Range (A) | 6 - 16 | 9 - 150 | 115 - 2600 |
| Electrical durability (A,ACCS) | 1 300 000 | 2 000 000 | 900 000 up to 400 A |
| Width (mm) | 45 | 45 - 55 - 110 | 163.5 |
| Safety | Certified mirror contacts | Certified mirror contacts | - |
| Terminal | Screw clamp Spring Faston Pin for PCB | EverLink Screw clamp Spring Faston Lugs | Lugs |
| Integrated auxiliary contacts | 1 NO or 1 NC | 1 NO & 1 NC | 1 NO & 1 NC |

Tabel 2 Standar Arus dan Daya Beban [4]

| Operational current and power conforming to IEC (θ ≤ 60 °C) | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------|-------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| Contactor size | LC1/LP1 K06 | LC1/LP1 K09 | LC1/K12 | LC1/K16 | LC1/D09 | LC1/D12 | LC1/D12 | |
| Maximum operational current in AC-3 | ≤ 440 V | A | 6 | 9 | 12 | 16 | 9 | 12 |
| Rated operational power P (standard motor power ratings) | 220/240 V | KW | 1.5 | 2.2 | 3 | 3 | 2.2 | 3 |
| | 380/400 V | KW | 2.2 | 4 | 5.5 | 7.5 | 4 | 5.5 |
| | 415 V | KW | 2.2 | 4 | 5.5 | 7.5 | 4 | 5.5 |
| | 440 V | KW | 3 | 4 | 5.5 | 7.5 | 4 | 5.5 |
| | 500 V | KW | 3 | 4 | 4 | 5.5 | 5.5 | 7.5 |
| | 660/690 V | KW | 3 | 4 | 4 | 4 | 5.5 | 7.5 |
| | 1000 V | KW | - | - | - | - | - | - |

Tabel 3 Grafik Standar Arus Maksimum [4]

| Maximum operational current (open-mounted device) | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Contactor size | LC1/LP1 K06 | LC1/LP1 K09 | LC1/D09 | LC1/D12 | LC1/D12 | LC1/D12 | LC1/D12 | LC1/D12 | LC1/D12 | LC1/D12 | LC1/D12 | LC1/D12 |
| Maximum operating rate in operating cycles/hour | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Connection conforming to IEC 60947-1 | Cable c.s.a. mm ² | 4 | 4 | 4 | 4 | 6 | 6 | 10 | 10 | 35 | - | - |
| | Bar c.s.a. mm | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Operational current in AC-1 in A, according to the ambient temperature conforming to IEC 60947-1 | ≤ 40 °C | A | 20 | 20 | 25 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 50 | 60 |
| | ≤ 60 °C | A | 20 | 20 | 25 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 50 | 60 |
| | ≤ 70 °C | A | 17 | 17 | 17 | 17 | 22 | 28 | 35 | 35 | 42 | 42 |
| Maximum operational power ≤ 60 °C | 220/230 V | KW | 6 | 8 | 9 | 8 | 9 | 11 | 14 | 18 | 18 | 21 |
| | 240 V | KW | 8 | 8 | 9 | 8 | 9 | 12 | 15 | 19 | 19 | 23 |
| | 380/400 V | KW | 14 | 14 | 15 | 14 | 15 | 20 | 25 | 31 | 31 | 37 |
| | 415 V | KW | 14 | 14 | 15 | 14 | 15 | 20 | 25 | 31 | 31 | 37 |
| | 440 V | KW | 15 | 15 | 16 | 15 | 16 | 21 | 27 | 34 | 34 | 41 |
| | 500 V | KW | 17 | 17 | 18 | 17 | 18 | 23 | 29 | 36 | 36 | 43 |
| | 660/690 V | KW | 17 | 17 | 17 | 17 | 20 | 25 | 33 | 41 | 41 | 49 |
| | 1000 V | KW | 22 | 22 | 22 | 22 | 27 | 34 | 43 | 54 | 54 | 65 |

(1) Please consult your Regional Sales Office. (2) With set of right-angled connectors LAF2100. (3) With set of right-angled connectors LAF2500. (4) LC1F15 to LC1F200: maximum coil control voltage must not exceed rated U_c for temperature θ ≤ 60 °C.



