

**ANALISIS ARUS STARTING DAN TORSI PADA MOTOR INDUKSI
TIGA FASA TERHADAP PEMASANGAN KAPASITOR
SECARA REAL TIME BERBASIS ATMEGA 2560**
*Analysis Of Starting Current And Torque On Three Phase Induction
Motor By Capacitor Installation In Real Time Based Atmega 2560*

M.Kuraish Shihab¹; I Made Ari Nrartha²; I Made Budi Suksmadana³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia

E-mail : kuraishshihab9@gmail.com¹; nrartha@te.ftunram.ac.id²; mdbudi@te.ftunram.ac.id³

ABSTRAK

Motor induksi adalah mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi tiga phase tipe sangkar bajing banyak digunakan karena konstruksi yang sederhana dan perawatan yang mudah. Kendala operasi motor induksi ini adalah arus pengasutannya mencapai lima sampai tujuh kali arus nominal dan memiliki faktor daya yang sangat rendah terutama pada saat tanpa beban, faktor daya pada induksi induksi tiga phase adalah lagging, sehingga diperlukan adanya perbaikan faktor daya. Perbaikan faktor daya adalah proses menambahkan kapasitor secara parallel untuk mensuplay daya reaktif sehingga faktor daya mendekati satu. Mikrokontroler Atmega 2560 merupakan pengendali mikro single-board yang bersifat open-source yang digunakan sebagai antarmuka (interface) pengukuran kemudian ditampilkan di Matlab. Arus starting tanpa beban dan berbeban hampir sama yaitu sebesar 8.94788 A dan dengan kapasitor mengalami penurunan, penurunan tertinggi yaitu dengan penambahan kapasitor 19 μ F sebesar 0.9296 A dan terendah dengan kapasitor 6 μ F sebesar 0.2331 A. Torsi starting dan torsi jalan saat tanpa beban dan berbeban dengan penambahan kapasitor tidak mengalami perubahan.

Kata Kunci : *Motor Induksi; Faktor Daya; Torsi; Mikrokontroler ATmega 2560.*

ABSTRACT

Induction motor is an electric machine that converts electrical energy into mechanical energy. Three-phase squirrel cage induction motor a widely used because of simple construction, and easy maintenance. Operating it's problem is a starting currents that are five to seven times the nominal current and has a very low power factor, especially when no-load, the power factor in the induction of three-phase induction is lagging, so that the necessary improvement in the power factor. Power factor improvement is the process of adding a capacitor in parallel to supply the reactive power so that the power factor close to unity. Microcontroller Atmega 2560 is a single-board micro controller is open-source used as an interface measurement is then displayed in Matlab. Starting current no-load and load almost the same is 8.94788 A and the has decreased, the highest decrease with the addition of capacitor 19 μ F is 0.9296 A and the lowest with capacitor 6 μ F is 0.2331 A. The starting torque and torque road without load and load with the addition of capacitor unchanged.

Keywords: *Induction Motors; Power Factor; Torque; Mikrokontroler ATmega 2560.*

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya zaman membuat kebutuhan energi listrik semakin berkembang pula, salah satu beban listrik yang menggunakan energi listrik adalah motor listrik. Akhir-akhir ini motor listrik lebih berkembang penggunaannya dibandingkan

dengan motor bakar seperti pada mobil listrik dan kereta listrik. Motor listrik juga ramah lingkungan dan yang terutama semakin terbatasnya bahan bakar fosil. Sekarang motor listrik sudah digunakan dimana-mana, tidak hanya digunakan untuk industri, rumah tangga dan transportasi tapi masih banyak lagi.

Motor listrik terbagi menjadi dua (Citarsa, 2015), berdasarkan tegangannya yaitu motor arus searah (motor DC) dan motor arus bolak-balik (motor AC). Motor DC banyak digunakan untuk beban yang torsi rendah sedangkan motor AC banyak digunakan untuk beban yang torsi tinggi, Motor AC lebih dipilih karena sumber tegangan yang tersedia adalah sumber tegangan AC. Motor AC yang banyak digunakan terutama dalam bidang industri adalah motor induksi tiga phase tipe sangkar bajing.

Motor induksi memiliki harga yang lebih murah, efisiensinya relatif tinggi, lebih ringan, padat, kokoh, perawatannya yang mudah dan kapasitasnya besar serta tidak membutuhkan hubungan elektrik antara stator dan rotor motor, oleh sebab itu motor induksi tidak membutuhkan sikat sehingga rugi gesekan kecil.

