

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pembelajaran di program studi teknik listrik memerlukan media pembelajaran yang efektif untuk membantu mahasiswa memahami konsep dan prinsip dasar yang terkait dengan sistem distribusi listrik. Salah satu metode yang di gunakan adalah yaitu dengan metode penggunaan *trainer* sistem distribusi yang memiliki kemampuan untuk mensimulasikan kondisi jaringan distribusi listrik. *Trainer* sistem distribusi dapat memberikan pemahaman yang lebih baik bagi mahasiswa karena mereka dapat melakukan percobaan dengan kondisi beban yang berbeda-beda. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari variasi beban pada trainer sistem distribusi sebagai media pembelajaran di program studi teknik listrik.

Penulis melakukan observasi terhadap penelitian terdahulu dengan mempelajari jurnal yang telah di terbitkan berdasarkan penelitian tersebut. Rujukan jurnal akan memberikan informasi tambahan terkait perkembangan dan permasalahan sistem distribusi listrik dengan variasi beban nya berikut merupakan rujukan jurnal yang menjadi sumber referensi antara lain:

1. Penelitian oleh Diah Surwati Widiastuti tahun 2020 dengan judul “Monitoring Daya Listrik Laboratorium Instalasi Listrik Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY) Berbasis *Internet of Things* (IoT)” penelitian ini di lakukan di laboratorium Institut Teknologi Nasional Yogyakarta (ITNY) penelitian ini berfokus pada Sistem monitoring daya listrik berbasis IoT, dan besaran yang di ukur antara lain Daya Semu (VA), Tegangan (V) dan Arus (A). Menggunakan metode penelitian observasi dalam memngumpulkan informasi dan melakukan perancangan terhadap sistem dan di lanjutkan dengan penelitian tindakan untuk menyelesaikan penelitian dan melibatkan kolaborasi antara peneliti dan peserta untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah nyata dalam suatu konteks. pada jurnal ini di jelaskan bahwa pemantauan terhadap penggunaan listrik berguna untuk melakukan monitoring danantisipasi adanya penggunaan daya listrik yang berlebihan yang menyebabkan proteksi pada jaringan listik akan selalu berpoerasi di atas batas maksimalnya.[1]

2. Penelitian oleh Maruli Ahasweres Byoke Sihotang pada tahun 2020 yang berjudul “Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Variabel Frequency Drive Pada Sistem Sawmill CV. Wana Indo Raya Lumajang” pada penelitian ini menggunakan komponen *Variable Vrekuensi Driver* (VFD) yang di gunakan untuk mengatur kecepatan motor yang di nilai cukup evisien dan tepat untuk mengatasi dua masalah utama dalam mengoperasikan motor 3 fasa yaitu besar arus starting dan sulit untuk mengatur kecepatan putaran motor. Menggunakan metode penelitian observasi dalam memngumpulkan informasi dan melakukan perancangan terhadap sistem dan di lanjutkan dengan penelitian tindakan untuk menyelesaikan penelitian dan melibatkan kolaborasi antara peneliti dan peserta untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah nyata dalam suatu konteks. Pada penelitian ini di jelaskan bahwa untuk mengatasi besar arus (*Starting*) awal yang besar dapat di kurangi menggunakan beberapa metode starting yang salah satunya yaitu metode Y- Δ (*Star-Delta*). Dalam penelitian yang di laksanakan di CV Wana Indo Raya Lumajang untuk mesin Sawmill ini VFD di gunakan untuk mengatur kecepatan motor yang di laksanakan dengan cara pengaturan frekuensi menggunakan sinyal mA - 20mA hingga kecepatan putaran motor bervariasi sesuai *setting* (pengaturan).

3. Penelitian oleh muh aditiya rahman pada tahun 2021 yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitroing dan Proteksi Motor 1 fasa Terhadap Gangguan Over Voltage dan Under Voltage” pada jurnal ini membahas mengenai pengaman motro induksi terhadap gangguan *over voltage* dan *under voltage* dan di jelaskan bahwa *over voltage* memiliki nilai *setting point* di atas 240 volt dan *setting point under voltage* berada di bawah 200 volt dalam melakukan penelitian tersebut menggunakan mikro kontroler sebagai pendeteksi adanya anomali yang kemungkinan dapat terjadi yang padaproses bekerjanya alat dengan cara memutuskan sumber daya listrik apabila terjadi anomali dengan *setting point* yang telah di sebutkan diatas, dan jika pengaman terhadap beban (motor induksi) tidak di sediakan makan akan berdampak parah terhadap operasional sistem ketenaga listrikan. Menggunakan metode penelitian observasi dalam memngumpulkan informasi dan melakukan perancangan terhadap sistem dan di lanjutkan dengan penelitian tindakan untuk menyelesaikan penelitian dan melibatkan kolaborasi antara peneliti dan peserta untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah nyata dalam suatu konteks.

4. Penelitian oleh suhaemi pada tahun 2021 yang berjudul “TRAINER PROTEKSI TRAFODISTRIBUSI SEBAGAI SARANA PRAKTIKUM SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK” Pada penelitian ini merupakan pembuatan trainer sistem proteksi distribusi untuk sarana praktikum sistem distribusi tenaga listrik, penelitian ini bertujuan untuk pengembangan media pembelajaran sebagai sarana peningkatan pengetahuan dan keterampilan bagi peserta didik pembuatan trainer ini juga dilengkapi dengan komponen proteksi pada jaringan yang sesuai dengan SPLN D3.26:2017, SPLN 64 : 1985 serta SPLN D5.008-1 : 2020 yang disimpulkan bahwa trainer tersebut telah sesuai dengan SPLN. Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian observasi dalam mengumpulkan informasi dan melakukan perancangan terhadap sistem dan dilanjutkan dengan penelitian tindakan untuk menyelesaikan penelitian dan melibatkan kolaborasi antara peneliti dan peserta untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah nyata dalam suatu konteks sehingga dihasilkan sistem trainer yang memiliki optimal kerja sebagai proteksi terhadap trafo distribusi.