Gambar 2 Kontaktor Tipe LC1 D09 [4]

C. NFB (MCCB)

NFB (*No Fuse Breaker*) berfungsi sebagai pembatas arus listrik dari beban lebih, bila arus yang mengalir pada NFB ini melebihi dari In (arus nominal) pada NFB, maka NFB ini akan memutuskan arus ke beban. Fungsi lainnya untuk menghubungkan dan memutus tegangan/ arus utama dengan sirkuit atau beban, selain itu juga untuk memutuskan/melindungi beban dari arus yang berlebihan ataupun jika terjadi hubung singkat. Cara kerja NFB, ketika arus yang mengalir melaluinya melebihi dari nilai yang tertera pada NFB maka secara otomatis NFB akan memutuskan arusnya. Gambar berikut adalah NFB 3 Phase umumnya.

NFB atau No Fuse Breaker merupakan suatu istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan suatu breaker atau alat pemutus sirkit yang tidak menggunakan fuse atau sekering (No Fuse) untuk memutus aliran listrik. Salah satu contoh dari NFB adalah MCCB (*Molded Case Circuit Breaker*). MCCB merupakan suatu alat pengaman instalasi motor listrik yang digunakan untuk memutus

rangkaian motor ketika terjadi hubung singkat dan beban berlebih.

Penerapan NFB pada LVMDP menggunakan MCCB (*Molded-case circuit breaker*) dengan seri EZC100B3025 [6]. Pada *catalogue numbers* halaman 73 atau bagian c-3 nampak MCCB ini memiliki rating 25A.

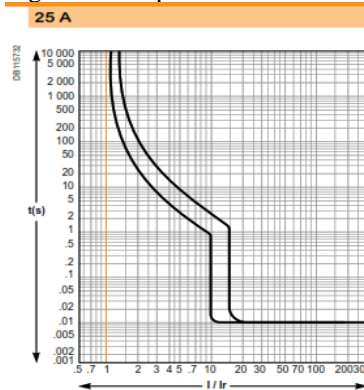
Tabel 4 Seri MCCB [6]

| EasyPact EZC100B 3P 7.5 kA 400/415 V | | |
|--------------------------------------|-------------|-------------|
| With thermal magnetic trip unit | | |
| | Rating | 3P 3t |
| | 15 A | EZC100B3015 |
| | 20 A | EZC100B3020 |
| | 25 A | EZC100B3025 |
| | 30 A | EZC100B3030 |
| | 40 A | EZC100B3040 |
| | 50 A | EZC100B3050 |
| 60 A | EZC100B3060 | |

Fungsi MCCB adalah sebagai pengaman terjadinya hubung singkat (short circuit) dan beban lebih (over load) agar tidak terjadinya kerusakan pada beban listrik maupun kebakaran yang disebabkan oleh short circuit yang selalu menimbulkan bunga api.

Karakteristik MCCB hanya menggunakan sumber listrik tiga fasa dengan nilai ampere lebih dari 100 ampere dan maksimum 1000 ampere dengan frekuensi kerja 50/60 Hz, menerapkan thermal magnetic sebagai penggeraknya serta menerapkan pola dapat diatur untuk fixed atau adjustment.

MCCB schneider mempunyai empat jenis tipe trip yaitu; (1) Magnetic trip (MA), (2) Thermalmagnetic trip (TM), (3) Micrologic 1.3, (4) Micrologic 2.0, (5) Micrologic 5/6. Karena pada perancangan ini kita menggunakan thermal magnetic trip (TM) maka selanjutnya akan dibahas tentang MCCB dengan jenis TM. Jenis TM ini mendukung untuk mengatur besarnya perbanding antara arus-nominal dan arus-thermal protection-nya, hal ini diperlukan untuk proteksi beban lebih. Range waktu arus-proteksi beban lebihnya antara 0,7 sampai 1 detik dapat dilihat di gambar 3 berupa grafik range waktu trip MCCB EZC100B [6].



