

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian ini, agar memperoleh landasan teori yang ilmiah dengan menggali informasi pada penelitian-penelitian yang terkait sebagai bahan referensi yang meliputi jurnal ilmiah, artikel, buku dan literatur tulisan yang relevan.

Penelitian pertama terkait sistem *trainer* transmisi dan distribusi yaitu telah dilakukan oleh Prastika Sari pada tahun 2019 dengan judul “Pengembangan *Trainer-Kit Transmission Line Model TM 199* Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Kuliah Transmisi Dan Distribusi Tenaga Listrik Di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta” Penelitian ini untuk salah satu media pembelajaran yang berbentuk *trainer-kit* yang digunakan untuk simulasi saluran transmisi jarak menengah yang terdiri dari beberapa komponen seperti resistor, kapasitor, induktor, dan *fuse* sebagai komponen utamanya. Tujuan dari penelitian ini yaitu Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan unit *Trainer Transmission Line Model TM 199*. Cara kerja dari rangkaian ini yaitu dengan mengukur perbedaan tegangan dari *input* (V_s) dan *output* (V_r) yang disebabkan oleh komponen elektronika sehingga mensimulasikan adanya rugi-rugi pada rangkaian tersebut. Hasil dari penelitian ini yaitu adanya perbedaan nilai tegangan dari $V_s = 47$; $V_r = 43$, $I_s = 1,5$; $I_r = 1,5$ dan $P_s = 75$; $P_r = 60$ sehingga alat dapat bekerja dengan baik yang dapat digunakan untuk simulasi pembelajaran rugi-rugi pada suatu jaringan listrik. Penyebab dari adanya rugi-rugi tegangan sendiri memiliki beberapa faktor di antaranya adalah tegangan sistem, frekuensi, faktor daya, keandalan dan faktor beban.[2]

Pada penelitian kedua yaitu dilakukan oleh Tri Putra Yanto D, Ani P, dan jalinus N pada tahun 2023 dengan judul “*Training Kit* Kendali Motor Induksi berbasis *Inverter* Tiga Fasa: Analisis Uji Kelayakan” penelitian ini berkaitan pada sistem *trainer* sistem transmisi dan distribusi pada pembebanan yaitu motor listrik 3 fasa menggunakan VFD merupakan solusi untuk sistem kendali putaran pada motor sesuai bebannya atau sesuai nilai yang diinginkan dengan mengatur frekuensinya. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil analisis uji kelayakan untuk memastikan perangkat *trainer* yang dikembangkan

telah memenuhi dan kriteria sebagai peralatan praktikum di laboratorium. Pada penelitian ini perubahan set *point* frekuensi yang dilakukan di respon dengan perubahan tegangan pada *inverter* dan perubahan kecepatan putaran motor listrik 3 fasa. Pada penelitian ini semakin tinggi frekuensi, maka semakin tinggi juga tegangan dan putaran pada motor akan tetapi arus tetap konstan[3].

Pada penelitian ketiga dilakukan oleh Eka Nur Fahmianto pada tahun 2017 dengan judul “Perancangan Pembuatan Pengasut Pada Motor Kapasitor 1 Fasa” penelitian berkaitan pada *trainer* sistem transmisi dan distribusi untuk pembebanan yaitu menggunakan motor listrik 1 fasa. Pada penelitian tersebut menggunakan metode deskriptif kualitatif. Alat dibuat dengan terlebih dahulu dimana kemudian hasilnya dibandingkan dengan teori yang telah ada. Setelah itu baru dilakukan uji coba untuk mengetahui tingkat efisiensi alat tersebut. Motor kapasitor banyak digunakan baik dalam industri maupun rumah tangga. Namun motor ini tidak selalu bekerja pada beban penuh, Hal ini akan memperburuk kinerja dari motor kapasitor itu sendiri, salah satunya adalah turunnya faktor daya dan efisiensi motor kapasitor tersebut. Tujuan dari penelitian ini yaitu Pengasut motor kapasitor 1 fasa difungsikan sebagai penghemat energi/daya serta sebagai pengatur kecepatan putaran pada motor kapasitor 1 fasa. Hasil dari penelitian ini yaitu kapasitor 1 fasa dapat bekerja sesuai dengan perancangan dengan mengatur kecepatan putaran pada motor dan mampu menghemat energi/daya yang dibutuhkan dengan pengaturan kecepatan putaran pada motor[4].