5. Penelitian oleh Yuni Rahmawati pada tahun 2019 yang berjudul “PERANCANGAN TRAINER SISTEM RECLOSER BERBASIS SMART RELAY UNTUK MATA KULIAH SISTEM DISTRIBUSI DAN TRANSMISI DI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS NEGERI MALANG” pada penelitian ini menggunakan sistem *Smart relay* yang dirancang sebagai *trainer* pengendali sistem *recloser* yang digunakan untuk mendukung perkuliahan tujuan dari penelitian ini adalah menyediakan media pembelajaran dan miniatur jaringan distribusi tenaga listrik di jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang yang berdasarkan data validitas yang tercantum dalam penelitian ini disimpulkan bahwa pengembangan bahan ajar trainer sistem *recloser* berbasis *smart relay* untuk mendukung perkuliahan Sistem Distribusi dan transmisi di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai bahan ajar. Metode yang digunakan menggunakan metode penelitian observasi dalam mengumpulkan informasi dan melakukan perancangan terhadap sistem dan dilanjutkan dengan penelitian tindakan untuk menyelesaikan penelitian dan melibatkan kolaborasi antara peneliti dan peserta untuk mengidentifikasi dan memecahkan masalah nyata dalam suatu konteks.

2.2. *Trainer Sistem Distribusi*

Trainer merupakan suatu set peralatan laboratorium yang digunakan sebagai media pendidikan yang merupakan gabungan antara model kerja dan mock-up. Tampilan dari media trainer akan memperjelas sajian ide, menggambarkan atau menghiasi fakta yang mungkin akan cepat dilupakan jika tidak divisualkan. Beberapa kelebihan media trainer sebagai media pembelajaran adalah sebagai berikut: (1) simulasi merupakan alternatif yang media tepat; (2) dapat bereksperimen tanpa adanya resiko; (3) simulasi dapat mengestimasi kinerja pada suatu kondisi tertentu; (4) simulasi ini memungkinkan untuk melakukan studi jangka panjang dalam waktu yang relatif singkat; dan (5) dapat menggunakan input data bervariasi, sifatnya kongkrit, dan realistis[2].

Sejalan dengan itu pada penggunaan sebuah Trainer Sistem Distribusi ini merupakan alat yang di gunakan untuk membuat simulasi adanya aliran tenaga listrik dari berbagai rangkaian nya yang dari mulai pemangkitan hingga ke pemanfaatan oleh masyarakat secara umum baik untuk skala industri, fasilitas publik, perkantoran hingga pemanfaatan listrik dalam rumah tangga. Dengan adanya sistem yang cukup banyak itu lah trainer ini di rancang untuk mensimulasikan kondisi jaringan distribusi listrik untuk skala praktikum di laboratorium.

Skala perancangan *trainer* trainer sistem distribusi ini di lengkapi dengan adanya penggambaran yang di rancang dengan se-sederhana mungkin guna memahami rangkaian sistem distribusi yang cangkupan nya sangat luas. Dengan adanya trainer sistem distribusi ini di rancang untuk menggunakan tegangan 220 – 380 volt Ac yang di lengkapi juga dengan *monitoring* terhadap beberapa besaran . *Monitoring* merupakan proses pengumpulan data / informasi dengan tujuan dan metode tertentu[3]. *Monitoring* dimaksudkan untuk mengetahui kecocokan dan ketepatan kegiatan yang dilaksanakan dengan rencana yang telah disusun. *Monitoring* digunakan pula untuk memperbaiki kegiatan yang menyimpang dari rencana, mengoreksi penyalah gunaan aturan dan sumber-sumber, serta untuk mengupayakan agar tujuan dicapai seefektif dan seefisien mungkin. Pemantauan atau *monitoring* umumnya dilakukan dengan perbandingan berdasarkan waktu.

Monitoring dalam alat ini difungsikan sebagai sistem dari data-data yang ada, diambil dari indikator pada motor listrik (suhu, kecepatan, tegangan) sebagai untuk mengoreksi adanya kesalahan dalam sistem yang sudah bekerja dan mengupayakan agar sistem kerja motor berjalan

optimal. Ketika sistem sudah berjalan dengan tidak optimal, pengguna dapat mematikan motor tersebut (dalam kondisi darurat) atau menjadwalkan adanya perbaikan.

2.2.1 Monitoring Arus Masing-masing Fasa

Monitoring arus menggunakan ampere meter pada gambar 2.1 beriku



Gambar 2. 1 Ampere Meter
Sumber: dok pribadi

Tabel 2. 1 Spesifikasi Ampere meter

No.	Spesifikasi	
1	Merk & Nomor Model	TAB 0-30 A
2	Tegangan Input	220 VAC
3	Tegangan Output	-
4	Arus maksimal	20 A

Dalam mengukur besaran arus listrik, pada gambar 1.1 di atas merupakan gambar komponen Ampere meter. Pada *trainer* ini Ampere meter merupakan alat yang di gunakan untuk pengukuran dan monitoring terhadap arus listrik[4]. Pada *trainer* trainer sistem distribusi ini akan di gunakan tiga buah ampere meter yang di gunakan untuk mengukur masing masing arus pada masing-masing fasa.

Monitoring arus masing-masing fasa arus listrik adalah proses pengukuran dan pemantauan arus listrik yang mengalir pada setiap fasa pada suatu sistem listrik tiga fasa[5]. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa arus pada masing-masing fasa sesuai dengan nilai yang diharapkan dan tidak melebihi batas yang telah ditentukan. Pengukuran arus listrik

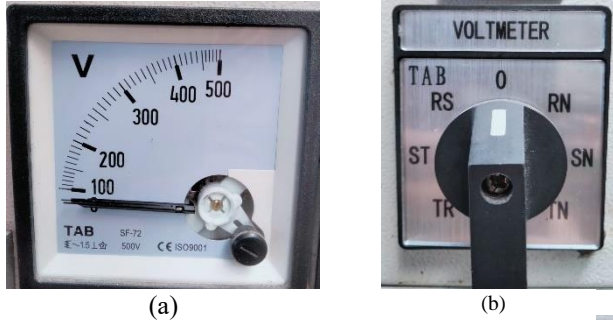
menggunakan ampere meter ini dengan cara menghubungkan secara seri dengan langkah langkah sebagai berikut:

1. Pada instalasi di dalam panel listrik akan di pasang *current transformer* (CT) kemudian output dari CT akan di pasang secara seri ke alat ukur
2. Pemasangan alat pengukur arus pada masing-masing fasa listrik yang akan dimonitoring. Alat pengukur yang dapat digunakan untuk pengukuran arus listrik ini yaitu ampere meter.
3. Tahap berikutnya yaitu memastikan bahwa alat pengukur arus (Ampere Meter) terpasang dengan benar pada setiap fasa listrik, sehingga arus yang terukur berasal dari satu fasa saja.
4. Setelah instalasi di pastikan terpasang dengan benar maka tahap berikutnya adalah mengamati hasil pemantauan arus pada masing masing fasa listrik. Perhatikan apakah arus pada setiap fasa berada dalam batas normal dan tidak melebihi nilai yang di terapkan. Jika terdapat ketidak sesuaian atau anomali pada arus termonitor akan dilakukan analisis penyebab dan tindakan yang di perlukan

Pada trainer sistem distribusi yang di gunakan sebagai media pembelajaran program studi teknik listrik ini melakukan monitoring arus masing-masing fasa arus listrik sangat penting dalam menjaga kinerja dan keamanan sistem listrik. Dengan melakukan monitoring secara terus-menerus, maka dapat mengurangi risiko terjadinya kegagalan atau kerusakan pada sistem listrik, serta dapat memastikan bahwa arus yang mengalir pada setiap fasa listrik berada dalam batas yang aman dan normal.