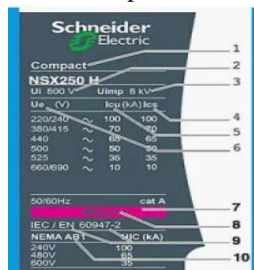
Gambar 3 Grafik Waktu Trip VS Arus Proteksi

Berikut ini akan disampaikan tentang bentuk fisik atau mekanik dan penjelasan nomenkatur yang ada pada name platnya. Bentuk fisik ditampilkan pada gambar 4 untuk seri EZC100B3025 sedangkan penjelasan name lpatenta pada gambar 5.

Penjelasan *nameplate* sebagai berikut: (1) Angka satu menyatakan tipe peralatan mccb, (2) Angka dua yaitu Ui adalah rating tegangan-isolasi. (3) Angka tiga Uimp merupakan rating tegangan impuls withstand. 4) Angka empat Ics nilai ampere kapasitas pengereman. (5) Angka lima Icu kemampuan ampere yang dapat diterima saat hubung-singkat. (6) Angka enam adalah tegangan yang dianjurkan untuk operasional. (7) Angka tujuh label warna. (8) Angka delapan symbol MCCB. (9) Angka sembilan standar referensi yang sudah diuji. (10) Juga merupakan standar referensi yang sudah lolos uji.



Gambar 4 MCCB Tipe EZC100B3025 [6]



Gambar 5 Penjelasan Name Plate MCCB

D. MCB

Perancangan menggunakan dua jenis *miniature circuit breaker* (MCB) yaitu; untuk jenis tiga fasa dengan seri DOMF01316 dan untuk jenis satu fasa dengan seri DOMF01106. MCB adalah komponen dalam instalasi listrik rumah tinggal yang mempunyai peran sangat penting. Komponen ini berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik apabila terjadi beban-lebih (*over load*) dan hubung-singkat arus listrik (*short circuit*). Kegagalan fungsi dari MCB ini berpotensi menimbulkan masalah seperti timbulnya percikan (*flicker*) api karena hubung singkat yang akhirnya dapat menimbulkan kebakaran.

MCB memiliki tiga fungsi pokok yaitu: (1) Pemutus Arus. MCB mempunyai fungsi sebagai pemutus arus listrik ke arah beban.



Gambar 6 MCB 3-Fasa Seri DOMF01316

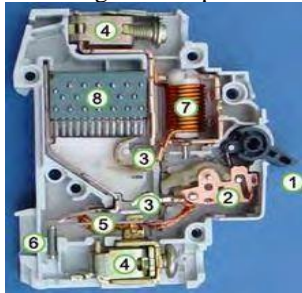


Gambar 7 MCB 1-Fasa Seri DOMF01106

Fasilitas pemutus arus ini bisa dilakukan secara manual dengan merubah toggle switch yang ada didepan MCB (biasanya berwarna biru atau hitam) dari posisi “ON” ke posisi “OFF” kemudian bagian mekanis dalam MCB akan memutus arus listrik. Hal ini biasanya dilakukan bila kita ingin mematikan sumber listrik di rumah karena adanya keperluan perbaikan instalasi listrik rumah. Istilah yang biasa dipakai adalah MCB Switch Off. Sedangkan MCB akan otomatis “OFF” bila terjadi arus lebih, yang disebabkan karena beban pemakaian listrik yang lebih atau terjadi gangguan hubung singkat, sehingga bagian dalam MCB akan memerintahkan untuk “OFF” agar aliran listrik terputus. Istilah yang biasa dipakai adalah MCB Trip. (2) Proteksi Beban Lebih (*Over Load*). Fungsi ini akan bekerja bila MCB mendeteksi arus listrik yang melebihi rating-nya. Misalnya, MCB mempunyai rating arus listrik 6A tetapi arus listrik aktual yang mengalir melalui MCB tersebut ternyata 7A, maka MCB akan trip dengan delay waktu yang cukup lama sejak MCB ini mendeteksi arus lebih tersebut. Bagian di dalam MCB yang menjalankan tugas ini adalah sebuah strip bimetal. Arus listrik yang melewati bimetal akan membuatnya menjadi panas dan memuai atau mungkin melengkung. Semakin besar arus listrik maka bimetal akan semakin cepat panas dan memuai dimana pada akhirnya akan memerintahkan switch mekanis MCB untuk memutus arus listrik dan toggle switch akan pindah ke posisi “OFF”. Lamanya waktu pemutusan arus ini tergantung dari besarnya arus beban lebih. Fungsi strip bimetal ini disebut dengan thermal trip. Saat arus listriknya sudah putus, maka bimetal akan mendingin dan kembali normal dan MCB sudah bisa kembali mengalirkan arus listrik dengan mengembalikan ke posisi “ON”. (3) Proteksi Hubung Singkat (*Short Circuit*). Fungsi proteksi ini akan bekerja bila terjadi short circuit atau hubung