Pada penelitian keempat dilakukan oleh Egar, Pekso, Soraya, Edo, dan Tegar pada tahun 2020 dengan judul “Motor 1 Fasa” penelitian ini tentang motor 1 fasa sebagaimana berkaitan dengan pembebanan pada sistem *trainer* transmisi dan distribusi. Pada penelitian ini dengan rumusan masalah yaitu cara kerja motor 1 fasa, pengaruh dari putar kanan atau putar kiri dan tujuan pada penelitian ini yaitu mengetahui tentang cara kerja dari motor 1 fasa dan mengetahui pengaruh dari membalik arah putaran pada motor 1 fasa. Hasil penelitian ini yaitu motor 1 fasa bekerja memiliki dua Kumparan stator, yaitu kumparan utama dan kumparan bantu. Kumparan utama berfungsi untuk membangkitkan medan magnet tetapi belum mempunyai resultan gaya yang cukup untuk memutar rotor, maka diperlukan kumparan bantu yang dihubungkan paralel seolah-olah motor mempunyai 2 fasa dengan begitu ada perbedaan fase diantara keduanya karna impedansi yang berbeda, tetapi belum menimbulkan

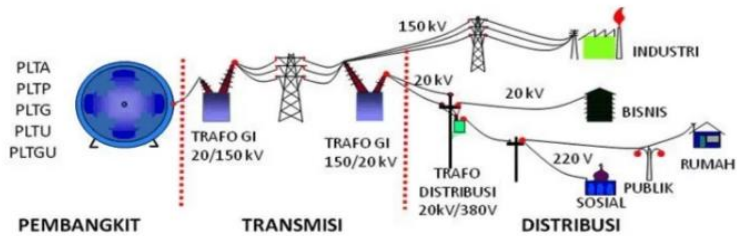
resultan gaya yang cukup untuk menggerakkan rotor. Maka dari itu dibutuhkan kapasitor untuk memperkuat salah satu medan magnet yang dapat menyebabkan terjadinya resultan gaya untuk menggerakkan motor. Pengaruh dari arah putaran pada motor listrik 1 fasa yaitu ketika putar searah jarum jam (*clockwise*) maka arus, daya dan RPM lebih besar dari pada berlawanan searah jarum jam (*counter clockwise*)[5].

Pada penelitian kelima yaitu dilakukan oleh Zondra .E dan Yuvenus .H pada tahun 2020 dengan judul “Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Satu Fasa Akibat Perubahan Besar Kapasitor”. Motor listrik seperti motor induksi satu fasa dengan jenis motor kapasitor permanen atau disebut juga dengan motor kapasitor *running* banyak digunakan untuk keperluan rumah tangga sebagai penggerak pada pompa air, kipas angin dan sebagainya. Motor induksi kapasitor permanen mempunyai kumparan bantu yang dihubungkan secara seri dengan sebuah kapasitor. Pada penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data yang digunakan dengan motor induksi satu fasa 125 Watt, 220 Volt, 50 Hz, 2800 rpm, dengan melakukan pengukuran untuk mendapatkan data-data pada pengukuran arus, daya dan faktor daya pada motor induksi satu fasa dengan kapasitor *variabe*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kapasitor pada motor induksi motor listrik menggunakan kapasitor variabel dengan pengujian nilai dari $1,5 \mu\text{F} - 60 \mu\text{F}$. Hasil penelitian ini yaitu semakin besar nilai kapasitor maka semakin tinggi juga arus, daya, faktor daya akan tetapi semakin kecil juga putaran (rpm) pada motor listrik induksi 1 fasa. Hal ini karena Semakin besar kapasitansi, semakin mudah frekuensi rendah berlalu [6].

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik adalah sekumpulan pusat listrik dan gardu induk (pusat beban) yang satu dengan yang lain dihubungkan oleh jaringan transmisi dan distribusi sehingga merupakan satu kesatuan yang terinterkoneksi. Suatu sistem tenaga listrik terdiri dari tiga bagian utama yaitu pusat pembangkit listrik, saluran transmisi dan sistem distribusi. Pusat pembangkit listrik merupakan kumpulan dari beberapa komponen baik mekanis maupun elektrik yang dipadukan menjadi satu sehingga menjadi pembangkit tenaga listrik.



Gambar 2.1 Ilustrasi Sistem Penyaluran Tenaga Listrik[7]

Pada gambar 2.1 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik merupakan penyaluran energi listrik dari suatu tempat ke tempat lainnya atau dari pembangkit listrik ke gardu induk. Sebelum energi listrik ditransmisikan, hal pertama yang harus dilakukan adalah menaikkan tegangan yang disuplai dari generator menjadi 70 kV, 150 kV atau 500 kV, sebab tegangan yang dikeluarkan dari generator hanya berkisar antara 6,6 kV sampai 24 kV. Menaikkan tegangan berfungsi untuk mengurangi rugi daya pada saluran transmisi. Energi listrik ditransmisikan melalui saluran udara tegangan tinggi (SUTT) atau melalui saluran udara tegangan ekstra tinggi (SUTET).