2.2.2. Monitoring Tegangan Masing-masing Fasa

Monitoring tegangan dengan volt meter dan selektor berikut



Gambar 2.2 (a) Volt Meter Selector (b) Volt Meter
Sumber: dok pribadi

Tabel 2. 2 Spesifikasi volt meter dan selektor

No.	Spesifikasi Volt meter	
1	Merk & Nomor Model	TAB 0-500 V
2	Tegangan Input	380 VAC
3	Tegangan Output	220 – 380 VAC
4	Arus maksimal	50 A
No.	Spesifikasi Selektor	
1	Merk & Nomor Model	TAB 0-500 V
2	Tegangan Input	380 VAC
3	Tegangan Output	220 – 380 VAC
4	Arus maksimal	50 A

Volt meter merupakan alat yang di gunakan untuk mengukur serta memonitoring tegangan pada tugas akhir *trainer* ini[4]. Volt meter di tunjukan pada gambar 2.2 dan selektor pada gambar 2.3 dalam *trainer* ini juga di gunakan sebagai monitoring secara langsung tegangan yang nantinya akan di gunakan untuk menggerakan motor induksi sebagai pembebanan.

Monitoring tegangan masing-masing fasa pada suatu sistem listrik tiga fasa adalah proses pengukuran dan pemantauan tegangan pada setiap fasa secara terpisah. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa tegangan pada masing-masing fasa sesuai dengan nilai yang diharapkan

dan tidak melebihi batas yang telah ditentukan. Salah satu cara untuk melakukan monitoring tegangan masing-masing fasa adalah menggunakan saklar selektor atau *selector switch*. Saklar selektor adalah perangkat listrik yang dapat digunakan untuk memilih atau memilih tegangan yang akan diukur atau dipantau pada setiap fasa. Berikut merupakan cara yang dapat di terapkan menggunakan saklar selektor yaitu;

1. Pasang saklar selektor pada panel kontrol atau lokasi yang mudah dijangkau. Pastikan bahwa saklar selektor terhubung dengan sistem pemantauan atau alat pengukur tegangan.
2. Atur saklar selektor pada posisi yang sesuai dengan fasa yang ingin dipantau tegangannya.
3. Kemudian tegangan listrik akan di sambungkan alat pengukur tegangan ke saklar selektor.
4. Memastikan bahwa alat pengukur tegangan terpasang dengan benar pada setiap fasa listrik, sehingga tegangan yang terukur berasal dari satu fasa saja.
5. Pada pintu panel yang terdapat volt meter akan di tampilan tegangan yang terukur.

Pada trainer sistem distribusi ini melakukan monitoring tegangan masing-masing fasa menggunakan saklar selektor dapat membantu meningkatkan keamanan dan kinerja sistem listri. Dengan melakukan monitoring secara terus-menerus, maka dapat mengurangi risiko terjadinya kegagalan atau kerusakan pada sistem listrik, serta dapat memastikan bahwa tegangan pada setiap fasa listrik berada dalam batas yang aman dan normal. Dengan adanya monitring ini maka variasi pembebanan pada rangkaian ini akan dapat di simulasikan dengan baik seandainya tidak terjadi anomali pada tegangan misalnya *Under Voltage* atau *Over Voltage*.

2.2.3 Monitoring Terhadap Frekuensi

Monitoring frekuensi menggunakan frekuensi meter berikut



Gambar 2. 2 Frekuensi meter
Sumber: dok pribadi

Tabel 2. 3 Tabel spesifikasi frekuensi meter

No.	Spesifikasi	
1	Merk & Nomor Model	TAB 45-65 Hz
2	Tegangan Input	220 VAc
3	Tegangan Output	-
4	Arus maksimal	50 A

Frekuensi meter pada gambar 2.4 di atas merupakan alat yang digunakan untuk mengukur frekuensi pada sebuah rangkaian listrik. Serta untuk mengetahui untuk melakukan pemantauan dan monitoring terhadap frekuensi yaitu dengan proses pengukuran dan pemantauan frekuensi listrik pada suatu sistem listrik. Frekuensi listrik mengacu pada jumlah siklus atau putaran arus listrik yang terjadi dalam satu detik. Pada sistem listrik AC (*Alternating Current*) seperti yang digunakan pada kebanyakan jaringan listrik, frekuensi biasanya ditetapkan pada 50 atau 60 Hz[6]. Langkah yang di terapkan dalam pengukuran frekuensi pada *trainer* ini yaitu ;

1. Melakukan pemasangan alat pengukur frekuensi pada sistem listrik yang akan dimonitoring. Alat pengukur yang dapat digunakan dalam hal ini frekuensi meter.
2. Melakukan penyambungan alat pengukur frekuensi ke sistem pemantauan sehingga hasil pengukuran dapat terlihat secara *real time* saat rangkaian sedang beroperasi.

3. Melakukan pengamatan terhadap hasil pengukuran frekuensi pada rangkaian listrik, perhatikan nilai frekuensi apakah sesuai standar operasional atau tidak, dan jika terjadi anomali pada pengukuran frekuensi maka akan di lakukan tindakan perbaikan yang di perlukan.

Monitoring terhadap frekuensi sangat penting dalam menjaga kinerja dan keamanan sistem listrik. Dengan melakukan monitoring secara *real time*, maka dapat memastikan bahwa hal ini dapat membantu mencegah kerusakan pada peralatan listrik dan mengurangi risiko kegagalan pada sistem listrik pda saat beroperasi.