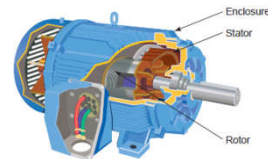
Motor induksi memiliki kekurangan, salah satunya yang harus di perhatikan dalam pengoperasian yaitu saat motor induksi distarting secara langsung, arus awal motor besarnya antara lima sampai tujuh kali dari arus nominal. Arus yang besar ini akan mengganggu sistem instalasi seperti terbukanya peralatan pengaman dan drop tegangan yang besar. Arus starting pada motor-motor berdaya kecil sampai dengan 5 kW tidak berpengaruh besar terhadap drop tegangan, sedangkan pada motor-motor dengan daya diatas 30 kW sampai dengan 100 kW dapat mengakibatkan drop tegangan sistem dan mengganggu kerja peralatan lain pada satu saluran.

Motor induksi memiliki nilai factor daya yang rendah terutama pada saat tanpa beban. Penggunaan bank kapasitor pada motor induksi membuat nilai faktor daya semakin membaik (mendekati satu) dan nilai arus semakin kecil terutama arus reaktif. Pada saat motor induksi starting memiliki nilai faktor daya yang paling rendah.

Pada motor induksi satu fasa diperlukan adanya kapsitor untuk starting yang berfungsi untuk menghasilkan fluks resultan dan juga kapsitor tersebut dapat memperbaiki faktor daya (Citarsa, 2015).

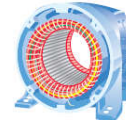
Motor Induksi. Secara umum, motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Pada motor AC, kumparan rotor tidak

menerima energi listrik langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada kumparan sekunder transformator. Oleh karena itu motor AC dikenal dengan motor induksi. Sebenarnya motor induksi dapat diidentikan dengan transformator yang kumparan primer sebagai kumparan stator atau armature, sedangkan kumparan sekunder sebagai kumparan rotor atau medan (Citarsa, 2015).



Gambar 1. Konstruksi Motor Induksi Tiga Phase (Petruzella, 2010)

Stator Motor Induksi. Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar (diam) dan berfungsi sebagai tempat untuk menghasilkan medan magnet tiga phase (Citarsa, 2015).

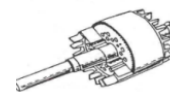


Gambar 2. Tampak Stator (Petruzella, 2010)

Rotor Motor Induksi. Rotor adalah bagian yang berputar dan berfungsi sebagai tempat dibangkitkannya gaya mekanik yang akan digunakan untuk memutar beban mekanis mesin.

Berdasarkan jenis rotornya, ada dua macam kumparan rotor (Citarsa, 2015).

1. **Rotor Sangkar Bajing (Squirrel-Cage Rotor).** Rotor sangkar bajing (*Squirrel-Cage Rotor*) berupa batang tembaga telanjang yang dipasang pada alur rotor, ujung-ujung awal dan akhir batang tembaga tersebut dipatri / dilas dengan dua buah cincin tembaga yang dipasang pada ujung awal dan akhir inti rotor (Citarsa, 2015).



Gambar 3. Kumparan Rotor Sangkar Bajing (Ardiansyah, 2014)

2. **Rotor Belitan (Wound Rotor).** Ujung bagian dalam kumparan rotor belitan (*Wound Rotor*) dihubung bintang dan ujung yang lain dihubungkan dengan *slip ring* ke tahanan luar (Citarsa, 2015).



Gambar 4. Kumbaran Rotor Belitan (Ardiansyah, 2014)

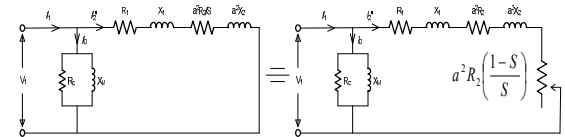
Prinsip Kerja Motor Induksi:

1. Ujung-ujung awal kumbaran fasa (a,b,c) dari stator motor induksi tiga phase dihubungkan ke suatu jaringan sumber tegangan ac tiga phase (jala-jala listrik) melalui suatu saklar penghubung (anggap sementara masih terbuka/off).
2. Saklar penghubung ditutup/on, akan mengalir arus ac tiga fasa Ia, Ib, dan Ic pada kumbaran tiga fasa stator (rangkaiannya tertutup) yang berbeda fasa 120° satu sama lain. Hasilnya akan timbul adanya medan/fluks magnet tiga fasa pada stator Φ_a , Φ_b , dan Φ_c yang mengarah ke rotor, dimana interaksi antara ketiga fluks tersebut akan menghasilkan adanya suatu fluks magnet penjumlahan/resultan yang besarnya tetap namun arahnya berputar terhadap rotor pada kecepatan sinkron (n_s) sehingga disebut sebagai medan putar stator.
3. Fluks medan putar (Φ_t) dari stator ini akan melewati celah udara untuk selanjutnya mencapai permukaan dari rotor berikud konduktor yang ada di dalamnya. Karena rotor dalam keadaan diam (statis), maka aliran fluks medan putar stator ke rotor (B) akan seolah-olah berpotongan dengan konduktor yang menerima aliran fluks tersebut.
4. Berdasarkan hukum Induksi Faraday (tegangan akan terinduksi pada suatu konduktor yang bergerak memotong fluks magnet ataupun sebaliknya), maka pada konduktor rotor yang diam yang menerima aliran fluks medan putar stator (B) yang bergerak memotong dirinya, akan terinduksi adanya suatu gaya gerak listrik (tegangan), E dengan persamaan :

$$E = B \times l \times v \text{ Volt} \dots \dots \dots (1)$$
5. Konduktor/lilitan dari kumbaran rotor baik pada rotor jenis sangkar bajing maupun jenis belitan (cincin geser) sudah membentuk suatu rangkaian tertutup, maka dengan adanya tegangan terinduksi pada suatu konduktor rotor tersebut, dimana arah

- arusnya akan mengikuti arah dari vektor tegangan induksinya.
6. Adanya aliran arus pada konduktor rotor akan menyebabkan timbulnya gaya gerak magnet yang mengimbas di sekeliling konduktor rotor (merupakan medan magnet rotor) dengan arah gerakan ggm yang mengikuti aturan putaran sekrup masuk ke dalam.
 7. Besar dan arah gaya dorong yang timbul pada konduktor rotor dapat ditentukan menggunakan hukum Gaya Lorentz (gaya dorong akan timbul pada suatu konduktor yang dialiri arus yang menerima aliran fluks magnet).
 8. Ketika kekuatan putar (torsi) mula yang dihasilkan oleh gaya Lorentz/dorong pada konduktor rotor (torsi = gaya Lorentz x jari-jari rotor) cukup besar untuk dapat memikul kebutuhan kekuatan putar dari rotor baik saat tanpa beban maupun berbeban, maka akan dapat dihasilkan adanya suatu putaran pada rotor motor induksi tiga fasa yang arahnya akan searah dengan arah medan putar stator. Dikatakan bahwa pada saat ini motor induksi tiga fasa telah dapat bekerja/berputar (Citarsa, 2015).

Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi. Berdasarkan persamaan dan perbedaan antara transformator dengan dengan motor induksi, maka dapat dianggap bahwa motor induksi merupakan transformator dengan rangkaian sekunder yang berputar tanpa beban listrik. Oleh karena itu maka rangkaian satu garis dari motor induksi (untuk tiap fasa) dapat dibuat serupa dengan rangkaian satu garis dari transformator satu fasa, sehingga rangkain ekuivalennya menjadi (Citarsa, 2015):



Gambar 5. Rangkaian ekuivalen motor induksi (Citarsa, 2015)

Daya Motor Induksi. Berdasarkan rangkaian ekuivalen dari motor induksi serta diagram vektornya, maka dapat diperoleh persamaan daya dari motor induksi tiga fasa (Citarsa, 2015).

1. Daya masukan stator (daya input motor)

$$P_{in} = 3 \times V_1 \times I_1 \times \cos \phi \text{ (watt)} \dots \dots \dots (2)$$

2. Daya keluaran rotor muncul sebagai daya mekanik

$$P_m = 3 \times (I_2')^2 \times a^2 R_2 \left(\frac{1-s}{s}\right) \text{ (watt)} \dots(3)$$

Torsi Rotor Motor Induksi. Setelah dapat diperoleh persamaan-persamaan daya yang ada pada motor induksi tiga fasa, maka selanjutnya akan diperoleh persamaan torsi (Citarsa, 2015):

$$T_r = P_m : \omega_r \text{ (Nm)} \dots\dots\dots(4)$$

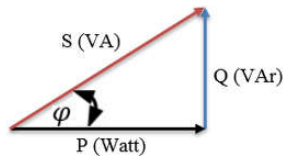
dengan memasukan persamaan-persamaan sebelumnya maka didapatkan besar torsi rotor.

