
PERANCANGAN MODUL *SOFT START* DENGAN POWER METER INDIKATOR BERBASIS ARDUINO DAN PZEM-004T UNTUK INDUSTRI RUMAH TANGGA

SOFT START MODULE DESIGN WITH POWER METER INDICATOR BASED ON ARDUINO AND PZEM-004T FOR HOUSEHOLD INDUSTRY

Irsyad Hadi Rahmanto¹, Ojak Abdul Rozak^{2*}

^{1,2}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang; Jl. Raya Puspittek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310

¹irsyadhadirahmanto211@gmail.com, ²dosen01314@unpam.ac.id

Abstrak

Listrik merupakan kebutuhan pokok khususnya pada skala rumah tangga. Skala rumah tangga kurang memperhatikan faktor yang membuat aliran listrik mengalami gangguan seperti pada penggunaan beban listrik yang memiliki lonjakan arus saat beban dihidupkan. Salah satu perangkat yang mampu meredam lonjakan arus saat *start* adalah *softstart*. Tujuan perancangan serta pengujian ini sebagai upaya mengurangi lonjakan arus pada saat *start* beban listrik dan mengetahui nilai arus dan efisiensi energi listrik yang didapatkan sebelum dan setelah penggunaan modul *softstart* secara *real time*. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah merancang modul *softstart* serta power meter indikator berbasis arduino dan PZEM-004T. Hasil menunjukkan tegangan pada *output* modul *softstart* masih dalam standar toleransi PLN. Tegangan dan arus pada pengujian menggunakan *output* modul terhadap beban resistif dan induktif lebih rendah dan memiliki nilai efisiensi 95% pada beban resistif dan 94% pada beban induktif. Lonjakan arus pada kedua beban naik secara bertahap dengan nilai arus yang kecil. Kesimpulan penelitian adalah modul *softstart* dapat mengurangi lonjakan arus *start*, penggunaan daya dan memiliki nilai efisiensi yang baik. Perancangan alat ukur berbasis arduino uno dan sensor PZEM – 004T memiliki hasil pengukuran tegangan arus dengan baik.

Kata kunci : Lonjakan Arus, *softstart*, Beban Resistif, Beban Induktif, Efisiensi Daya

Abstract

Electricity is a basic necessity at the household level. Households tend to overlook factors that cause power surges, such as the use of electrical loads that increase current when turned on. One device that can reduce an increase in current during start-up is *softstart*. The purpose of this design and testing is to reduce current during the startup of electrical loads and to determine the values of current and electrical energy efficiency before and after the use of the *softstart* module in real time. The method is design *softstart* module and powermeter indicator based on Arduino and PZEM-004T. The results show that the voltage at the *softstart* module output is still within PLN tolerance standards. The voltage and current in test using module for resistive and inductive loads are lower and have an efficiency value of 95% for resistive loads and 94% for inductive loads. The increase in current in both loads increases gradually with a small current value. The conclusion of the study is that the *softstart* module can reduce starting increase currents, power consumption, and has good efficiency values. The design of measurement device based on Arduino Uno and the PZEM-004T sensor produced accurate voltage and current measurements.

Keywords: Increase Current, *softstart*, Resistive Load, Inductive Load, Power Efficiency

1. PENDAHULUAN

Listrik saat ini merupakan kebutuhan pokok manusia khususnya pada skala rumah tangga [1]. Menurut data ASEAN *Center For Energy* (ACE), Indonesia merupakan negara dengan penggunaan energi listrik terbesar di asia tenggara dengan angka 41% pada skala rumah tangga [2]. Umumnya, pada skala rumah tangga kurang memperhatikan faktor – faktor yang dapat membuat aliran listrik mengalami gangguan yaitu beban listrik serta mengurangi nilai efisiensi energi listrik [3].

