

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Agus Saputra, Syukriyadin, Mahdi Syukri yang berjudul “Perancangan Rangkaian Pengasutan *Soft Starting* Pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Arduino Nano”, adalah Hasil pengujian menunjukkan bahwa rangkaian *Soft Starting* berhasil menurunkan arus awal motor. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan rangkaian ke motor induksi 3 fasa dan mengamati bentuk gelombang, nilai tegangan, dan arus. Terdapat variasi delay penyalan dari 8 ms hingga 0 ms, dan hasilnya menunjukkan bahwa gelombang tegangan *output* sesuai dengan yang diharapkan. Data pengukuran menunjukkan lonjakan arus tertinggi saat motor tanpa beban adalah 0,77 A, sedangkan saat berbeban adalah 1,75 A. Jika dibandingkan dengan metode Direct On Line (DOL), arus yang dihasilkan adalah 1,45 A saat tanpa beban dan 2,64 A saat berbeban. Ini menunjukkan bahwa rangkaian *Soft Starting* yang dirancang mampu mengurangi arus pengasutan motor induksi 3 fasa secara signifikan (Saputra et al., 2017).

Kemudian berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yoki Rijal Fauzi yang berjudul “ Perancangan *Soft Starting* Pada Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroler ATmega328 ”, Adalah Modul *Soft Starting* yang dibuat bisa digunakan untuk motor induksi 3 fasa dengan spesifikasi maksimal 2 HP untuk menjaga komponen dari arus *start* yang dihasilkan, dengan lama waktu proses *Soft Starting* maksimal 25 detik dan memiliki rating kerja alat dengan arus maksimal 12 A dan tegangan maksimal 600 V AC, rating ini berdasarkan rating triac sebagai komponen utama rangkaian daya kendali tegangan AC (Fauzi, 2017).

Lalu berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muhamad Galih Maulana yang berjudul “ Rancang Bangun *Soft Starting* Motor Induksi Tiga Fasa ”, Adalah Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem *Soft Starting* yang dirancang berhasil mengurangi lonjakan arus saat motor dinyalakan. Pengujian menunjukkan bahwa arus awal dapat ditekan hingga tingkat yang aman, sehingga mengurangi risiko kerusakan pada motor dan komponen lainnya. Sistem ini tidak hanya efektif dalam mengurangi lonjakan arus, tetapi juga dapat diimplementasikan dalam

berbagai aplikasi industri yang menggunakan motor induksi (Maulana, 2023).

Kekurangan dari penelitian sebelumnya yang saya pelajari adalah pada fleksibilitas penggunaan *soft starter* dimana satu buah *soft starter* hanya dapat mengoperasikan satu buah motor sehingga saya melakukan suatu inovasi dimana bertujuan untuk membuat penggunaan modul *soft starter* menjadi lebih fleksibel dan efisien. Penelitian yang akan dilakukan berjudul rancang bangun autotransfer *soft starter* untuk pengoperasian 3 buah motor induksi 3 phasa, yang mana penelitian ini bertujuan untuk mengurangi lonjakan arus pada saat motor dinyalakan. Salah satu komponen utama pada penelitian ini yakni *soft starter* dengan series ABB *soft starter* PSR6-600-70 4KW. Pada penelitian ini juga dilengkapi oleh sistem autotransfer yang memanfaatkan fungsi relay timer. Dengan demikian penggunaan modul *soft starter* yang telah dilengkapi autotransfer akan lebih efisien, sebab dalam pengoperasiannya dapat digunakan untuk beberapa motor induksi hanya dengan 1 unit modul *soft starter*.