2.2.4 Monitoring Terhadap Daya

Monitoring daya listrik dengan watt meter berikut



Gambar 2. 3 Watt Meter
Sumber: dok pribadi

Tabel 2. 4 Spesifikasi watt meter

No.	Spesifikasi	
1	Merk & Nomor Model	EWIG
2	Tegangan Input	380 VAC
3	Tegangan Output	220 – 380 VAC
4	Pengukuran daya maksimal	1000 Watt

Monitoring terhadap frekuensi di perlukan sbgai pemantauan sangat penting dalam menjaga kinerja dan keamanan sistem listrik dan alat ukur yang di gunakan adalah watt meter. Dengan melakukan monitoring

secara terus-menerus, maka dapat memastikan bahwa frekuensi pada sistem listrik berada dalam batas normal yang telah ditetapkan. Hal ini dapat membantu mencegah kerusakan pada peralatan listrik dan mengurangi risiko kegagalan pada sistem listrik. Dalam *trainer* ini langkah-langkah yang di terapkan untuk mengetahui besaran daya nya adalah:

1. Terpasangnya alat pengukur daya pada sistem listrik yang akan dimonitoring. Alat pengukur yang dapat digunakan antara lain wattmeter atau multimeter yang dilengkapi dengan fungsi pengukur daya.
2. Melakukan instalasi terhadap alat pengukur daya ke sistem pemantauan atau rekaman data, sehingga hasil pengukuran dapat tercatat secara terus-menerus dalam jangka waktu tertentu, kemudahan pengamatan dan pantau daya pada sistem, dan mencatat apakah daya listrik berada pada kondisi yang ideal.

Monitoring terhadap daya sangat penting dalam menjaga kinerja dan keamanan sistem listrik[3]. Dengan melakukan monitoring secara terus-menerus, maka dapat memastikan bahwa daya pada sistem listrik berada dalam batas normal yang telah ditetapkan. Hal ini dapat membantu mencegah kerusakan pada peralatan listrik dan mengurangi risiko kegagalan pada sistem listrik. Selain itu, monitoring terhadap daya juga dapat membantu dalam memantau konsumsi energi dan mengidentifikasi kemungkinan sumber-sumber pemborosan energi pada sistem listrik.

2.3 Variasi beban

Variasi beban yang di gunakan pada sistem *trainer* ini menggunakan motor listrik variasi yang di gunakan merujuk pada perbedaan atau variasi dalam suatu hal atau parameter tertentu. Ini menggambarkan adanya variasi atau perubahan nilai antara beberapa entitas atau objek yang dibandingkan yaitu dua hal, yang pertama menggunakan motor 3 fasa kemudian yang kedua menggunakan motor 1 fasa. Penggunaan dua buah motor listrik dalam tugas akhir ini akan di monitoring terhadap daya, tegangan, arus, serta frekuensi untuk mempelajari bagaimana perubahan beban mempengaruhi kinerja sistem. Penggunaan motor listrik yang di gunakan sebagai simulasi untuk

pembebanan rangkaian instalasi yang terdapat pada trainer ini di terdapat pada gambar 1.6 dan 1.7 berikut.



(a)

(b)

Gambar 2.4 (a) Motor listrik 3 fasa (b) Motor Listrik 1 fasa

Sumber: dok pribadi

Tabel 2. 5 Spesifikasi motor 1 fasa dan 3 fasa

No.	Spesifikasi Motor 3 fasa	
1	Merk & Nomor Model	-
2	Tegangan Input	380 VAC
3	Tegangan Output	220 – 380 VAC
4	Arus maksimal	50 A
No.	Spesifikasi 1 fasa	
1	Merk & Nomor Model	-
2	Tegangan Input	380 VAC
3	Tegangan Output	220 – 380 VAC
4	Arus maksimal	50 A

Mekanisme yang di gunakan dalam variasi beban ini yaitu dengan menggunakan dua buah motor induksi yang masing masing bekerja pada tegangan 3 fasa 380 volt Ac, dan 1 fasa 220 volt Ac.

2.3.1 VFD (*Variable Frequency Drive*)

Mengatur frekuensi dapat menggunakan vfd berikut



Gambar 2. 5 *Variable Frequency Drive*

Sumber: dok pribadi

VFD (*Variable Frequency Drive*) adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengatur frekuensi dan kecepatan putar motor listrik[7][8]. Pada sistem kelistrikan VFD sering digunakan pada sistem penggerak motor listrik, VFD bisa di lihat dalam gambar 2.4, VFD memerlukan kecepatan variabel dan penghematan energi. Pada prinsipnya VFD mempunyai cara kerja terhadap motor listrik sebagai berikut :

1. Sinyal kontrol: Sinyal kontrol dari pengontrol (PLC atau tombol kontrol manual) diteruskan ke VFD. Sinyal kontrol ini berisi informasi tentang kecepatan dan arah putar motor listrik.
2. Penyearah: Sinyal kontrol diarahkan ke penyearah di dalam VFD. Penyearah ini akan mengubah sinyal AC dari jaringan listrik menjadi sinyal DC. Proses ini disebut penyearahan.
3. Inverter: Sinyal DC dari penyearah kemudian diubah kembali menjadi sinyal AC oleh inverter. Frekuensi dan tegangan sinyal AC ini dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.
4. Filter: Sinyal AC yang dihasilkan oleh inverter memiliki beberapa distorsi harmonik. Oleh karena itu, sinyal ini

melewati filter untuk menghilangkan distorsi harmonik dan menjaga kualitas sinyal yang baik.

Sinyal AC yang telah difilter kemudian diteruskan ke motor listrik. Frekuensi dan tegangan sinyal AC yang diatur oleh VFD akan mempengaruhi kecepatan putar motor listrik.

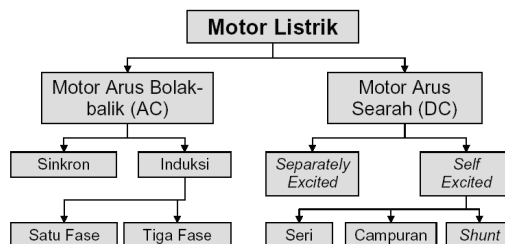
Tabel 2. 6 Spesifikasi VFD

NO	Spesifikasi	Nilai
1	Tegangan input	220-230 Volt Ac
2	Arus	10 Ampere
3	Daya	2.2 kW
4	Seri VFD	VFD-E Series
5	Horse Power	2.9502 Hp

2.3.2 Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah mesin, yang berguna untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan oleh motor listrik disebabkan oleh gaya elektromagnet[9]. Gaya elektromagnet dihasilkan melalui kutub magnet yang saling tolak-menolak dan tarik-menarik hingga menyebabkan poros besi di dalam motor berputar. Energi mekanik yang muncul digunakan luas dalam kehidupan saat ini, khususnya keperluan di industri.

Motor listrik memiliki berbagai macam jenis yang berbeda. Gambar di bawah menunjukkan pembagian jenis-jenis motor listrik.