Salah satu faktor yang mempengaruhi beban listrik adalah pada saat beban dihidupkan. Saat beban dihidupkan maka akan terjadi lonjakan arus [4]. Beban akan menarik arus yang besar saat dihidupkan [5]. Hal ini membuat efisiensi energi listrik turun serta kerusakan pada sistem. Maka, perlu perangkat yang mampu meredam lonjakan arus saat *start* beban [6].

Salah satu perangkat yang mampu meredam lonjakan arus saat *start* adalah *softstart* yang bekerja dengan menaikkan tegangan saat beban dihidupkan serta menstabilkan kembali tegangan setelah beban hidup [7]. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan perangkat *softstart* untuk mengurangi lonjakan arus saat *start*.

Tujuan perancangan serta pengujian ini sebagai upaya mengurangi lonjakan arus pada saat *start* beban listrik dan mengetahui nilai arus dan efisiensi energi listrik yang didapatkan sebelum dan setelah penggunaan modul *softstart* secara *real time*. Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah merancang modul *softstart* serta power meter indikator berbasis arduino dan PZEM-004T.

Setelah dilakukan perancangan, dilakukan pengujian pada dua jenis beban yang berbeda yaitu beban resistif dan induktif. Pengujian menggunakan *power* meter indikator berbasis arduino dan PZEM-004T yang berguna sebagai monitoring sistem dan hasil pembacaan akan ditampilkan dalam bentuk grafik secara *real time* menggunakan *microsoft excel*. Pengujian meliputi pengukuran tegangan, arus lalu menghitung nilai daya serta efisiensi daya.

2. METODOLOGI DAN PERANCANGAN

2.1 TAHAPAN DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN

Penelitian ini merupakan perancangan modul *softstart* dengan *power meter* indikator, kemudian dilakukan pengujian terhadap beban resistif dan beban induktif. Maka tahapan pengujian terbagi menjadi 2 tahapan yaitu merancang alat ukur meliputi perancangan *software* maupun *hardware*, lalu dilanjutkan dengan uji fungsional pada alat ukur tersebut. Kemudian tahapan rancangan yang kedua adalah merancang modul *softstart* meliputi *wiring* diagram dan instalasi pada *board* PCB. Kemudian melakukan pengujian modul dan pengukuran menggunakan beban resistif dan induktif. Hasil data kemudian di analisa untuk mengetahui efisiensi energi dari penggunaan modul terhadap beban resistif dan induktif.

Tahapan pengujian meliputi pengukuran pada tegangan, arus dan daya. Pengujian dilakukan dengan 10 kali pengambilan data dengan data pada sumber tegangan PLN dan pada *output* modul *softstart*. Lalu dilanjutkan dengan pengukuran tegangan dan arus pada beban resistif dan induktif dengan sumber PLN dan *output* modul. Hasil pengujian tersebut lalu akan dihitung nilai dayanya. Karena keterbatasan alat dalam mengukur nilai faktor daya, maka untuk perhitungan menggunakan nilai standar minimum faktor daya PLN yaitu 0,85 sesuai dengan standar PUIL 2011 [8]. Maka persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai daya adalah sebagai berikut.

$$P = V \times I \times \varphi (0,85) \quad (1) [9]$$

Berdasarkan persamaan 1, P adalah daya dengan satuan watt, V adalah tegangan dengan satuan volt, I adalah arus dengan satuan ampere dan φ merupakan faktor daya atau *cosphi* dengan nilai 0,85 [9].

Tahapan berikutnya adalah pengukuran *start* pada beban resistif dan induktif dari tegangan sumber PLN dan *output* modul *softstart*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui fungsi modul *softstart* dalam mengurangi lonjakan arus pada *start* beban. Pengujian *start* dilakukan selama 10 detik dengan ujicoba sebanyak 10 kali. Hasil tersebut akan dilakukan analisa.