Tabel 2.1 Perbandingan variabel penelitian

No	Peneliti	Judul	Komponen	Hasil
1	Agus Saputra, Syukriyadin, Mahdi Syukri (2017)	Perancangan Rangkaian Pengasutan <i>Soft Starting</i> Pada Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Arduino Nano	Thyristor, Arduino Nano, Zero Crossing Detector, Motor Induksi 3 fasa, Potensiometer	Rangkaian <i>soft starting</i> berhasil menurunkan arus <i>starting</i> dari metode DOL sebesar 1,45 A (tanpa beban) dan 2,64 A (berbeban) menjadi 0,77 A (tanpa beban) dan 1,75 A (berbeban). Hasil ini menunjukkan efektivitas rangkaian dalam mengontrol tegangan input secara bertahap dan mengurangi lonjakan arus pada motor induksi.
2	Yoki Rijal Fauzi (2017)	Perancangan <i>Soft Starting</i> Pada Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Mikrokontroler ATmega328	Triac BT138, Optocoupler MOC3021, Mikrokontroler ATmega328 (Arduino Uno), Zero Crossing Detector (PC817), LCD dan Tombol Input	Tegangan input motor induksi diatur secara bertahap dari 1% hingga 100% dengan pengaturan waktu <i>soft start</i> antara 4 detik hingga 25 detik. Sistem ini berhasil menurunkan arus <i>starting</i> dan membuat proses pengasutan lebih halus dibandingkan metode

No	Peneliti	Judul	Komponen	Hasil
				DOL dan Wye-Delta. Dengan adanya kontrol tegangan yang bertahap, lonjakan arus awal dapat dikendalikan sehingga kinerja motor induksi menjadi lebih stabil.
3	Muhamad Galih Maulana (2023)	Rancang Bangun Soft <i>Starting</i> Motor Induksi Tiga Fasa	Miniature Circuit Breaker (MCB), Thermal Overload Relay (TOR), Kontaktor, <i>Soft starter</i>	Sistem <i>soft starter</i> yang dirancang berfungsi sesuai dengan standar yang diharapkan. Pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat mengontrol arus saat motor dinyalakan, sehingga mengurangi arus pengasutan yang tinggi dan meningkatkan efisiensi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Autotransfer

Auto Transfer Switch (ATS) adalah perangkat yang berpindah secara otomatis sumber tenaga listrik dari sumber utamanya ke sumber cadangan apabila menjadi sumber utama gagal atau rusak. Ketika sistem tenaga primer mengalami kegagalan, ATS akan mengaktifkan sumber daya siaga, seperti catu daya yang tidak pernah terputus (Sayeduzzaman & Mahmud, 2022).

Biasanya autotransfer digunakan pada sistem ATS dimana autotransfer di *trigger* oleh kehilangan sumber utama, sedangkan pada penelitian ini autotransfer akan di *trigger* oleh timer yang akan memutus dan menghubungkan kontaktor yang digunakan pada penelitian ini. Sehingga motor akan beroperasi secara *soft starter* dengan berurutan.

2.2.2 Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi (MI) merupakan alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar (Syaprudin et al., 2023a). Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit (air gap) dengan jarak antara 0,4 mm sampai 4 mm. Tipe dari motor induksi tiga fasa berdasarkan lilitan pada rotor dibagi menjadi dua macam yaitu rotor belitan (*wound rotor*) adalah tipe

motor induksi yang memiliki rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya dan rotor sangkar tupai (*Squirrel-cage rotor*) yaitu tipe motor induksi dimana konstruksi rotor tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung singkat dengan batangan logam yang lain.



Gambar 2.1 Motor induksi 3 phasa

2.2.3 *Soft starter*

Soft starter adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk memulai secara bertahap (*soft*) motor induksi tiga fasa. Tujuannya adalah untuk mengurangi tingkat beban yang diterima oleh motor saat dimulai dan memperlambat tingkat naiknya arus pada saat *start-up*. Metode *Soft Starting* ini menjadi solusi atas tingginya nilai arus saat motor induksi dan merupakan metode yang nilai arusnya rendah (Dwi Nugraha & Andi Dwi Andre, 2022; Syaprudin et al., 2023a). Ini berarti bahwa daya yang diterima oleh motor saat dimulai bertahap, sehingga memperlambat tingkat kenaikan tegangan dan meminimalkan beban pada sistem kelistrikan dan mekanikal. Pada *soft starter* yang saya gunakan memiliki settingan sudut penyalan mulai dari 40%-70% ini merupakan pengaturan tegangan starting yang diberikan oleh modul *soft starter*.