$$T_r = \frac{3}{\omega_s} \times \frac{V_1^2 \times S \times a^2 \times R_2}{(a^2 R_2)^2 + (s^2(a^2 X_2)^2)} \times \text{(Nm)} \dots(5)$$

Starting (Pengasutan) Motor Induksi. Metode pengasutan motor induksi sangat diperlukan, hal ini dikarenakan motor induksi memiliki arus *starting* mencapai tujuh kali arus nominal. Berbagai metode untuk pengasutan (*starting*) pada motor induksi, antara lain (Ardiansyah, 2014):

1. Tahanan Variable (rheostat)
2. AutoTransformator
3. Saklar Bintang-Segitiga (Y - Δ)
4. soft starting

Faktor Daya. Faktor daya ($\cos \varphi$) adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu (VA) yang digunakan dalam listrik arus bolak balik (AC) atau beda sudut fasa antara V dan I yang biasanya Dinyatakan dalam $\cos \varphi$. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu.

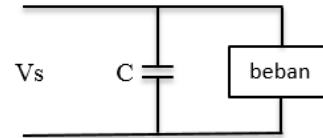


Gambar 6. Segitiga Daya

Dengan beban yang terinduksi (motor listrik) biasanya memiliki faktor daya rendah, maka kapasitas jaringan distribusi listrik menjadi tertekan, maka daya reaktif (VAr) harus serendah mungkin untuk keluaran kW yang sama,

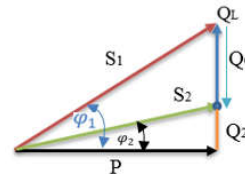
Kapasitor untuk Memperbaiki Faktor Daya. Faktor daya dapat diperbaiki dengan

memasang kapasitor pengkoreksi faktor daya pada sistim distribusi listrik, instalasi listrik di pabrik atau industry, yaitu dengan cara memasang suatu kapasitor srcara parallel.



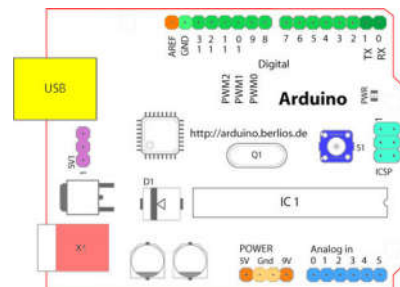
Gambar 7. Rangkaian perbaikan faktor daya

Kapasitor bertindak sebagai pembangkit daya reaktif dan oleh karenanya akan mengurangi jumlah daya reaktif dan juga daya semu yang dihasilkan oleh pembangkit.



Gambar 8. Segitiga daya setelah perbaikan faktor daya

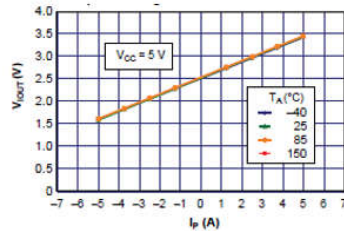
Minimum Sistem Arduino Mega. Arduino Mega adalah minimum sistem yang menggunakan mikrokontroler ATmega 2560 sebagai komponen utama. Arduino merupakan pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*. Arduino juga merupakan platform yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat antarmuka peralatan elektronik interaktif berdasarkan hardware dan software yang fleksibel (Djuandi, 2011).



Gambar 9. Minimum Sistem Arduino (Djuandi, 2011)

Sensor Arus ACS712. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian *low-offset linear hall* dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui

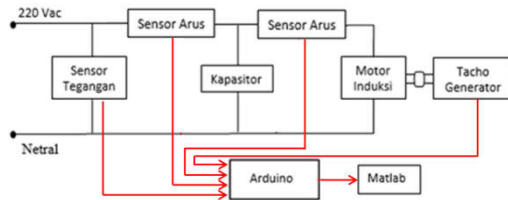
kabel tembaga yang terdapat di dalamnya dan menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional (ACS712 *datasheet*).



Gambar 10. Perbandingan tegangan keluaran terhadap arus dari sensor arus ACS712 (ACS712 *datasheet*)

METODELOGI PENELITIAN.