Setelah melakukan pengujian, maka dilanjutkan dengan menganalisa hasil pengujian dengan membandingkan hasil dari tegangan, arus, daya dan menghitung nilai efisiensi daya dari sumber PLN dan tegangan *output* modul *softstart*. Untuk menghitung nilai efisiensi daya maka menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2) [10]$$

Berdasarkan persamaan 2, η adalah efisiensi daya, P_{out} adalah daya output dan P_{in} adalah daya input [10].

Hasil dari pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik dengan nilai yang sudah di rata – rata dari hasil pengujian. Hasil pengujian dan analisa akan dijadikan kesimpulan dari hasil penelitian.

2.2 ALAT DAN OBJEK PENGUJIAN

Alat yang digunakan pada pengujian ini menggunakan alat yang dirancang oleh penulis dan objek pengujian meliputi beban resistif dan induktif. Maka berikut adalah tabel alat dan objek pengujian.

Tabel 1 Alat dan Objek Pengujian

No	Nama Perangkat	Jumlah	Fungsi
1	Modul <i>Softstart</i>	1Pcs	Sistem Pengujian
2	Arduino Uno Rev 3 Dip	1Pcs	Mikrokontroler
3	Sensor PZEM – 004T V3	1Pcs	Sensor arus tegangan daya
4	<i>Plug in watt meter</i>	1Pcs	Menampilkan arus tegangan daya
5	Teko Elektrik 350 Watt	1Pcs	Objek Pengujian Beban resistif
6	Motor Induksi 200 Watt	1Pcs	Objek Pengujian Beban induktif

Tabel 1 merupakan alat dan objek penelitian. Untuk modul *softstart* akan dibahas pada pembahasan berikutnya. Arduino uno merupakan mikrokontroler *singleboard* yang dirancang untuk mempermudah penggunaan karena bersifat *open source*. Arduino dapat mempermudah proses *input* sistem dan menghasilkan *output* yang diinginkan [11]. Penelitian ini menggunakan arduino uno rev 3 dip sebagai kontrol pembacaan arus, tegangan, daya. Data hasil pembacaan akan diteruskan ke microsoft excel.

Alat yang digunakan selanjutnya adalah sensor PZEM – 004T V3 yang berfungsi sebagai pengukuran arus, tegangan, daya pada sistem yang dilengkapi sensor tegangan dan *current transformer* (CT) yang terintegrasi serta dapat dihubungkan pada arduino [12]. Sensor akan dihubungkan pada *plug in wattmeter* sebagai *input* sistem. Untuk pembahasan koneksi antara arduino, sensor dan *plug in watt meter* akan di bahas pada subbab selanjutnya.

Untuk teko elektrik dan motor induksi merupakan objek pengujian dengan sifat beban resistif dan induktif dengan spesifikasi sesuai dengan *nameplate* pada objek adalah sebagai berikut.

Tabel 2 Spesifikasi Beban Resistif

Objek Beban	Teko Elektrik
Merk	LYQ
Tipe	LYQ350
Tegangan	220 – 240 V
Arus	2,4 A
Daya	350 W
Frekuensi	50 Hz

Tabel 3 Spesifikasi Beban Induktif

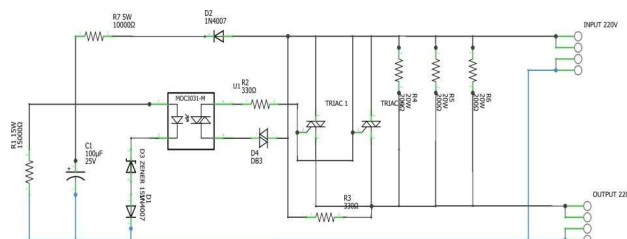
Objek Beban	Motor Induksi
Merk	Atlantic
Tipe	B200
Tegangan	220 – 240 V
Arus	1,2 A
Daya	200 W
Frekuensi	50 Hz