Gambar 2. 6 Jenis-jenis motor

2.2.3.2 Motor Listrik Arus Bolak-balik (AC)

Motor Listrik Arus Bolak-balik (AC) menggunakan arus bolak-balik sebagai sumber penggerakannya. Motor listrik AC biasa digunakan untuk keperluan berat / berbeban tinggi sehingga motor listrik arus AC biasa digunakan untuk kebutuhan industri. Pengaturan kecepatan motor AC tidaklah semudah motor DC[9]. Pengaturannya menggunakan variabel frekuensi untuk meningkatkan kecepatan sekaligus menurunkan dayanya[10]. Frekuensi sangat berpengaruh pada kecepatan motor listrik AC sehingga dalam kebutuhan konstan, kecepatan motor listrik yang berkurang dari biasanya mengindikasikan adanya masalah pada motor listrik dan mengurangi masa pakainya

Motor listrik arus AC dibagi menjadi motor sinkron dan motor asinkron (induksi)[11]. Perbedaannya terletak pada kecepatannya dimana motor sinkron berputar dengan kecepatan sinkron sehingga bukan jenis self-starting motor karena torsi hanya akan muncul saat motor bekerja di kecepatan sinkronnya, sehingga motor sinkron membutuhkan sumber tegangan DC di luar mesin untuk membawanya dari saat start menuju kondisi running di kecepatan sinkronnya. Hal ini berbeda dengan motor asinkron (induksi) dimana motor listrik menggunakan listrik AC secara penuh mulai dari *starting* hingga *running*-nya, dengan konsekuensi memiliki lonjakan arus *starting* motor yang tinggi pada saat awal pengoperasiannya.

Motor induksi dibagi menjadi motor induksi 1 fasa dan motor induksi 3 fasa. Perbedaannya terletak pada sumber listriknya dimana motor induksi 1 fasa menggunakan sumber listrik 1 fasa, berbeda dengan motor induksi 3 fasa yang menggunakan sumber listrik 3 fasa[12].

A. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 fasa merupakan motor induksi yang bekerja menggunakan sumber listrik AC 3 fasa. Gambar berikut merupakan wujud motor induksi 3 fasa[10].



Gambar 2.7 Motor 3 fasa
Sumber: dok pribadi

Motor induksi bekerja dengan induksi magnet dari stator, dimana hal tersebut menimbulkan induksi elektromagnet[13]. Induksi elektromagnet adalah timbulnya arus listrik akibat adanya *fluks* magnet / medan putar magnet. Arus induksi ini muncul dari kumparan pada stator ke rotor sehingga rotor berputar terhadap stator sebagai akibat dari tolak menolak antar kutub magnet yang sama. Lilitan pada stator berupa listrik 3 fasa dimana tiap fasanya berjarak 120 derajat. Hal ini yang selalu memunculkan *fluks* magnet. Medan putar magnet ini menyebabkan rotor berputar dengan arah yang sama dengan medan putar magnet. Kecepatan medan putar yang dimunculkan oleh stator dirumuskan pada Persamaan 1:

$$n_s = \frac{120f}{p} \dots \dots \dots (1)$$

- n_s : kecepatan medan putar stator (rpm)
 f : frekuensi (Hz)
 p : jumlah kutub

RPM (*Revolutions per Minute / Rotation per Minute*) adalah jumlah putaran per menit yang terjadi pada benda berputar. Perbedaan yang terjadi antara revolusi dan rotasi adalah poros putaran tersebut. Revolusi merupakan berputarnya suatu benda mengelilingi pusat yang berada di luar benda tersebut. Sedangkan rotasi merupakan berputarnya suatu benda mengelilingi poros pada benda tersebut sebagai titik pusatnya.

RPM yang akan ditampilkan pada alat ini merupakan kecepatan putar rotor (n_r) motor listrik terhadap porosnya. Dalam praktiknya,

kecepatan medan putar / kecepatan stator memiliki perbedaan dengan kecepatan aktual rotor. Jika kedua kecepatan tersebut bernilai sama maka tidak ada tegangan induksi yang timbul di stator. Perbedaan kecepatan ini dinamakan slip, seperti yang ditampilkan pada Persamaan (2). Spesifikasi motor yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

$$slip = \frac{n_s - n_r}{n_s} \dots\dots\dots(2)$$

n_s : kecepatan medan putar stator (rpm)

n_r : kecepatan aktual rotor (rpm)

Tabel Spesifikasi Motor Induksi 3 Fasa

No.	Spesifikasi	
1	Merk	AEB
	Tipe Produk	D71B – 2
	Nomor Produk	01075
2	Beban	0,37 kW / 0,5 HP
3	Tegangan	220 / 380 V
4	Arus	1,67 / 0,97 A
5.	$\cos\phi$	0,79

B. Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa

1. Stator

Stator merupakan bagian diam pada motor listrik. Stator berupa kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromekaniknya ke rotor. Bentuk stator dapat dilihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 2. 8 Stator motor
Sumber: [10]

2. Celah

Celah yang dimaksud merupakan ruang antara stator dengan motor. Disinilah adanya medan magnet yang menimbulkan berputarnya rotor.

3. Rotor

Rotor merupakan bagian bergerak di dalam motor listrik. Rotor dapat bergerak diakibatkan adanya *fluks* magnet dari stator. Bentuk rotor dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2. 9 Rotor motor

Sumber: [14]

4. Terminal

Terminal listrik pada motor merupakan tempat menghubungkan motor listrik dengan sumber listrik. Motor 3 fasa memiliki 6 terminal, 3 terminal *input* dan 3 terminal *output*.

5. Nameplate

Motor induksi memiliki spesifikasi berbeda beda tiap jenisnya. Perbedaan paling jelas biasanya terlihat dari kapasitas daya outputnya. Spesifikasi tersebut biasanya terpampang jelas di *nameplate* setiap motor, seperti yang dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2. 10 Name plate motor 3 fasa

C. Motor 1 fasa

Motor induksi 1 fasa 220 volt adalah sebuah jenis motor listrik yang menggunakan kumparan listrik tunggal untuk menghasilkan medan putar. Motor ini digunakan untuk menggerakkan berbagai jenis peralatan, seperti pompa air, kipas angin, mesin cuci, dan mesin pengering, serta dalam industri untuk penggerak mesin-mesin kecil dan menengah. Motor induksi 1 fasa 220 volt biasanya dirancang untuk bekerja pada frekuensi 50 hertz (Hz), dan memerlukan tegangan listrik sekitar 220 volt untuk beroperasi. Spesifikasi utama dari motor induksi 1 fasa 220 volt adalah daya, kecepatan, torsi, dan konstruksi yang berbeda-beda tergantung pada jenis motornya.