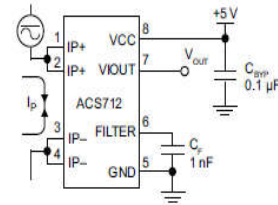
Penelitian ini melakukan analisis arus starting dan torsi dari motor induksi tiga fasa terhadap pemasangan kapasitor, untuk mendukung penelitian ini peneliti membuat sensor untuk membaca nilai starting dari motor secara *real time*, Arduino Mega digunakan sebagai interface yang memproses sensor dan ditampilkan pada matlab sebagai tampilan interface. Maka dalam perancangan perangkat keras pada tugas akhir ini akan dibangun sebuah sistem dengan blok diagram sebagai berikut:



Gambar 11. Blok diagram rancangan penelitian dalam satu fasa

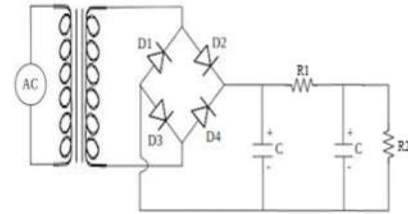
Perancangan Perangkat Keras. Perancangan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*) meliputi : Sensor arus, tegangan dan kecepatan

Sensor Arus ACS712-20A-T. Sensor arus yang digunakan pada penelitian ini adalah ACS712-20A-T. Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena di dalamnya terdapat rangkaian low-offset linear hall dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. batas arus masukan dari sensor ini minimum -20A dan maksimal 20A yang dimwakili dengan tegangan keluaran 0-5V (ACS712 *datasheet*).



Gambar 12. Pin input dan output sensor arus ACS712 (ACS712 *datasheet*)

Sensor Tegangan. Sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini adalah transformator *step down* (220:12), penyearah gelombang penuh, dan rangkain pembagi tegangan.



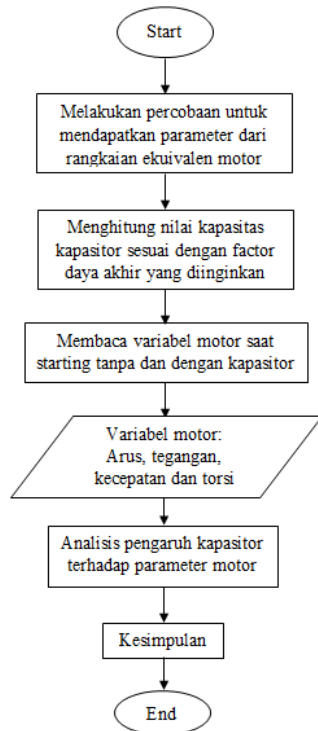
Gambar 13. Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor Kecepatan. Penelitian ini menggunakan tachogenerator DC yang ada di Laboratorium Sistem Tenaga sebagai sensor kecepatan. Tachogenerator mempunyai perbandingan rotasi terhadap tegangan keluaran berbeda-beda umumnya adalah 1000 rpm berbanding dengan 1 volt DC.



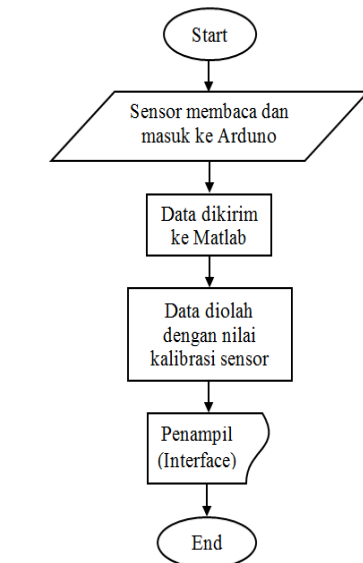
Gambar 14. Tachogenerator Sebagai

Diagram Alir Penelitian. Tahapan demi tahapan yang dilakukan penulis pada saat melakukan penelitian tugas akhir ini. Agar penelitian dilakukan secara baik maka di buat diagram alir



Gambar 15. Diagram Alir Perancangan Sistem

Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak. Proses penelitian *analisis arus starting dan torsi motor induksi tiga fasa terhadap pemasangan* ini adalah membaca karakteristik arus pada saat start, tegangan, kecepatan dan torsi.



Gambar 16. Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sistem. Untuk mengetahui kinerja dan kemampuan pada sistem perancangan, maka perlu dilakukan beberapa pengujian Untuk memudahkan penulis dalam melakukan proses pengujian bahan. Adapun proses pengujian yang dilakukan meliputi antara lain:

Menentukan Parameter Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Tiga Fasa, Menentukan Kapasitas Kapasitor, Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan, Pengujian Rangkaian Sensor Arus, Pengujian Rangkaian Sensor Kecepatan, Pembuatan Antar Muka (*Interface*) pada PC (*Personal Computer*) dan Pengukuran dan Pengujian Keseluruhan Sistem.