2.3 PERANCANGAN MODUL *SOFTSTART*

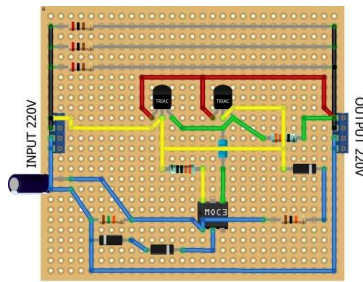
Dalam melakukan sebuah perancangan diperlukan desain guna mempermudah saat perancangan [13]. Desain pula harus disertai dengan komponen yang mendukung sistem modul tersebut. Komponen yang digunakan yaitu resistor yang berfungsi sebagai penahan arus sementara pada sistem *softstart* [14]. Selanjutnya adalah dioda yang berfungsi sebagai penyearah arus yang masuk pada sistem *softstart* [15]. Berikutnya adalah TRIAC (*Triode Alternating Current*) tipe BT – 139 berfungsi sebagai pengatur tegangan sistem *softstart* [16].

Komponen selanjutnya adalah kapasitor sebagai penstabil tegangan [17]. Sinyal yang dihasilkan pada keluaran dioda tanpa kapasitor tidak stabil, *ripple* gelombang yang dihasilkan seperti gelombang sinusoida. Dengan adanya kapasitor yang dipasang paralel setelah dioda, maka akan menjadikan riak gelombang dari tegangan akan semakin kecil [18]. Pada rangkaian ini, kapasitor berfungsi sebagai *trigger* pada IC MOC3063. IC MOC3063 adalah *Optocoupler/Optoisolator* I/O 6 pin dengan dioda pemancar inframerah *gallium arsenide* terintegrasi yang digabungkan secara optik ke output TRIAC dengan sirkuit *Zero-crossing* [19]. IC dapat memberikan isolasi optik ke perangkat yang beroperasi pada saluran 115/240 VAC [20].

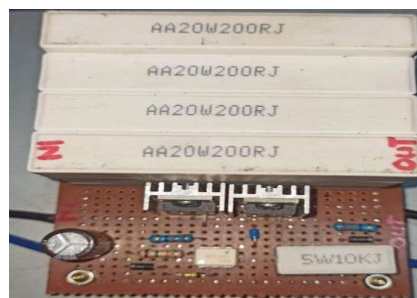
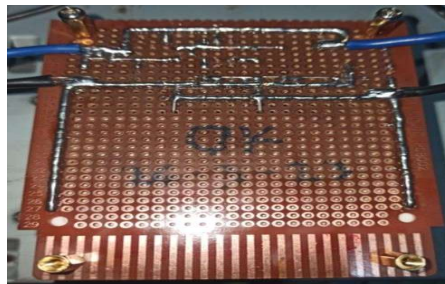
Setelah mengetahui komponen yang akan digunakan pada perancangan ini, maka dibuatlah desain *wiring* sebagai berikut.

Gambar 1. Desain *Wiring* modul *Softstart*

Gambar 2 merupakan desain *wiring* modul *softstart* dengan *input* tegangan pada 220 V dan *output* tegangan pada 220 V. Selanjutnya merupakan desain *layout* PCB berdasarkan referensi pada *wiring* modul *softstart* sebagai berikut.

Gambar 2 Desain *Layout* PCB Modul *softstart*

Gambar 3 merupakan desain *layout* modul *softstart* berdasarkan referensi pada *wiring* modul *softstart*. Setelah desain dibuat, selanjutnya adalah perancangan modul. Maka hasil rancangan adalah sebagai berikut.

Gambar 3 Tampak Atas modul *softstart*Gambar 4 Tampak Bawah modul *softstart*

Gambar 4 dan 5 merupakan hasil perancangan modul *softstart* dengan tampak atas dan bawah. Setelah dilakukan selanjutnya dilakukan pengujian tanpa beban pada modul sehingga mendapatkan spesifikasi pada modul. Maka, spesifikasi modul *softstart* adalah sebagai berikut.