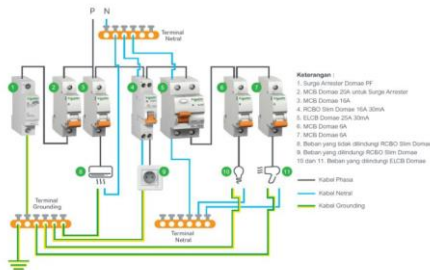
singkat arus listrik. Terjadinya hubung singkat akan menimbulkan arus listrik yang sangat besar dan mengalir dalam sistem instalasi listrik rumah.

Kode C16 pada MCB satu fasa dan tiga fasa dimaknai sebagai tripping curve MCB yaitu tipe “C”, dengan proteksi magnetic trip sebesar 5-10In (In : arus nominal atau rating arus dari MCB) dan angka “16” adalah rating arus dari MCB sebesar 16A. Rating arus ini adalah kode paling penting dalam MCB dan berguna saat pembelian MCB.



Gambar 8 Bagian Internal MCB

Penjelasan gambar bagian internal MCB 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 pabrikasi (untuk MCB yang dijual di pasaran tidak memiliki fasilitas ini, karena tujuannya bukan untuk umum. (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.



Gambar 9 Contoh Rangkaian MCB [7]

E. Phase Control Relay Failure

RCP (*Relay Control Phase*) atau Phase Failure Relay ini berfungsi untuk memonitoring tegangan listrik jatuh, urutan fasa dan asimetri keberadaan tiga satuan gelombang. Relay RCP ini akan beroperasi pada tegangan jatuh dan kebalikan gelombang, yang sangat penting untuk proteksi kerja motor induksi tiga fasa.

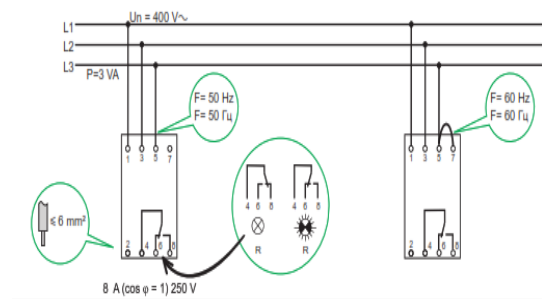
Sebenarnya RCP dan *Phase Failure Relay* ini sama fungsinya seperti thermal over load dan alat proteksi motor lainnya, yaitu memutus

rangkaian pengendali dari suatu sistem kerja motor listrik.



Gambar 10 Relay Control Phase Seri RCP

Pengawatan RCP dapat dilihat pada gambar 11, di mana inputnya diambil dari fasa R, S dan T, sedangkan salah satu output fasa kabelnya yang dihubungkan ke kontak-magnet suatu kontaktor-utama LC01 D09 dengan luas penampang kawat di bawah 6 mm².



Gambar 11 Pengawatan RCP [8]

F. Stop Kontak Tiga Fasa Lima Pin

Stop kontak 3 fasa lima pin terdiri atas dua bagian yaitu male dan female dapat dilihat pada gambar 12. Biasanya disebut dengan 5 pin plug & socket yang terdiri atas 3 fasa dan netral serta pentanahannya. Perancangan ini menggunakan dua pasang yang akan digunakan pada bagian incoming dan bagian outgoing.



Gambar 12 Stop Kontak 3 Fasa 5 Pin Male dan Female

G. Metode

Metode pelaksanaan perakitan dan pengujian dilaksanakan dengan cara pengukuran di laboratorium Pendidikan Teknik Elektro FKIP Undana menyangkut dua hal yaitu; Pertama, pengujian tahanan isolasi penghantar, busbar dan bodi panel, NFB, MCB satu dan tiga fasa juga stop kontak satu dan tiga fasa. Kedua, pengukuran tegangan, arus dan daya pada masing-masing fasa R,S, dan T dengan beban motor induksi tiga fasa.