Gambar 2.2 *Soft starter*

2.2.4 *Phase Failure Relay (PFR)*

Phase Failure Relay (PFR) adalah perangkat kontrol memantau kondisi tegangan tiga fase yang mengalir melalui sistem kontrol. Pengontrol keselamatan untuk melindungi pengontrol dari situasi/kondisi tegangan yang salah seperti; Fasa pada instalasi 1, 2, atau semua 3 fase hilang. Diluar urutan fase tegangan kurang tegangan lebih. Jika terjadi situasi abnormal dalam waktu yang ditentukan kontak rele kontrol PFR akan berubah secara otomatis seperti perubahan peralatan kontrol lainnya dan NO akan menjadi NC dan sebaliknya. apabila dalam jangka waktu setting ada perubahan kontak setelah situasi abnormal tersebut dapat disetting. Jika toleransi diatur dalam 30 detik maka waktu menjadi abnormal dan rele mendeteksi perubahan. Perbedaan pada rele proteksi NJYB315 adalah pada saat rangkaian motor terhubung *start-delta* mendeteksi gangguan internal dari fasa R, S dan T (Syaprudin et al., 2023b).



Gambar 2.3 Phase Failure Relay (PFR)

2.2.5 *Kontaktor*

Kontaktor merupakan komponen listrik yang bekerja menggunakan prinsip induksi elektromagnetik (Atmam et al., 2018). Kontaktor berfungsi untuk

menyambungkan atau memutuskan arus listrik AC dengan daya listrik besar yang diaplikasikan untuk kendali motor listrik (Atmam et al., 2018). Adapun bagian - bagian kontaktor yaitu kontak utama diberi nama L1,L2,L3, Kumparan magnet di beri nama A1 dan A2, dan Kontak bantu *Normally open* (NO) dan *Normally Close* (NC).



Gambar 2.4 Kontaktor

2.2.6 Thermal Overload Relay (TOR)

Thermal Overload Relay (TOR) adalah untuk memproteksi motor listrik dari beban berlebih (Khabib et al., 2023). Thermal Overload Relay pemutus bimetal akan bekerja sesuai dengan batas arus yang di setting, semakin tinggi kenaikan suhu yang menyebabkan puntiran, maka pemutus yang sedang berlangsung akan terjadi, sehingga mesin akan berhenti (Khabib et al., 2023). Komponen utama dari gerbang adalah bimetal, dua bahan logam yang memiliki koefisien muai berbeda. Jika ada panas, mereka mengatakan bahwa dua logam memuai untuk membengkokkan diri jika arus yang mengalir ke bimetal terlalu tinggi. Karakteristik ini digunakan untuk memutuskan arus yang mengalir. Gerbang dipasang pada kontak utama dengan beban ke kontak utama kontaktor. Dengan demikian, pelat listrik dengan gerbang diisi dengan arus yang sangat besar. Gerbang ini membengkok dan arus berhenti. Untuk mengatur besarnya arus maksimum yang dapat melewati TOR, dapat diatur dengan memutar penentu arus dengan menggunakan obeng sampai didapat nilai yang diinginkan. Di dalam penggunaanya sesuai dengan puil 2000 pasal 5.5.4.3 untuk menentukan proteksi hubung pendek atau lebih yang mana nilai proteksinya tidak boleh lebih dari nilai pengenalan setelan gawai proteksi sirkuit akhir motor yang tertinggi di tambah jumlah arus beban penuh semua motor lain yang terdapat pada sirkuit tersebut.



Gambar 2.5 Thermal Overload Relay

2.2.7 Relay timer

Relay timer atau relay penunda batas waktu, banyak digunakan dalam instalasi motor listrik terutama instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis (Aryono & Mislan, 2012). Relay timer berfungsi sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. Relay timer ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor, dimana bagian input biasanya dinyatakan sebagai kumparan (*coil*) dan bagian *output* sebagai kontak NO atau NC.