2.4 Komponen Utama

2.4.1 Miniatur Circuit Breaker (MCB)

Miniatur Circuit Breaker adalah pemutus tenaga dalam kapasitas kecil, yang digunakan untuk memutus daya listrik dari sumber listrik menuju beban. MCB dibedakan menjadi 2 jenis yaitu MCB 1 fasa dan MCB 3 fasa. MCB 1 fasa memiliki 1 terminal input dan 1 terminal output sedangkan MCB 3 fasa memiliki 3 terminal input dan 3 terminal output yang digunakan untuk jalur 3 fasa.

MCB memiliki berbagai macam kapasitas arus maksimumnya, mengikuti besar beban yang ditanggung MCB tersebut, mulai dari 2A sampai 25A. Dalam alat kali ini, MCB yang digunakan adalah 3 MCB 1 fasa 10A dan 1 MCB 1 fasa 4A seperti yang tertera pada Gambar 2.7. MCB 1 fasa untuk sumber daya motor dimaksudkan untuk percobaan dalam pengujian ketidakseimbangan tegangan dan *single phasing*. Spesifikasi MCB yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Gambar 2. 11 *Miniature Circuit Breaker*
Sumber: dok pribadi

Tabel 2. 7. Spesifikasi *Miniatur Circuit Breaker* 1 Fasa

No.	Spesifikasi	
1	Merk & Nomor Model	Zenith C32N-CL10 & C32N-CL6
2	Tegangan kerja	200-400V
3	Arus trip	10A (C32N-CL10) 6A (C32N-CL6)

2.4.2 *No Fuse Breaker (NFB)*

Penggunaan NFB pada *trainer* di gunakan untuk pengaman utama pada trainer Daya listrik sumber yang dimaksud adalah tegangan dan arus yang di gunakan dalam rangkaian instalasi. Sumber di gunakan sebagai penyuplai tegangan dan arus untuk sistem trainer dalam melakukan variasi terhadap beban yang di gunakan yaitu motor 3 fasa dan 1 fasa. Tegangan sumber dalam rangkaian instalasi yang di gunakan untuk variasi beban dengan menggunakan motor listrik menggunakan sumber listrik dari PLN. Sumber daya listrik ini di rangkai menggunakan sistem proteksi *Miniature Circuit Breaker* (MCB) 3 fasa dan 1 fasa. Pada MCB 3 fasa di hubungkan terhadap (*variable vrekuenchy drive*) VFD yang akan di gunakan sebagai pengatur dan kontrol terhadap motor listrik 3 fasa. Dan pada MCB 1 fasa di gunakan untuk pengaman rangkaian listrik yang di hubungkan pada magnetik kontaktor kemudian magnetik kontaktor ini di hubungkan pada

thermal overload relay, pada rangkaian instalasi listrik untuk motor 1 fasa ini menggunakan *Push Button* PB yang berfungsi sebagai saklar tombol tekan, terdapat tiga buah PB yang di gunkanan di antaranya yaitu satu buah PB berwarna merah yang di gunakan sebagai tombol stop, dan dua buah tombol lainnya berwarna hijau yang di gunkan untuk rangkaian *Forward-reverse* atau bolak-balik pada motor induksi 1 fasa ini.



Gambar 2. 12 *No Fuse Breaker*
Sumber: dok pribadi

Tabel 2. 8 Spesifikasi NFB

No.	Spesifikasi	
1	Merk & Nomor Model	NFB 3 Fasa 50 A
2	Tegangan Input	380 VAC
3	Tegangan Output	220 – 380 VAC
4	Arus maksimal	50 A

2.4.3 *Push Button Switch*

Push Button Switch atau saklar tombol tekan adalah perangkat sederhana bisa di lihat pada gambar 1.16 yang digunakan dalam rangkaian motor listrik 1 fasa pada trainer ini yang bekerja dengan cara menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik. Cara kerjanya dengan menggunakan sistem unlock, artinya saklar akan bekerja sebagai alat penyambung atau pemutus aliran arus listrik pada saat tombol ditekan, dan pada saat tombol dilepas maka saklar akan kembali ke kondisi normal. Sakelar push button hanya memiliki dua kondisi, On dan Off (1 dan 0). Jenis saklar yang di gunakan menggunakan dua yaitu NO yang di gunakan

sebagai saklar untuk kendali motor bolak balik, dan NC yang di gunakan sebagai pemutus rangkaian litrik pada rangkaian ketika bekerja. Dan pada implementasinya sakelar tombol tekan biasanya digunakan untuk menghidupkan dan menghentikan mesin di industri karena sistem buka kuncinya dan koneksi langsung dengan operator. Ada dua jenis sakelar tombol tekan: Biasanya Buka (NO) dan Biasanya Tutup (NC). Tipe NO akan menghantarkan listrik saat tombol ditekan, dan tipe NC akan memutus arus listrik saat tombol ditekan



Gambar 2. 13 Saklar tombol tekan
Sumber: dok pribadi

Tabel 2. 9 Spesifikasi PB

No.	Spesifikasi	
1	Merk & Nomor Model	EWIG no-nc
2	Tegangan Kerja	110-380 VAC
3	Arus Maksimal	10 A

2.4.4 *Monitoring* Tegangan, Arus, Frekuensi dan Daya Listrik

Pada variasi beban terhadap sistem trainer distribusi listrik ini memiliki peralatan untuk melakukan monitoring secara *realtime* di gunakan dalam peralatan nya.

2.4.4.1 *Monitoring* Tegangan Listrik

Pengukuran tegangan menggunakan volt meter berikut



Gambar 2. 14 Volt meter untuk masing-masing fasa

Volt meter merupakan komponen yang di gunakan untuk mengukur tegangan dan dapat dilihat pada gambar 1.2 dan gambar 1.3 di atas, pada gambar tersebut yang di gunakan dua komponen merupakan pengukuran untuk antar fasa dan tegangan fasa netral. Untuk pengukuran tegangan masing masing fasa di gunakan tiga buah volt meter yang di hubungkan ke masing masing fasa dan volt meter yang di gunakan dapat dilihat pada gambar 1.17 di atas. Tegangan listrik adalah beda potensial listrik diantara dua titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan volt. Dalam hal ini besaran mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang menyebabkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Tegangan listrik terdiri dari 2 tipe, yaitu tegangan AC (Volt AC) dan tegangan DC (Volt DC). Dalam alat ini, tegangan yang digunakan untuk mengoperasikan motor dan tegangan yang di-*monitoring* adalah tegangan AC, sementara rangkaian *monitoring* menggunakan tegangan DC.