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Nilai hasil pengukuran tahanan isolasi untuk penghantar pada panel dapat dilihat pada table 5. Nilai hasil pengukuran tahanan isolasi pada busbar dan bodi panel dapat dilihat pada table 6. Pada table 7 menunjukkan nilai tahanan isolasi NFB dan MCB dan pada table 8 merupakan nilai tahanan isolasi stop kontak.

Tabel 5 Nilai Tahanan Isolasi Penghantar

| Perlakuan | Fasa Input | Fasa Output | Tahanan Isolasi [MΩ] |
|-----------|------------|-------------|----------------------|
| 1 | R | T | 4000 |
| | R | S | 4000 |
| | R | R | 0 |
| | R | N | 4000 |
| | R | PE | 4000 |
| 2 | S | T | 4000 |
| | S | S | 0 |
| | S | R | 4000 |
| | S | N | 4000 |
| 3 | T | PE | 4000 |
| | T | T | 0 |
| | T | S | 4000 |
| | T | R | 4000 |

Tabel 6 Tahanan Isoalasi busbar dan bodi panel

| Perlakuan | Fasa Input | Output | Tahanan Isolasi(MΩ) |
|-----------|-----------------------------|--------|---------------------|
| 6 | Pengukuran Bus Bar dan Bodi | | |
| | Busbar | Body | 0 |
| 7 | Pengukuran Penghantar RST | | |
| | R | T | 4000 |
| | R | S | 4000 |
| | R | R | 0 |
| | S | T | 4000 |
| | S | S | 0 |
| | S | R | 4000 |
| | T | T | 0 |
| | T | S | 4000 |
| | T | R | 4000 |

Tabel 7 Tahanan Isolasi NFB dan MCB

| Perlakuan | Fasa Input | Output | Tahanan Isolasi [MΩ] |
|-----------|--------------------------------------------|--------|----------------------|
| 8 | pengukuran tahanan isolasi pada NFB | | |
| | R | T | 4000 |
| | R | S | 4000 |
| | R | R | 0 |
| | S | T | 4000 |
| | S | S | 0 |
| | S | R | 4000 |
| | T | T | 0 |
| | T | S | 4000 |
| | T | R | 4000 |
| 9 | pengukuran tahanan isolasi pada MCB 3 fasa | | |
| | R | T | 4000 |

| | | | |
|----|--------------------------------------------|---|------|
| | R | S | 4000 |
| | R | R | 0 |
| | S | T | 4000 |
| | S | S | 0 |
| | S | R | 4000 |
| | T | T | 0 |
| | T | S | 4000 |
| | T | R | 4000 |
| 10 | pengukuran tahanan isolasi pada MCB 1 fasa | | |
| | R | R | 0 |
| | S | S | 0 |
| | T | T | 0 |

Tabel 8 Tahanan Isolasi Stop Kontak

| Perlakuan | Fasa Input | Output | Tahanan Isolasi [MΩ] |
|-----------|-----------------------------------------------------|--------|----------------------|
| 11 | pengukuran tahanan isolasi untuk stop kontak 3 fasa | | |
| | R | PE | 4000 |
| | S | PE | 4000 |
| | T | PE | 4000 |
| | N | N | 4000 |
| | PE | PE | 4000 |
| 12 | pengukuran tahanan isolasi untuk stop kontak 1 fasa | | |
| | R | N | 4000 |
| | S | N | 4000 |
| | T | N | 4000 |

Tabel 9 Tabel pengukuran tegangan fasa per fasa.