Sistem distribusi merupakan penyaluran energi listrik dari gardu induk ke konsumen. Terdapat 2 (dua) sistem distribusi yaitu distribusi primer dan distribusi sekunder. Distribusi primer, penyalurannya dimulai dari gardu induk (sisi sekunder trafo daya) ke gardu distribusi (sisi primer trafo distribusi) atau dari gardu induk langsung ke konsumen tegangan menengah 20 kV. Dimana tegangan tinggi terlebih dahulu diturunkan menjadi tegangan menengah sebesar 20 kV melalui transformator step down. Distribusi sekunder, penyalurannya dimulai dari gardu distribusi (sisi sekunder trafo distribusi) ke konsumen tegangan rendah. Energi tenaga listrik disalurkan melalui penyulang-penyulang yang berupa saluran udara ataupun saluran kabel bawah tanah. Penyulang distribusi terletak di gardu distribusi. Fungsi gardu distribusi untuk menurunkan tegangan distribusi primer menjadi tegangan rendah atau tegangan distribusi sekunder sebesar 220/380 V.

Secara umum, baik buruknya sistem penyaluran dan distribusi tenaga listrik terutama adalah ditinjau dari kualitas daya yang diterima oleh konsumen. Kualitas Daya yang baik, antara lain meliputi: kapasitas

daya yang memenuhi dan tegangan yang selalu konstan dan nominal. Tegangan harus selalu di jaga konstan terutama rugi tegangan yang terjadi di ujung saluran. Tegangan yang tidak stabil dapat berakibat merusak alat-alat yang peka terhadap perubahan tegangan (khususnya alat-alat elektronik). Demikian juga tegangan yang terlalu rendah akan mengakibatkan alat-alat listrik tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya. Salah satu syarat penyambungan alat-alat listrik, yaitu tegangan sumber harus sama dengan tegangan yang dibutuhkan oleh peralatan listrik tersebut. Tegangan terlalu tinggi akan dapat merusak alat-alat listrik begitu pun sebaliknya[1].

2.2.2 Sistem Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik

Penggunaan listrik pada konsumen di Indonesia berbeda-beda menyesuaikan peralatan yang akan digunakan sehingga sistem jaringan distribusi tenaga listrik dapat dibedakan berdasarkan tegangan, arus dan sistem penyaluran agar sesuai dengan kondisi kebutuhan beban listrik.

1) Tegangan

Berdasarkan besarnya tegangan, jaringan distribusi tenaga listrik dapat dibedakan menjadi 2 (dua) sistem, yaitu : sistem jaringan listrik distribusi primer dan sistem jaringan listrik distribusi sekunder.

a. Sistem Jaringan Distribusi Primer

Sistem jaringan distribusi primer atau sering disebut jaringan distribusi tegangan menengah (JDTM) merupakan jaringan listrik yang menghubungkan antara gardu jaringan transmisi ke gardu jaringan distribusi. Jaringan distribusi primer memiliki tegangan sistem lebih tinggi dari tegangan terpakai untuk konsumen industri rumah tangga. Konsumen pada jaringan ini yaitu industri menengah ke atas seperti industri yang berdaya besar. Standar tegangan untuk jaringan distribusi primer ini adalah 6 kV, 10 kV, dan 20 kV hingga (sesuai standar PLN). Sedangkan di Amerika Serikat standar tegangan untuk jaringan distribusi primer ini adalah 2,4 kV, 4,16 kV, dan 13,8 kV.

b. Sistem Jaringan Distribusi Sekunder

Rumah tangga atau industri usaha kelas menengah menggunakan jaringan ini karena kebutuhan spesifikasi dari peralatan yang di pakai. Sistem jaringan distribusi sekunder atau sering disebut jaringan distribusi

tegangan rendah (JDTR), merupakan jaringan yang berfungsi sebagai penyalur energi listrik dari gardu pembagi (gardu distribusi) ke pusat beban (konsumen tenaga listrik). Besarnya standar tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini adalah 127/220 V pada sistem lama, dan 220/380 V pada sistem baru untuk perumahan, serta 440/550 V untuk keperluan industri.

Berdasarkan tegangan pengenalnya, saluran distribusi tenaga listrik dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu : distribusi tegangan menengah dan distribusi tegangan rendah.

a) Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

Merupakan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) atau Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Sistem Distribusi ini menghubungkan trafo daya di gardu induk menuju gardu distribusi, berdasarkan tegangan yang disalurkan adalah 6 kV, 12 kV atau 20 kV.

b) Jaringan Tegangan Rendah (JTR)

Merupakan saluran kabel tegangan rendah yang salurannya biasa berupa SKTM/SUTM, yang menghubungkan gardu distribusi / trafo distribusi ke konsumen. Tegangan kerja pada sistem yang dipergunakan adalah 220 volt atau 380 volt

2) Arus

Berdasarkan sumber arus listrik maka sistem jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

a. Jaringan Distribusi AC

Jaringan distribusi arus bolak-balik (AC) paling banyak digunakan. Penyaluran energi listrik dari gardu induk ke konsumen tegangan menengah 20 kV menggunakan sistem 3 (tiga) fasa sedangkan penyaluran energi listrik dari gardu distribusi ke konsumen tegangan rendah seperti industri menggunakan sistem 3 fasa dengan tegangan 380 V, akan tetapi penyaluran energi listrik ke perumahan menggunakan sistem 1 fasa yaitu 220 V.