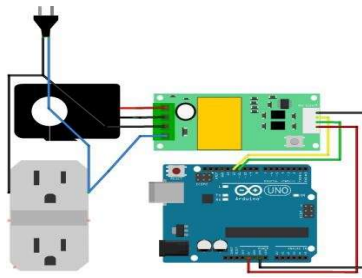
Tabel 4 Spesifikasi Modul *softstart*

Tegangan	220 – 240 V
Daya Maksimal	2500 W
Frekuensi	50 – 60 Hz

Berdasarkan tabel 4, modul *softstart* bekerja pada tegangan 220 – 240 V dengan daya maksimal pada 2500 W dan frekuensi pada 50 – 60 Hz.

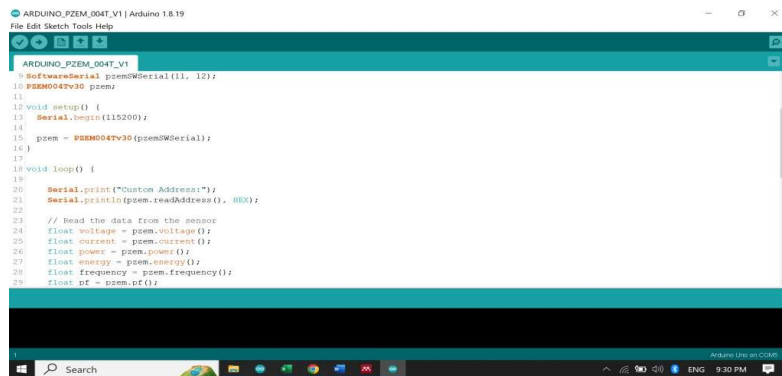
2.4 PERANCANGAN ALAT UKUR

Tahapan perancangan alat ukur adalah membuat dan merangkai *hardware* pada arduino uno dan sensor PZEM – 004T , kemudian dilanjutkan dengan perancangan *software* atau pemrograman sistem pada perancangan sistem alat ukur menggunakan arduino terhadap pembacaan tegangan, arus dan daya. Untuk desain perancangan adalah sebagai berikut.



Gambar 5 Desain alat ukur

Gambar 6 merupakan desain alat ukur yang akan digunakan pada penelitian. Setelah membuat desain, selanjutnya merancang program pada arduino . hasil perancangan program adalah sebagai berikut.



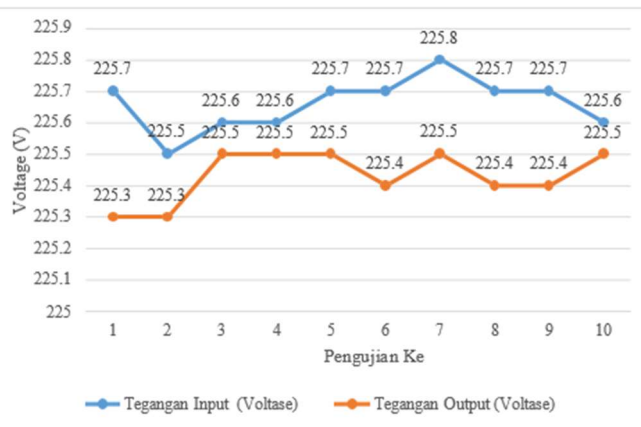
Gambar 6 Program arduino pada alat ukur

Gambar 7 merupakan pemrograman arduino untuk alat ukur yang akan digunakan pada penelitian. Nantinya hasil pengukuran akan ditampilkan secara *real time* dan hasil pengukuran adalah di *input* pada *microsoft excel* untuk selanjutnya dilakukan analisa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 HASIL PENGUJIAN TEGANGAN MODUL *SOFTSTART*

Pengujian tegangan modul *softstart* bertujuan mengetahui nilai perbandingan antara tegangan sumber PLN dan tegangan *output* modul. Hasil akan ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memudahkan analisa dengan 10 kali pengujian. Maka grafik hasil pengujian tegangan modul *softstart* adalah sebagai berikut.