| Tegangan sumber | fasa/fasa | E(V) | I(A) | Watt | Var |
|-----------------|-----------|------|------|------|-----|
| 110 | R&T | 120 | 0,13 | 12 | 12 |
| | R&S | 110 | 0,12 | | |
| | S&T | 119 | 0,13 | | |
| 130 | R&T | 115 | 0,14 | 13 | 19 |
| | R&S | 114 | 0,13 | | |
| | S&T | 115 | 0,14 | | |
| 140 | R&T | 150 | 0,16 | 12 | 25 |
| | R&S | 145 | 0,15 | | |
| | S&T | 150 | 0,16 | | |
| 160 | R&T | 170 | 0,17 | 15 | 30 |
| | R&S | 162 | 0,16 | | |
| | S&T | 164 | 0,17 | | |
| 190 | R&T | 195 | 0,19 | 15 | 39 |
| | R&S | 190 | 0,18 | | |
| | S&T | 192 | 0,19 | | |
| 200 | R&T | 205 | 0,21 | 18 | 45 |
| | R&S | 200 | 0,20 | | |
| | S&T | 202 | 0,21 | | |
| 220 | R&T | 225 | 0,22 | 20 | 55 |
| | R&S | 220 | 0,21 | | |
| | S&T | 221 | 0,22 | | |
| 240 | R&T | 242 | 0,24 | 20 | 69 |
| | R&S | 240 | 0,23 | | |
| | S&T | 245 | 0,24 | | |
| 260 | R&T | 260 | 0,25 | 20 | 80 |
| | R&S | 261 | 0,24 | | |
| | S&T | 261 | 0,25 | | |
| 280 | R&T | 280 | 0,30 | 20 | 90 |
| | R&S | 280 | 0,30 | | |
| | S&T | 285 | 0,30 | | |
| 300 | R&T | 302 | 0,30 | 25 | 120 |
| | R&S | 300 | 0,32 | | |

| | | | | | |
|-----|-----|-----|------|----|-----|
| 320 | S&T | 302 | 0,30 | 27 | 135 |
| | R&T | 321 | 0,30 | | |
| | R&S | 319 | 0,31 | | |
| | S&T | 324 | 0,31 | | |
| 340 | R&T | 340 | 0,35 | 29 | 140 |
| | R&S | 339 | 0,30 | | |
| | S&T | 342 | 0,31 | | |
| 360 | R&T | 365 | 0,40 | 30 | 160 |
| | R&S | 360 | 0,40 | | |
| | S&T | 370 | 0,39 | | |
| 380 | R&T | 385 | 0,49 | 32 | 190 |
| | R&S | 380 | 0,40 | | |
| | S&T | 385 | 0,48 | | |

B. Pembahasan

PFR atau kepanjangan dari Phase Failure Relay adalah sebuah Relay atau komponen yang sering digunakan untuk mengawasi perubahan kondisi tegangan listrik 3 fasa yang bekerja pada suatu rangkaian listrik. Ditarik dari prinsip dasarnya PFR ini mempunyai prinsip kerja yang menyerupai dengan pengamanan beban lebih yang biasa digunakan untuk mengamankan motor listrik dari kemungkinan beban lebih. Di dalam alat ini dilengkapi sebuah relay yang berkerjanya apabila ada beberapa atau satu fasa yang lepas maupun kurang kencang dan membuat pendistribusian tegangan dan arus menjadi tidak Signifikan. Walaupun begitu PFR ini masih terdapat sistem toleransinya jadi bilamana ada satu fasa yang lepas maupun kurang kencang alat ini tidak akan langsung berkerja melainkan akan membaca seberapa besar drop tegangan atau selisih tegangan antara fasa satu dengan yang lainnya atau bisa disebut ada jangka waktunya.

PFR Relai kegagalan fasa memiliki berbagai jenis fungsi proteksi. Beberapa dari mereka adalah: (1) *Phase unbalance*, (2) *Phase sequence*, (3) *Phase failure*, (4) *Voltage monitoring*.

(1) Jika suplai oleh sistem tiga fasa tidak seimbang karena distribusi beban yang tidak merata, motor akan mengubah sebagian energi menjadi daya reaktif. Energi ini hilang tanpa dieksploitasi; juga motor terkena tekanan termal yang lebih tinggi. Ketidakseimbangan fasa menyebabkan penurunan daya yang kuat pada motor AC. Di atas 5% ketidakseimbangan sangat disarankan untuk mematikan motor. Hanya relai pemantau (dengan fungsi pemantau ketidakseimbangan fasa) yang dapat berhenti secara otomatis sebelum motor rusak. Pemantauan yang andal untuk ketidakseimbangan memperpanjang umur motor dan mencegah kerusakan yang mahal.