Kelebihan :

- 1) Dapat mengubah tegangannya, naik maupun turun.
- 2) Dapat mengatasi kesulitan dalam menyalurkan tenaga listrik untuk jarak jauh.
- 3) Dapat langsung digunakan untuk memparalelkan beberapa pusat pembangkit tenaga listrik.
- 4) Dapat menyalurkan tiga atau empat jenis tegangan dalam satu saluran, karena menggunakan sistem tiga fasa.

Kelemahan :

- 1) Untuk tegangan tinggi sering terjadi arus pemuatan (*charging current*).
- 2) Memerlukan stabilitas tegangan untuk kondisi dan sifat beban yang berubah-ubah.
- 3) Memerlukan tingkat isolasi yang tinggi untuk tegangan tinggi.
- 4) Terjadinya efek kulit (*skin effect*) pada induktansi dan kapasitansi untuk tegangan tinggi.

Sistem 3 fasa mempunyai kelebihan dibandingkan sistem 1 fasa, yaitu :

- 1) Daya yang disalurkan lebih besar
- 2) Nilai sesaat konstan
- 3) Medan magnet putarnya mudah diadakan

2.2.3 Sistem Operasi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sistem operasi jaringan distribusi tenaga listrik adalah segala kegiatan yang mencakup pengaturan, pembagian, pemindahan, dan penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit kepada konsumen dengan efektif serta menjamin kelangsungan penyalurannya/pelayanannya kepada konsumen/pelanggan.

Tolok ukur dari kegiatan sistem operasi jaringan distribusi tenaga listrik memiliki beberapa parameter, yaitu: mutu listrik, keandalan penyaluran tenaga listrik, keamanan dan keselamatan serta biaya operasional. Sedangkan faktor yang mempengaruhi sistem operasi jaringan distribusi tenaga listrik, adalah: kelangsungan penyaluran, ukuran tingkat penyaluran, stabilitas frekuensi, dan stabilitas tegangan pelayanan.

1) Mutu Listrik

Yang menjadi tolak ukur mutu listrik yaitu :

- a) Tegangan
Batas toleransi tegangan pelayanan yaitu pada konsumen TM adalah $\pm 5\%$, dan pada konsumen TR adalah maksimum 5% dan minimum 10% .
- b) Frekuensi
Batas toleransi frekuensi adalah $\pm 1\%$ dari frekuensi standar 50 Hz

2) Stabilitas Frekuensi

Penurunan frekuensi disebabkan karena berkurangnya secara tiba-tiba persediaan daya pada pusat pembangkit, jika terjadi pelepasan mesin. Sebaliknya, kejadian hubung singkat pada jaringan transmisi atau di tempat yang berdekatan dengan mesin pembangkit akan menyebabkan kenaikan frekuensi

3) Stabilitas Tegangan Pelayanan

Stabilitas tegangan layanan merupakan tanggung jawab perusahaan listrik untuk mempertahankan stabilitas tegangan pelayanan kepada konsumen. Untuk itu harus ditetapkan besarnya batas toleransi, yang antara lain ditentukan oleh fungsi teknis pemakai. Stabilitas tegangan layanan meliputi 2 (dua) macam masalah, yaitu :

- a. Gangguan pada tegangan normal
- b. Jatuh tegangan yang berlebihan

Gangguan pada tegangan normal disebabkan oleh:

- a) Manipulasi beban jaringan
- b) Motor asinkron
- c) Perubahan beban secara periodik/apperiodik
- d) Tanur Mesin Las

2.2.4 Gangguan Sistem Operasi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik yang andal dan energi listrik dengan kualitas yang baik serta memenuhi standar, mempunyai kontribusi yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat modern, karena peranannya yang dominan dibidang industri, telekomunikasi, teknologi informasi,

pertambahan, transportasi umum, dan lain-lain yang semuanya itu dapat beroperasi karena tersedianya energi listrik

Pemadaman listrik yang terlalu sering dengan waktu padam yang lama dan tegangan listrik yang tidak stabil, merupakan refleksi dari keandalan dan kualitas listrik yang kurang baik, dimana akibatnya dapat dirasakan secara langsung oleh pelanggan/konsumen.