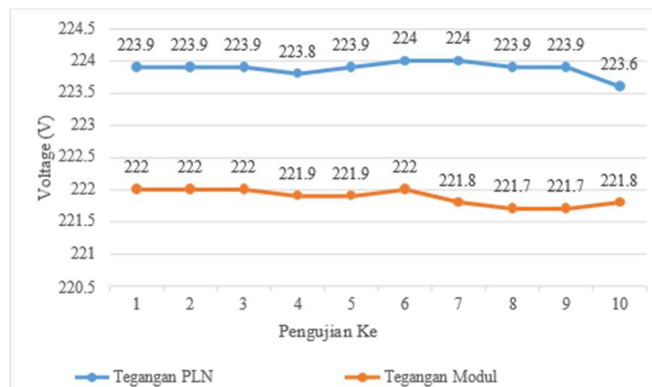


Gambar 7 Hasil Pengujian Tegangan Modul *softstart*

Berdasarkan gambar 8, nilai tegangan pada *output* modul *softstart* lebih rendah dengan nilai rata – rata 225,43 V dari tegangan sumber PLN dengan nilai rata – rata 225,66 V dengan perbandingan 0,23 V, tegangan pada *output* modul ini yang akan dilakukan pengukuran pada beban. Berdasarkan hasil tersebut dapat dianalisa bahwa tegangan *output* modul masih dalam standar toleransi PLN yaitu 220 V dengan batas toleransi maksimal 5% dan minimum 10% [21].

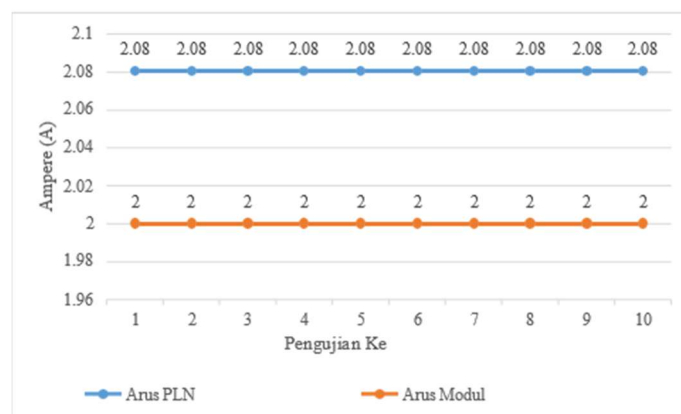
3.2 HASIL PENGUJIAN BEBAN RESISTIF

Tahapan ini merupakan pengujian beban resistif dengan menggunakan dua sumber tegangan yaitu tegangan sumber PLN dan *output* modul *softstart*. Maka hasil pengujian tegangan adalah sebagai berikut.



Gambar 8 Hasil Pengujian Tegangan Beban Resistif

Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian tegangan beban resistif, nilai rata – rata pada tegangan PLN adalah 223,88 V dan rata – rata tegangan *output* modul 221,88 V. Maka, tegangan modul *softstart* lebih rendah dengan nilai perbandingan 2,00 V. Selanjutnya hasil pengukuran arus pada beban resistif sebagai berikut.



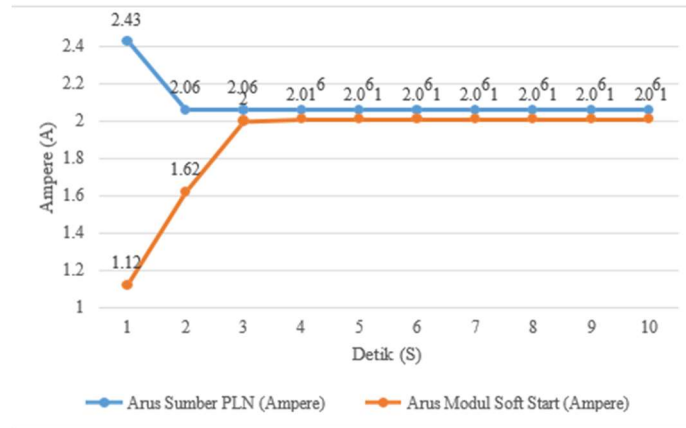
Gambar 9 Hasil Pengujian Arus Beban Resistif