Dalam pengukuran dan monitoring terhadap tegangan pada *trainer* ini menggunakan perangkat volt meter analog, dan volt meter analog ini memiliki jarum pengukur yang bergerak di sepanjang skala yang terhubung ke probe atau ujung kabel yang harus dihubungkan ke titik pengukuran tegangan. Untuk menggunakannya, dalam rangkaian instalasi pengukurannya tegangan pada *trainer* ini perlu menghubungkan ujung probe positif ke terminal positif sumber tegangan yang akan diukur, sedangkan ujung probe negatif dihubungkan ke terminal negatif sumber tegangan, atau pada rangkaian pengukuran tegangan ini biasa di sebut dengan rangkaian paralel. Kemudian jarum pada skala voltmeter akan bergerak dan menunjukkan tegangan yang sedang diukur. Dalam rangkaian instalasi juga dapat di ukur tegangan nya jika menggunakan rumus dari hukum ohm yaitu.

$$V = I \times R \dots \dots \dots (3)$$

Dimana;

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

R : Hambatan (Ohm)

2.4.4.2 Monitoring Arus

Pengukuran terhadap arus menggunakan ampere meter berikut



Gambar 2. 15 Ampere Meter
Sumber: dok pribadi

Stabilitas arus listrik dapat dilihat dan dimonitoring secara *relatime* pada trainer ini menggunakan komponen Ampere meter yang bisa dilihat pada gambar 1.18 di atas. Arus listrik adalah jumlah muatan listrik yang mengalir dari satu titik ke titik lain dalam satuan waktu atau dapat dikatakan jumlah aliran listrik. Monitoring arus listrik secara realtime bertujuan untuk memastikan bahwa arus listrik yang mengalir pada suatu rangkaian sesuai dengan yang diinginkan. Dengan memonitor arus listrik sesuai fitur yang disampaikan pada *trainer* ini, kita dapat mengetahui apakah terjadi overcurrent atau undercurrent yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik atau bahkan kebakaran. Selain itu, monitoring arus listrik secara realtime juga dapat membantu dalam mengoptimalkan penggunaan energi listrik dengan mengidentifikasi dalam variasi beban pada rangkaian *trainer* tidak berlebihan. Dengan mengetahui konsumsi energi listrik pada setiap waktu di gunakan maka kita dapat mengambil tindakan untuk mengurangi penggunaan energi listrik yang berlebihan dan menghemat biaya listrik. Dengan demikian, monitoring arus listrik secara realtime sangat penting untuk memastikan keamanan dan efisiensi penggunaan energi listrik.

Pada pengukuran arus listrik alat yang digunakan adalah ampere meter, terdapat dua jenis ampere meter yang ada di pasaran secara umum yaitu jenis analog dan digital, namun dalam *trainer* digunakan ampere meter analog dengan maksimal pengukuran berada di angka 30 Ampere. Ampere meter analog adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk

mengukur nilai arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian listrik. Ampere meter analog menggunakan jarum penunjuk nilai untuk menunjukkan nilai arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian. Cara kerja ampere meter analog didasarkan pada prinsip gaya magnet dan gaya Lorentz. Pada ampere meter analog, terdapat kumparan berlapis yang akan menghasilkan medan magnet ketika dialiri arus listrik. Medan magnet tersebut akan berinteraksi dengan medan magnet dari magnet tetap yang terdapat di dalam ampere meter analog, sehingga akan menghasilkan gaya pada jarum penunjuk. Gaya tersebut akan menyebabkan jarum penunjuk bergerak dan menunjukkan nilai arus listrik yang mengalir dalam rangkaian. Ampere meter analog harus dihubungkan secara seri pada rangkaian listrik yang akan diukur arusnya. Sebelum dihubungkan pada rangkaian listrik, rangkaian harus diputus terlebih dahulu. Setelah itu, terminal positif ampere meter analog dihubungkan pada terminal positif rangkaian, dan terminal negatif ampere meter analog dihubungkan pada terminal negatif rangkaian. Arus listrik akan mengalir melalui ampere meter analog dan menunjukkan nilai arus listrik yang mengalir dalam rangkaian. Pada suatu rangkaian arus listrik juga bisa di hitung dengan persamaan hukum ohm berikut.

$$I = \frac{v}{R} \dots \dots \dots (4)$$

- Rumus ini di gunakan jika yang di ketahui adalah tegangan (v) dan hambatan (r)

$$I = \frac{Q}{t} \dots \dots \dots (5)$$

- Rumus ini di gunakan jika yang di ketahui adalah muatan listrik (Q) dan Waktu (t)

Dimana;

- V : Tegangan (Volt)
- I : Arus (Ampere)
- R : Hambatan (Ohm)
- Q : Muatan Listrik (Coloumb)
- t : Waktu (Second)

2.4.4.3 *Monitoring Frekuensi*

Pengukuran frekuensi pada rangkain instalasi berikut



Gambar 2. 16 Frekuensi Meter

Sumber: dok pribadi

Trainer Sistem distribusi ini akan menggunakan Frekuensi meter untuk mengukur dan memonitoring frekuensi kerja rangkaian, dan gambar 1.19 di atas merupakan jenis yang di pakai pada trainer ini. Frekuensi pada sistem distribusi listrik adalah jumlah siklus per detik dari sinyal listrik AC (arus bolak-balik) yang dinyatakan dalam satuan Hertz (Hz). Pada sistem distribusi listrik, frekuensi listrik harus dijaga agar tetap stabil dan sesuai dengan standar yang berlaku di suatu negara. Monitoring frekuensi listrik secara realtime pada trainer sistem distribusi sangat penting untuk memastikan bahwa frekuensi listrik yang dihasilkan oleh generator listrik tetap stabil dan sesuai dengan standar yang berlaku. Jika frekuensi listrik tidak stabil, maka dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik dan bahkan dapat membahayakan keselamatan manusia. Oleh karena itu, monitoring frekuensi listrik secara realtime sangat penting untuk memastikan keamanan dan kualitas listrik yang dihasilkan oleh sistem distribusi.

2.4.4.4 *Monitoring Daya Listrik dan Faktor Daya*

Daya listrik adalah besar energi listrik yang digunakan untuk menghidupkan alat listrik. Daya listrik dalam alat ini adalah menghitung besar daya aktif. Adapun jenis daya listrik lainnya yaitu sebagai berikut.