Gangguan yang terjadi pada sistem Operasi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik, adalah: gangguan pada sistem frekuensi, gangguan pada sistem tegangan, dan gangguan pada sistem interupsi atau pemadaman listrik

1) Gangguan pada sistem frekuensi

Jumlah siklus Arus Bolak-Balik (*Alternating Current, AC*) per detik. Beberapa negara termasuk Indonesia menggunakan frekuensi listrik standar, sebesar 50 Hz. Frekuensi listrik ditentukan oleh kecepatan perputaran dari turbin sebagai penggerak mula. Contoh dari akibat frekuensi listrik yang tidak stabil akan mengakibatkan perputaran motor listrik sebagai penggerak mesin produksi di industri manufaktur juga tidak stabil, hal ini akan mengganggu proses produksi.

Selain itu adalah terputusnya pengiriman data yang tidak sesuai lebar pita (*bandwith*) karena terjadi gangguan frekuensi pada jaringan PLN. Gangguan yang terjadi pada sistem frekuensi, adalah :

a. Penyimpangan terus-menerus (*Continuous Deviation*)

Frekuensi yang berada diluar batas pada saat yang lama (secara terus-menerus), frekuensi standar 50 Hz dengan toleransi $\pm 0,6$ Hz, yaitu : (49,4 – 50,6 Hz)

b. Penyimpangan sementara (*Transient Deviation*)

Penurunan atau naiknya frekuensi secara tiba-tiba dan sesaat

2) Gangguan pada sistem tegangan

Tegangan yang baik adalah tegangan yang tetap stabil pada nilai yang telah ditentukan. Walaupun terjadinya fluktuasi (ketidak stabilan) pada tegangan ini tidak dapat di hindarkan, tetapi dapat di minimalkan. Gangguan yang terjadi pada sistem tegangan, adalah :

a. Fluktuasi Tegangan

Fluktuasi tegangan dapat terjadi akibat 3 (tiga) hal yaitu: tegangan lebih, tegangan turun, dan tegangan getar.

b. Tegangan Lebih

Tegangan lebih biasanya disebabkan karena eksitasi yang berlebihan pada generator listrik (*Over Excitation*), sambaran petir pada saluran

transmisi, proses pengaturan atau beban kapasitif yang berlebihan pada sistem distribusi. Peralatan yang dipengaruhi saat terjadi tegangan lebih adalah *Transformer*, Motor Listrik, Kapasitor Daya dan Peralatan Kontrol yang menggunakan coil/kumparan seperti Solenoid *Valve*, Magnetik *Switch* dan *Relay*.

c. Tegangan Turun

Tegangan turun pada sistem akan mengakibatkan berkurangnya intensitas cahaya (redup) pada peralatan penerangan; bergetar dan terjadi kesalahan operasi pada peralatan kontrol seperti menurunnya torsi pada saat start (*Starting Torque*) pada motor listrik. Tegangan turun biasanya disebabkan oleh kurangnya eksitasi pada generator listrik (*Drop Excitation*), saluran transmisi yang terlalu panjang, jarak beban yang terlalu jauh dari pusat distribusi atau peralatan yang sudah berlebihan beban kapasitifnya.

d. Tegangan Kedip

Turunnya tegangan umumnya dengan toleransi $\pm 20\%$ dalam periode waktu yang sangat singkat (dalam *milli second*). Penyebabnya adalah hubungan singkat (*Short Circuit*) antara fasa dengan tanah atau fasa dengan fasa pada jaringan distribusi.

e. Tegangan Harmonik

Tegangan harmonik dapat mengakibatkan: panas yang berlebihan, getaran keras, suara berisik dan terbakar pada peralatan capacitor reactor (*power capacitor*), motor listrik, elevator dan peralatan-peralatan kontrol akan terjadi suara berisik, getaran yang tinggi, panas yang berlebihan dan kesalahan operasi. Cara mengurangi pengaruh terhadap tegangan harmonik yang terjadi pada sistem adalah dengan memasang Harmonic Filter yang sesuai pada peralatan yang dapat menyebabkan timbulnya harmonik seperti arus Magnetisasi *Transformer*, *Static VAR Compensator* dan peralatan elektronika daya, seperti : *Inverter*, *Rectifier*, *Converter dll*

f. Ketidak Seimbangan Tegangan

Ketidak Seimbangan Tegangan terjadi karena pada sistem distribusi pembebanan fasa yang tidak merata. Gangguan tegangan tersebut dapat menyebabkan peralatan yang menggunakan listrik, beroperasi secara

tidak normal dan yang paling fatal adalah kerusakan atau terbakarnya peralatan.

2.2.5 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. 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.

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. Pengaturannya menggunakan variabel frekuensi untuk meningkatkan kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. 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[8].

Motor listrik arus AC dibagi menjadi motor sinkron dan motor asinkron (induksi). 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.