Menentukan Parameter Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Tiga Fasa. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan rangkaian ekuivalen dari koteor induksi, pengujian ini dibagi menjadi 3 pengujian yaitu:

Pengukuran Resistansi Stator (R_1) Motor, Pengukuran Nilai Resistansi Magnetude Medan (R_m) Motor, Pengukuran Nilai Reaktansi Stator (X_1) dan Rotor (X_2) (Beaty,2007).

Berikut nilai parameter dari pengujian:

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 10,46 \ \Omega \\
 a^2 \times R_2 &= 10,66 \ \Omega \\
 R_m &= 13,34 \ \Omega \\
 X_1 = a^2 \times X_2 &= 8,46 \ \Omega \\
 X_m &= 167,14 \ \Omega
 \end{aligned}$$

Menentukan Kapasitas Kapasitor. Motor induksi dioperasikan saat jalan bertujuan untuk mendapatkan variable motor (tegangan, faktor daya dan daya) saat tanpa beban (beban nol) maupun saat berbeban. Pada penelitian ini kapasitor yang digunakan adalah kapasitor 3 x 1 dengan tegangan maksimal 400/450 Volt, kapasitas kapasitor 2, 4, 8 dan 16 μF . Magnetik Powder Brake yang digunakan adalah 1,0 dan Control Unit digunakan untuk mengatur besar Torsi pengereman dari Magnetik Powder Brake.

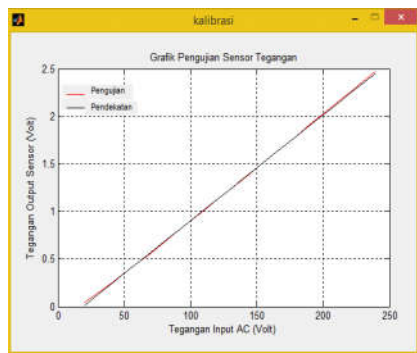
Dengan perbaikan faktor daya, idealnya faktor daya akhir adalah mendekati 1, dan untuk bervariasi nilai faktor daya akhir maka pada penelitian ini akan digunakan nilai faktor daya akhir 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 dan 0,95 lagging. Berikut hasil perhitungan nilai kapsitas

kapsitor sesuai dengan faktor daya akhir yang diinginkan.

Tabel 1. Perhitungan nilai kapasitor perbaikan faktor daya.

Torsi Beban (Nm)	V _{L-L} (V)	P (W)	Cos ϕ_1	Cos ϕ_2	Qc (VAr)	C (μ F)
0	380	110	0,12	0,6	763,66	16,73
				0,7	798,10	17,49
				0,8	827,82	18,14
				0,9	857,05	18,78
				0,95	874,17	19,16
2	380	320	0,4	0,6	306,54	6,72
				0,7	406,75	8,92
				0,8	493,23	10,81
				0,9	578,22	12,68
				0,95	628,03	13,77
4	380	540	0,57	0,7	227,49	4,99
				0,8	373,40	8,18
				0,9	516,87	11,33
				0,95	600,91	13,17
				0,8	205,36	4,50
6	380	760	0,7	0,9	407,27	8,93
				0,95	525,60	11,52
				0,9	270,99	5,94
8	380	1000	0,8	0,95	429,74	9,40

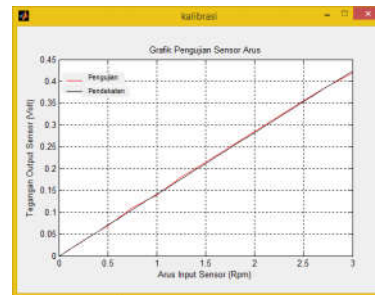
Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan. Tegangan input dari motor induksi agar dapat terukur dan terbaca oleh mikrokontroller sehingga mampu dijadikan sebagai variabel yang masuk ke dalam motor induksi 3 phasa, maka perlu dirancang sebuah rangkaian yang mampu mengukur dan membaca tegangan tersebut.



Gambar 17. Grafik Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian Rangkaian Sensor Arus.