Gambar 2. 17 Cos phi meter
Sumber: dok pribadi

1. Daya semu (S)

Daya semu merupakan daya listrik yang dihasilkan oleh sumber sebelum dibebani dengan peralatan atau komponen listrik. Daya semu merupakan hasil perkalian antara V_{rms} (tegangan efektif) dan juga I_{rms} (arus efektif). Daya semu dapat dihitung seperti yang tertera pada persamaan (1).

$$S = V \cdot I \dots \dots \dots (5)$$

S : daya semu (VA)
V : tegangan (Volt)
I : arus (A)

2. Daya aktif (P)

Daya aktif adalah daya yang benar-benar terukur pada beban, yaitu motor listrik 3 fasa. Perhitungan daya aktif 1 fasa tertera pada persamaan (2)[5].

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi \dots \dots \dots (6)$$

P : daya aktif (Watt)
V : tegangan (Volt)
I : arus (Ampere)
Cos ϕ : faktor daya

3. Daya reaktif (Q)

Daya reaktif merupakan daya yang menunjukkan adanya kerugian daya yang menggeser grafik sinusoidal akibat adanya beban reaktif. Daya reaktif memiliki fungsi yang sama dengan faktor daya atau $\cos\phi$. Untuk

mengetahui daya reaktif yang ada, dapat dihitung seperti pada Persamaan (3)[15].

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \dots\dots\dots(7)$$

Q : daya reaktif (VAR)
V : tegangan (Volt)
I : arus (A)

4. Faktor Daya

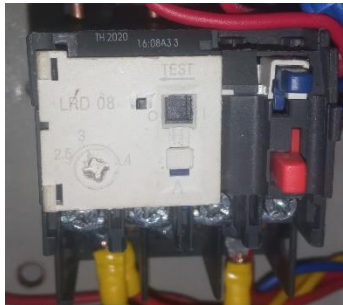
Beban reaktif dapat berupa beban kapasitif dan beban induktif. Motor induksi menghasilkan beban induktif sehingga dapat mengakibatkan pergeseran fasa. Besar sudut pergeseran fasa yang ada dapat diketahui dari nilai faktor daya. Perhitungan $\sin \varphi$ pada daya reaktif dapat dilakukan setelah mengetahui besar sudut dalam perubahan faktor daya, atau dapat dilakukan dengan perbandingan seperti pada Persamaan (4).

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \dots\dots\dots(8)$$

Q : daya reaktif (VAR)
S : daya semu (VA)
P : daya aktif (Watt)

2.4.5 Thermal Overload Relay (TOR)

Thermal Overload Relay (TOR) adalah sebuah alat pengaman pada rangkaian listrik yang berfungsi untuk melindungi rangkaian dari arus berlebih yang dapat mengakibatkan kerusakan pada rangkaian motor listrik. TOR bekerja dengan cara memutus arus listrik ke rangkaian jika mendeteksi arus yang masuk melebihi pengaturan. Prinsip kerja TOR didasarkan pada pemanasan bimetal ketika terjadi peningkatan arus listrik pada salah satu fasa. Ketika bimetal memuai, maka secara otomatis akan memutuskan kontak pada Auxiliary dan menyebabkan motor listrik mati. TOR banyak digunakan pada rangkaian kelistrikan dengan motor listrik dan menjadi komponen pengaman pada kontaktor utama atau pelindung. Penggunaan TOR sangat penting untuk memastikan keamanan dan kualitas listrik yang dihasilkan oleh sistem distribusi listrik. Monitoring TOR secara realtime pada trainer sistem distribusi listrik sangat penting untuk memastikan bahwa TOR berfungsi dengan baik dan dapat melindungi rangkaian dari arus berlebih penggunaan TOR dapat di gambarkan dengan gambar 2.21.



Gambar 2. 18 *Thermal Overload Relay*

Sumber: dok pribadi

Tabel 2. 10. Spesifikasi TOR

No.	Spesifikasi	
1	Sistem	<i>Overload protection</i>
2	Tegangan Operasi	220 VAC
3	Tegangan Input (Rekomendasi)	220 VAC
4	Tegangan Input (Limit)	210 VAC

2.4.6 Lampu indikator tegangan masing masing fasa

Lampu indikator pada rangkaian yang di gunakan pada *trainer* variasi beban sistem distribusi tenaga listrik berfungsi untuk menunjukkan ada atau tidaknya arus listrik yang terhubung pada sistem distribusi. Lampu indikator ini akan menyala ketika beban listrik pada sistem distribusi mengalir. Dengan adanya lampu indikator, kita dapat memantau listrik yang terhubung pada sistem distribusi secara realtime. Hal ini sangat penting untuk memastikan bahwa sistem distribusi listrik tidak mengalami kendala yang dapat menyebabkan tidak menyala nya rangkaian pada peralatan listrik dan bahkan kebakaran. Dengan memantau ada atau tiak nya sumber listrik yang mengalir pada rangkaian ini dapat memberikan indikasi dan tindakan yangg harus di lakukan ketika lampu indikator tidak bekerja. Oleh karena itu, lampu indikator pada rangkaian variasi beban pada trainer sistem distribusi tenaga listrik sangat penting

untuk memastikan keamanan dan kualitas listrik yang dihasilkan oleh sistem distribusi.



Gambar 2. 19 Lampu Indikator Masing-masing Fasa
Sumber: dok priadi

Tabel 2. 11. Spesifikasi

No.	Spesifikasi	
1	Nomor Model	EWIG
2	Fungsi	Memberi tanda operasi
3	Jumlah	3 buah

2.4.7 Selector Switch tegangan antar fasa

Selektor volt meter adalah sebuah alat yang digunakan untuk memilih skala pengukuran volt meter yang sesuai dengan besarnya tegangan listrik yang akan diukur. Selektor volt meter biasanya terdapat pada bagian depan volt meter dan terdiri dari beberapa skala pengukuran yang berbeda. Cara kerja selektor volt meter adalah dengan memilih skala pengukuran yang sesuai dengan besarnya tegangan listrik yang akan diukur. Setelah skala pengukuran dipilih, volt meter akan menunjukkan nilai tegangan listrik yang diukur pada layar pengukuran. Dengan adanya selektor volt meter, kita dapat memilih skala pengukuran yang sesuai

dengan besarnya tegangan listrik yang akan diukur, sehingga hasil pengukuran menjadi lebih akurat dan tidak merusak peralatan listrik.



Gambar 2. 20 Selektor Volt meter
Sumber: dok priadi

Tabel 2. 12 Spesifikasi selektor

No.	Spesifikasi	
1	Nomor Model	EWIG
2	Fungsi	Meindahkan pengukuran antar fasa atau fasa dan netral
3	Jumlah	1 buah

~ Halaman ini sengaja dikosongkan ~