2.2.6 Komponen Alat *Trainer* Transmisi dan Distribusi Listrik

1) Alat ukur

a. Ammeter

Ammeter atau ampere meter merupakan alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik dalam suatu rangkaian. Ammeter pada *Trainer* ini digunakan untuk pengukuran dan pemantauan arus listrik yang mengalir pada setiap fasa pada suatu sistem listrik tiga fasa. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa arus pada masing-masing fasa sesuai dengan nilai yang diharapkan dan tidak melebihi batas yang telah ditentukan.



Gambar 2.2 Ampere meter
Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.1 Spesifikasi Ampere meter

| No. | Spesifikasi | |
|-----|--------------------|------------|
| 1 | Merk & Nomor Model | KDE – 72AM |
| 2 | Arus maksimal | 20A |
| 3 | Jenis | Analog |

b. Voltmeter

Voltmeter merupakan alat ukur listrik yang di gunakan untuk mengukur tegangan pada suatu rangkaian listrik. pada *Trainer* ini digunakan sebagai monitoring tegangan masing-masing fasa untuk sistem 3 fasa.



Gambar 2.3 Voltmeter
Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.2 Spesifikasi Voltmeter

| No. | Spesifikasi | |
|-----|--------------------|------------|
| 1 | Merk & Nomor Model | TAB – SF72 |
| 2 | Tegangan maksimal | 500 V |
| 3 | Jenis | Analog |

c. *Chos Phi* meter

Chos Phi meter adalah alat yang digunakan untuk mengetahui besarnya faktor daya (*power factor*) yang merupakan beda fasa antara tegangan dan arus[9]. *Trainer* menggunakan motor listrik 1 fasa dan 3 fasa sebagai beban pada sistem distribusi listrik. Motor induksi menghasilkan beban induktif sehingga dapat mengakibatkan pergeseran fasa. Besar sudut pergeseran fasa yang ada dapat diketahui dari nilai faktor daya.



Gambar 2.4 Chos Phi meter
Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.3 Spesifikasi Chos Phi meter

| No. | Spesifikasi | |
|-----|-------------------------------|------------|
| 1 | <i>Merk & Nomor Model</i> | TAB – SF96 |
| 2 | <i>Tegangan/CT</i> | 380V/5A |
| 3 | <i>Range</i> | 0.5- 1.0 |
| 4 | <i>Jenis</i> | Analog |

d. Frekuensi meter

Frekuensi meter merupakan alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur suatu frekuensi. Frekuensi listrik mengacu pada jumlah siklus atau putaran arus listrik yang terjadi dalam satu detik. Pada sistem listrik AC (*alternating current*) di Indonesia dengan standar frekuensi yaitu 50 Hz.



Gambar 2.5 Frekuensi meter
Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.4 Spesifikasi frekuensi meter

| No. | Spesifikasi | |
|-----|-------------------------------|------------|
| 1 | <i>Merk & Nomor Model</i> | TAB – SF96 |
| 2 | <i>Tegangan</i> | 220V |
| 3 | <i>Range</i> | 45-65 Hz |
| 4 | <i>Jenis</i> | Analog |

e. *Watt meter*

Watt meter menggunakan PZEM 022 merupakan alat ukur listrik multifungsi yang dapat digunakan untuk mengukur tegangan, arus, frekuensi, daya dan pemakaian energi pada suatu rangkaian listrik.

Tabel 2.5 Spesifikasi *Watt meter*

| No. | Spesifikasi | |
|-----|-------------|----------|
| 1 | Type | Pzem 022 |
| 2 | Arus | 100 A |
| 3 | Tegangan | 80-260 V |

2) Proteksi

a. *No Fuse Breaker* (NFB)

No Fuse Breaker atau pemutus arus tanpa sekering adalah alat pengaman instalasi listrik yang menggunakan metode *thermal* atau magnetik untuk memutus aliran listrik. Fungsi utama NFB adalah untuk melindungi rangkaian listrik dari potensi bahaya yang bisa terjadi karena *overcurrent* (arus berlebih) atau *short circuit* (hubung singkat). Prinsip kerja NFB yaitu ketika terjadi korsleting listrik, arus yang mengalir akan meningkat secara tiba-tiba kemudian akan menginduksi koil yang ada di dalam NFB mengubahnya menjadi magnet induksi menyebabkan koil tersebut menarik kontak saklar yang terbuat dari logam sehingga memutuskan aliran listrik[10].