(2) Urutan fasa yang salah diterapkan saat start-up atau perubahan urutan fasa selama operasi akan menyebabkan motor tiga fasa berjalan dengan putaran terbalik. Pengoperasian dengan arah sebaliknya akan menyebabkan kerusakan pada beberapa motor atau beban seperti pompa, kompresor ulir, dan kipas. Pengoperasian dengan urutan fasa yang salah dapat mengendurkan bagian mesin atau benda kerja dan menyebabkan situasi

yang sangat berbahaya. Ini dapat dihindari dengan memantau urutan fasa secara permanen. Yang Anda butuhkan hanyalah perangkat pemantau dan kontaktor untuk mematikan perangkat.

(3) Kegagalan fasa dapat terjadi akibat, misalnya, sekering putus, kegagalan mekanis di dalam peralatan, saluran listrik putus, cacat pada belitan transformator, atau petir. Segera setelah satu fasa hilang, motor tiga fasa yang dibebani tidak dapat memulai atau mungkin terhenti di bawah beban. Tapi itu mungkin juga terus berjalan secara asimetris. Jika motor mati, hambatan listrik jauh lebih kecil daripada motor yang berputar. Hal ini menyebabkan peningkatan arus hingga 600% dari arus nominal motor. Arus yang begitu tinggi akan menghancurkan belitan motor dalam hitungan detik. Motor tidak boleh distarter selama kehilangan fasa. Jika motor mati maka harus segera diputuskan.

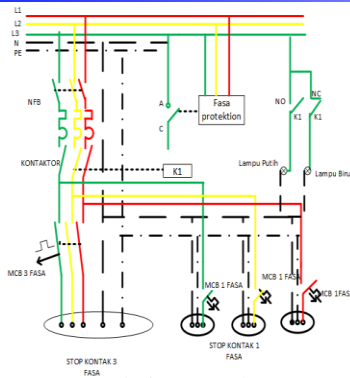
(4) Semua perangkat listrik dapat rusak karena pengoperasian terus-menerus pada tingkat tegangan yang salah. Puncak tegangan dapat merusak komponen elektronik dan, dalam kasus terburuk, isolasi perangkat elektronik atau listrik dapat rusak karena gangguan listrik. Faktor penentunya adalah level tegangan, waktu, dan suhu berlebih yang dihasilkan. Di bawah tegangan mungkin menjadi alasan motor tidak dapat dihidupkan atau kontaktor tidak berfungsi. Lagi-lagi tegangan di bawah menghasilkan pemanasan yang menyebabkan kerusakan termal dan status peralatan yang tidak ditentukan.



Gambar 13 Phase Failure Relay Aktif



Gambar 14 Tampilan Depan Panel LVMDP



Gambar 15 Rangkaian Pengkawatan LVMDP
BAB IV KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini dapat disampaikan sebagai berikut.

1. Nilai Rerata tahanan isolasi penghantar yang digunakan pada panel sebesar 4000 [$M\Omega$].
2. Tegangan, arus dan daya-semu serta daya-reaktif menunjukkan nilai yang stabil sehingga dapat dimaknai bahwa urutan fasa menunjukkan pada urutan yang benar yaitu R, S dan T.

REFERENSI

[1] Didik Ariwibowo, dkk. 2021. *Analisa system elektrikal pada Gedung control building Sudirman central businees district Jakarta.* Jurnal Inovasi Penelitian. Vol 2 No. 1 Juni 2021.

[2] Panel Daya Listrik. 2021. *Pengertian fungsi dan tujuan panel daya listrik.* <https://www.dosenpendidikan.co.id/panel-listrik/>

[3] Panel MDP. *Schneider Electric, MCB Box.* <https://www.se.com/id/id/faqs/FA409984/>

[4] Schneider Electric. 2019. *Start smart run smart stay smart with Tesys.* Schneider-electric.com/tesys.

[5] Schneider Electric. 2021. *Innovative and connected for motor stater.* Catalog 2021. se.com.tesys.

[6] Easy Pact EZT. 2021. *Molded-case circuit breaker.* Catalog 2021. schneider-electric.com

[7] Schneider Electric. 2021. *Domae.* Se.com/id

[8] Yoseph Monier. 2012. *Instruction sheet Connected wire.* <https://www.se.com/ww/en/product/A9E21180/phase-control-relay-ircp-8-a-400-v-50-60hz-1-oc/>