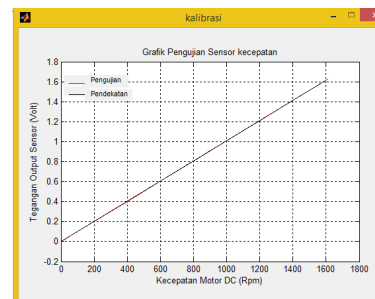
Pengujian rangkaian sensor arus ini bertujuan untuk mengetahui kelinearan dari sensor arus yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan mengubah-ubah nilai resistor variabel yang digunakan sebagai beban sehingga arus yang melewati sensor akan berubah-ubah juga.



Gambar 18. Grafik Pengujian Sensor Arus

Pengujian Rangkaian Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan yang digunakan pada penelitian ini adalah tacho generator. Tacho generator dikopel langsung pada motor DC *Shunt*. Pada penelitian ini digunakan Motor DC *Shunt* sebagai objek pengujian karena lebih mudah dalam pengaturan kecepatan. Saat motor DC *Shunt* berputar, tachogenerator ikut berputar dan menghasilkan tegangan keluaran DC.



Gambar 19. Grafik Pengujian Sensor Kecepatan

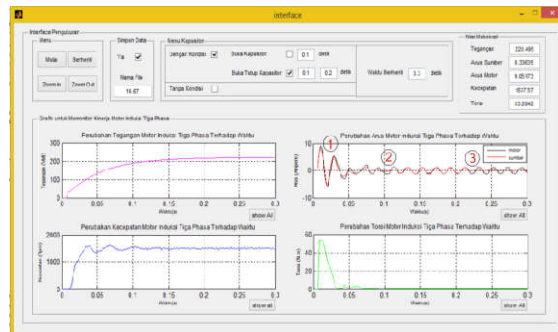
Pembuatan Antar Muka (Interface) pada PC (Personal Computer).

Hasil pengukuran dan pengujian yang dilakukan membutuhkan media sebagai tempat ditampilkannya hasil pengukuran dan pengujian tersebut, untuk itu diperlukan suatu program untuk menampilkan secara visual nilai dari ADC (Arduino) pada port serial. *Software* yang digunakan untuk menampilkan secara visual tegangan, arus dan kecepatan dari Motor Induksi Tiga Phase ini adalah MATLAB. Pembacaan serial dengan MATLAB dapat menggunakan fungsi serial.



Gambar 20. Main Menu Program Interface

Pengukuran dan Pengujian Keseluruhan Sistem. Pengujian keseluruhan sistem dimaksudkan untuk melihat kinerja dari setiap perangkat yang telah dirancang mulai dari perangkat keras berupa sensor untuk pengukuran, dan perangkat lunak berupa antarmuka yang dirancang pada PC, apakah telah mampu bekerja sesuai yang diinginkan. Berikut adalah hasil pengukuran dengan penambahan kapasitor.



Gambar 21. Pengukuran dengan Kapasitor 16,67 μF tanpa Beban

Grafik pada Gambar 4.16 menunjukkan tegangan maksimal terbaca adalah 220,495 Volt (tegangan fasa), untuk arus starting tanpa kapasitor sebesar 9,05173 Ampere dengan tambahan kapasitor 16,67 μF mengalami penurunan menjadi 8,33635 Ampere atau sebesar 0,71538 Ampere. Sedangkan kecepatan normal yaitu 1490 rpm dan kecepatan maksimal terbaca adalah 1637,57 rpm, dan torsi starting mengalami kenaikan juga yaitu 53,2042 Nm dari torsi jalan 0,578078 Nm. Dengan penambahan kapasitor nilai arus mengalami penurunan, sedangkan teangan, kecepatan dan torsi tidak berpengaruh. Untuk pengukuran selanjutnya dapat dilihat pada tabel perubahan penurunan arus:

Tabel 2. Pengukuran Keseluruhan system dengan penambahan kapasitor

No.	Torsi Beban (Nm)	Nilai Kapasitor (μF)	Penurunan Arus (A) Starting dengan Penambahan Kap.
1		16,67	0,7154
2		17,5	0,7191
3	0	18	0,7615
4		18,67	0,8604
5		19	0,9269
6		6,67	0,3161
7		9	0,4461
8	2	11	0,5461
9		12,67	0,5961
10		14	0,6466
11		5	0,2805
12		8	0,4437
13	4	11,33	0,6016
14		13	0,6538
15		4,67	0,3077
16	6	9	0,4157
17		12	0,5346
18		6	0,2331
19	8	9,33	0,4998