Gambar 2.6 *No Fuse Breaker*
Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.6 Spesifikasi NFB

| No. | Spesifikasi | |
|-----|--------------------|-------------|
| 1 | Merk & Nomor Model | INS-NF05 |
| 2 | Rating Arus | 50 A |
| 3 | Tegangan | 600 V – 6kV |

b. *Miniature Circuit Breaker* (MCB)

Miniature Circuit Breaker atau MCB adalah komponen listrik yang berfungsi untuk pengaman dengan memutus aliran listrik ketika terjadi beban lebih dan hubungan singkat arus listrik pada suatu rangkaian. MCB terdapat 3 jenis untuk mengaman fasa atau kabel yang bertegangan, yaitu 1 fasa, 2 fasa dan 3 fasa. MCB 1 fasa yaitu untuk mengaman rangkaian bertegangan dengan *range* tegangan 220V yang mempunyai 1 kutub sedangkan MCB 3 fasa yaitu untuk mengaman rangkaian dengan *range* tegangan 380V yang mempunyai 3 kutub.

Prinsip kerja MCB yaitu ketika terjadi hubung singkat arus listrik mengalir melalui bimetal menyebabkan suhu bimetal menjadi tinggi. Suhu panas tersebut mengakibatkan Bimetal melengkung maka konektor yang terkait pada bimetal tidak akan terkait sehingga memutuskan arus listrik.



Gambar 2.7 MCB 3 Fasa dan 1 Fasa

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.7 Spesifikasi MCB 1 Fasa & 3 Fasa

| No. | Spesifikasi MCB 1P | |
|-----|--------------------|------------|
| 1 | Merk & Nomor Model | Chint – eB |
| 2 | Arus maksimal | 4A |
| 3 | Tegangan | 230/400V~ |

| No. | Spesifikasi MCB 3P | |
|-----|--------------------|-----------------|
| 1 | Merk & Nomor Model | Schneider– C60H |
| 2 | Arus maksimal | 6A |
| | Tegangan | 400V~ |

c. *Thermal Overload Relay (TOR)*

Thermal Overload Relay (TOR) merupakan Alat pengaman yang digunakan bila pada motor terjadi beban lebih. TOR dihubungkan pada kontaktor ke kontak utama 2, 4, dan 6 sebelum dihubungkan ke beban (motor). Gunanya untuk memberikan perlindungan terhadap motor dari kerusakan akibat beban lebih.

Beberapa penyebab terjadinya beban lebih adalah

- Terlalu besarnya beban mekanik pada motor.
- Arus start yang terlalu besar atau motor berhenti secara mendadak.
- Terbukanya salah satu fasa dari motor 3 fasa.

Prinsip kerja *Thermal Over Load Relay (TOR)* yaitu panas (temperatur) yang ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui elemen-elemen pemanas bimetal, yang mengakibatkan bimetal melengkung selanjutnya akan menggerakkan kontak-kontak mekanik pemutus rangkaian listrik kontak 95 – 96 membuka dan kontak 97 – 98 menutup[11].



Gambar 2.8 *Thermal Overload Relay*

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.8 Spesifikasi *Thermal Overload Relay*

| No. | Spesifikasi <i>Thermal Overload Relay</i> | |
|-----|---|----------|
| 1 | Merk & Nomor Model | TAB |
| 2 | Tegangan | 220/500V |

3) Kontrol

a. *Magnetic Contactor (MC)*

Magnetic Contactor (MC) atau kontaktor magnet adalah sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan, artinya saklar ini dapat bekerja apabila ada gaya kemagnetan yang ditimbulkan ketika adanya arus listrik. Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak-kontak. Sebuah kontaktor mampu mengalirkan dan memutuskan arus listrik dalam keadaan normal. Arus listrik yang mengalir secara normal adalah arus listrik yang mengalir selama pemutusan tidak terjadi. Kumparan magnet kontaktor (coil) dapat dirancang untuk arus searah (DC) atau arus bolak-balik (AC).

Biasanya pada kontaktor terdapat beberapa kontak, yaitu kontak normal terbuka (*normaly open/ NO*) dan kontak normal tertutup (*normaly close/ NC*). Kontak NO berarti saat kontaktor belum bekerja kedudukannya membuka dan bila kontaktor bekerja kedudukan kontakannya menutup/menghubung. Jadi fungsi kontak NO dan NC berlawanan.

Fungsi kontak-kontak tersebut terdiri dari kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama terdiri dari kontak NO dan kontak bantu terdiri dari kontak NO dan NC. Kontruksi dari kontak utama berbeda dengan kontak bantu, dimana kontak utama mempunyai luas permukaan yang luas dan tebal. Sedangkan kontak bantu luas permukaannya kecil dan tipis[11].



Gambar 2.9 *Magnetic Contactor*

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.9 Spesifikasi *Magnetic Contactor*

| No. | Spesifikasi <i>Magnetic Contactor</i> | |
|-----|---------------------------------------|-----------|
| 1 | Merk & Nomor Model | Schneider |
| 2 | Tegangan Kontrol | 220 VAC |
| 3 | Frekuensi | 50/60 Hz |

b. *Push Button* (PB)

Push button atau tombol tekan merupakan sakelar tekan untuk mengontrol motor listrik. Pada *Push button* terdapat 2 kontak yaitu kontak normal tertutup atau *Normaly Close* (NC) dan kontak normal terbuka atau *Normaly Open* (NO).