Gambar 2.6 Relay timer

2.2.8 Power meter

Power meter adalah suatu peralatan digital yang multi fungsi. *Power meter* dapat menggantikan bermacam-macam alat ukur meter, relay, transduser, dan komponen-komponen lainnya. *Power meter* itu menggunakan komunikasi RS485 yang dilengkapi dengan pengintegrasian dalam setiap pemantauan daya dan sistem kendali (Yusana Badruzzaman, 2012).



Gambar 2.7 Power meter

2.2.9 Current transformer

Current transformer (CT) adalah komponen kelistrikan yang digunakan untuk mentransfer daya listrik dari suatu rangkaian ke sirkuit lain tanpa mengubah frekuensinya dengan memanfaatkan induksi magnetik (Sutrisno et al., 2022). Trafo Arus (*Current Transformator*) yaitu peralatan yang digunakan untuk melakukan pengukuran besaran arus pada instalasi tenaga listrik disisi primer (TET, TT dan TM) yang berskala besar dengan melakukan transformasi dari besaran arus yang besar menjadi besaran arus yang kecil secara akurat dan teliti untuk keperluan pengukuran dan proteksi.



Gambar 2.8 Current transformer (CT)

2.2.10 *Relay*

Relay adalah suatu peralatan elektronik yang berfungsi untuk memutuskan atau menghubungkan suatu rangkaian listrik yang satu yang lainnya. Relay merupakan salah satu peralatan listrik yang prinsip kerjanya mengacu pada induksi medan elektromagnetis. Bila sebuah penghantar atau pada relay merupakan kawat tembaga dialiri dengan arus listrik, maka akan timbul medan magnet pada sekitar penghantar tersebut. Medan magnet yang timbul pada sekitar penghantar tersebut karena dialiri oleh arus listrik, maka selanjutnya medan magnet tersebut akan dinduksikan pada sebuah logam yang disebut logam ferromagnetis. Logam ferromagnetis merupakan sebuah logam yang sifatnya mudah ter induksi oleh medan elektromagnet. Bila ada induksi magnet yang berasal dari lilitan yang membelit pada logam tersebut, maka logam akan seketika menjadi magnet buatan yang sifatnya temporary. Cara ini pada umumnya dilakukan untuk membuat sebuah magnet yang sifatnya sementara atau tidak permanen. Magnet pada logam ferromagnetis yang terinduksi akan selalu ada apabila pada kumparan tetap dialiri oleh arus listrik. Sedangkan, magnet pada logam tersebut akan menjadi hilang jika lilitan pada logam berhenti dialiri oleh arus listrik (Wijaya & Sitohang, 2019).



Gambar 2.9 Relay

2.2.11 *Kontak Bantu Kontaktor*

Auxiliary kontaktor atau kontak bantu merupakan kontak tambahan yang terdapat pada kontaktor dan digunakan pada rangkaian kontrol. Berbeda dengan kontak utama yang berfungsi menghantarkan arus beban, *auxiliary* kontaktor digunakan untuk mengalirkan arus kontrol dengan kapasitas yang lebih kecil. Kontak bantu terdiri dari dua jenis, yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Closed* (NC). Kontak NO akan menutup ketika koil kontaktor diberi tegangan, sedangkan kontak NC akan membuka saat kontaktor bekerja.

Dalam sistem kontrol motor, *auxiliary* kontaktor digunakan untuk fungsi penguncian (*self-holding*), *interlocking*, pemberian sinyal, serta pengendalian urutan kerja rangkaian. Penggunaan *auxiliary* kontaktor memungkinkan sistem bekerja secara otomatis dan aman karena dapat mencegah terjadinya kesalahan operasi maupun aktifnya dua rangkaian yang saling bertentangan secara bersamaan (Sudaryana, 2015).



Gambar 2.10 Kontak bantu kontaktor (*Auxiliary contact*)