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin besar nilai kapasitor yang diberikan maka akan didapatkan nilai penurunan yang semakin besar pula, sedangkan untuk nilai torsi beban tidak mempengaruhi perubahan dari penurunan arus.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada Penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Antarmuka (*Interface*) yang dirancang pada komputer telah berhasil mengirim nilai setting penyalaan relay sebagai saklar, menampilkan grafik hasil pengukuran dari sensor, dan menampilkan nilai hasil pengukuran secara *real time*.
2. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan arus starting dari motor induksi tiga fasa saat tanpa beban maupun berbeban didapatkan arus starting hampir sama yaitu sebesar 8,94788 A, atau sekitar 7 kali arus normal (1,3 A) pada saat tanpa beban, dengan penambahan kapasitor pada motor didapat bahwa arus starting mengalami penurunan, nilai penurunan tertinggi didapat pada pengujian dengan kapasitor 19 μF yaitu sebesar 0,9296 A dan penurunan terendah pada pengujian dengan kapasitor 6 μF yaitu

sebesar 0,2331 A, nilai penurunan ini berbanding lurus dengan besar kapasitansi kapasitor perbaikan faktor daya.

3. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan torsi starting dari motor induksi tiga fasa pada kondisi saat tanpa beban maupun berbeban adalah 53,2042 Nm, pada saat jalan torsi dari motor didapatkan sesuai dengan simulasi beban, pada saat tanpa beban didapatkan torsi 0,578078 Nm dan pada saat berbeban, torsi beban yang diberikan yaitu 2, 4, 6 dan 8 Nm didapatkan torsi motor 2,523, 4,572746, 6,764776 dan 7,312862 Nm, dengan penambahan kapasitor perbaikan faktor daya nilai torsi dari motor induksi tidak berpengaruh pada saat tanpa beban maupun berbeban.

SARAN

1. Penambahan sistem proteksi pada alat yang berupa sekering, *Over Current Relay*, *Phase Failure Relay* dan *Thermal Overload Relay*.
2. Pemilihan dan penggunaan komponen yang tepat sehingga saat *pembuatan perangkat keras* untuk interface agar didapatkan dengan harga yang optimal.
3. Dapat digunakan sebagai tambahan modul praktikum mesin-mesin listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Allegro MicroSystems, 2006, *Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*.
- Anthony, Z., 2013, *Pengaruh Penggunaan Kapasitor Perbaikan Faktor Daya Terhadap Arus Start Motor 3 Fasa*, Jurnal Teknik Elektro Institute Teknologi Padang, Vol. 2, No. 1, p.26-32, Padang.
- Ardiansyah, R., Nrartha, I.M.A., dan Suksmadana, I.M.B., 2014, *Perancangan Soft Starting Pada Motor Induksi Tiga Phase Menggunakan Mikrokontroler Atmega328*, Jurnal Jurusan Teknik Fakultas Teknik Elektro Univesitas Mataram, Mataram
- Beaty, H.W., dan Fink, D.G., 2007, *Standard Handbook For Electrical Engineering*, McGraw-Hill, New York.
- Citarsa, I.B.F., 2015, *Diktat Mata Kuliah Mesin Listrik II*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram, Mataram. yang belum dipublikasikan
- Djuandi, F., 2011, *Pengenalan Arduino*.
- Khanchi, S., dan Garg, V.K., 2013, *Power Factor Improvement of Induction Motor by Using Capacitors*, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), ISSN: 2231-5381, Volume 4 Issue 7 July 2013. Electrical Department & UIET, Kurukshetra Universtiy, India.
- Mumu, M.S., Pakiding, M., Nelwan, A.F., dan Lisi, F., 2014, *Evaluasi Arus Asut Y-Δ dengan Kapasitor Tambahan pada Motor Listrik Pompa Reinjeksi di Area Panas Bumi Lahendong*, e-Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Petruzella, F.D., 2010, *Electric Motor and Control System*, McGraw-Hill, New York.
- Rahardjo, dan Yunus, Y., 2010, *Perbaikan Faktor Daya Motor Induksi 3 Fase*, Seminar Nasional VI SDM Teknologi Nuklir, 18 November 2010, p.451 -458, Yogyakarta.
- Siswoyo, 2008, *Teknik Listrik Industry*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Tiwari, A.K., Sharma, D., dan Sharma, k., 2014, *Automatic Power Factor Correction Using Capacitive Bank*, Journal of Engineering Research and Applications ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 2 (Version 1), February 2014, pp.393-395, Dr. C.V. Raman Institute of Science and Technology, Bilaspur.