Kontak NO akan menutup, jika tombol ditekan dan kontak NC akan membuka bila tombol ditekan. Tombol tekan NO digunakan untuk start sedangkan tombol tekan NC digunakan untuk stop.



Gambar 2.10 *Push Button* (PB)

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.10 Spesifikasi *Push Button* (PB)

| No. | Spesifikasi <i>Magnetic Contactor</i> | |
|-----|---------------------------------------|---------|
| 1 | <i>Merk & Nomor Model</i> | EWIG |
| 2 | Tegangan | 220 VAC |

c. *Voltmeter selector switch*

Voltmeter selector switch merupakan sakelar tegangan untuk memilih parameter pengukuran tegangan antar fasa (R-S, S-T, R-T) maupun fasa antar netral (R-N, T-N, S-N).



Gambar 2.11 *Voltmeter selector switch*

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.11 Voltmeter selector switch

| No. | Spesifikasi <i>Magnetic Contactor</i> | |
|-----|---------------------------------------|----------|
| 1 | <i>Merk & Nomor Model</i> | TAB |
| 2 | Tegangan | 220/500V |

d. *Current Transformator (CT)*

Trafo Arus atau *Current Transformer (CT)* yaitu peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik yang berskala besar dengan menurunkan arus untuk keperluan pengukuran pada ammeter. Fungsi dari Trafo CT yaitu untuk mengukur arus yang mengalir dalam sebuah rangkaian pada pembacaan ammeter serta sebagai proteksi pada suatu peralatan[12].

Gambar 2. 12 *Current Transformator (CT)*

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.12 Spesifikasi *Current Transformator (CT)*

| No. | Spesifikasi | |
|-----|-------------------------------|------------|
| 1 | <i>Merk & Nomor Model</i> | TAB |
| 2 | Rating | 400 V / 5A |

e. *Variable Frequency Drive (VFD)*

Variable Frequency Drive (VFD) atau *Variable Speed Drive (VSD)* merupakan alat yang digunakan untuk mengatur frekuensi tegangan listrik AC agar kecepatan putaran motor listrik dapat disesuaikan[13].



Gambar 2.13 *Variable Frequency Drive (VFD)*

Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.13 Spesifikasi *Variable Frequency Drive (VFD)*

| No. | Spesifikasi | |
|-----|------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Merk & Nomor Model | Mitsubishi Electric Series E-740 |
| 2 | Tegangan <i>Input</i> | 380-480VAC |
| 3 | Frekuensi <i>Input</i> | 50/60 Hz |
| 4 | Tegangan <i>Output</i> | 380-480VAC |
| 5 | Range Frekuensi | 0-400 Hz |
| 6 | Kapasitas | 0.75 kW |

4) Indikator

Lampu-lampu indikator adalah komponen yang digunakan sebagai lampu tanda. Lampu tersebut digunakan untuk berbagai keperluan misalnya untuk lampu indikator pada panel penunjuk fasa R, S dan T atau L1, L2 dan L3 dan sebagai indikasi bekerjanya suatu sistem kontrol maupun proteksi pada suatu rangkaian.



Gambar 2.14 Lampu Indikator

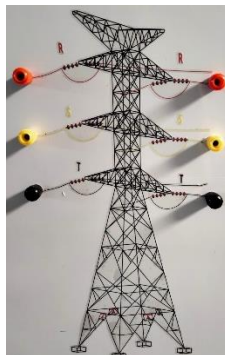
Sumber : Dokumen Pribadi

Tabel 2.14 Spesifikasi Lampu Indikator

| No. | Spesifikasi | |
|-----|--------------------|---------|
| 1 | Merk & Nomor Model | EWIG |
| 2 | Tegangan | 220 VAC |

5) Tower Transmisi SUTT

Tower Transmisi Saluran udara tegangan tinggi merupakan saluran transmisi antar wilayah dengan distribusi tegangan 70-150 kV. Jaringan ini menuju pelanggan distribusi primer seperti pabrik skala besar dan suatu wilayah dengan pelanggan sekunder seperti industri menengah dan area sipil. *Trainer* ini menggunakan jenis stiker sebagai gambaran bentuk *tower* transmisi SUTT dengan jalur fasa menggunakan *plug male banana* 4mm² dan dengan *supplay* tegangan 380 VAC PLN



Gambar 2.15 Tower Transmisi SUTT

Sumber : Dokumen Pribadi

~Halaman ini Sengaja Dikosongkan~