Berdasarkan gambar 10, arus pada 10 kali pengujian memiliki nilai arus yang stabil dengan arus PLN 2,08 A dan *output* modul 2 A karena beban resistif tidak mempengaruhi gelombang sistem sehingga posisi gelombang tetap sefase, hal ini disebabkan karena beban resistif memiliki sifat tahanan yang memblokir arah elektron [22].

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 9 dan 10, maka dihitung nilai rata – rata daya menggunakan persamaan 1, maka hasil penggunaan daya dari sumber PLN adalah 395,81 W dan

output modul *softstart* adalah 377,19 W. Hasil tersebut menunjukkan penggunaan daya pada *output* modul *softstart* dapat mengurangi penggunaan daya dengan nilai perbandingan 18,62 W.

Dari hasil perhitungan daya tersebut maka dihitung nilai efisiensi menggunakan persamaan 2. Maka nilai efisiensi penggunaan modul *softstart* adalah 95%. Selanjutnya adalah pengujian arus *start* pada beban resistif dengan hasil sebagai berikut.

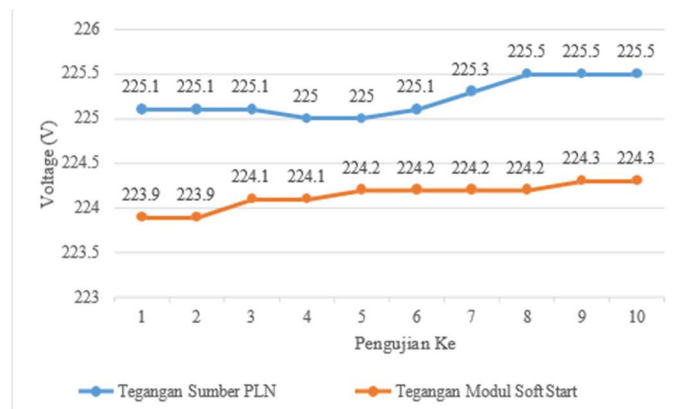


Gambar 10 Pengujian *start* beban resistif

Berdasarkan hasil dari gambar 11, arus *start* pada beban resistif dengan sumber PLN mengalami lonjakan pada detik 1 dengan nilai arus 2,43 A, sedangkan pada sumber *output* modul *softstart* arus naik secara bertahap dimulai dari 1,12 A pada detik 1 lalu 1,62 A pada detik ke 2. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan modul *softstart* terhadap beban resistif mampu mengurangi lonjakan arus saat *start* [23].

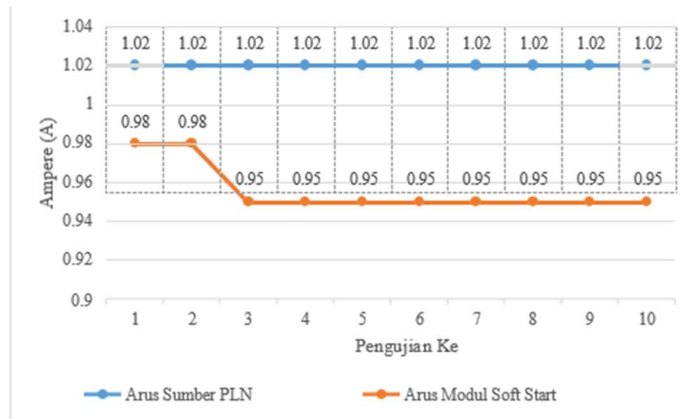
3.3 HASIL PENGUJIAN BEBAN INDUKTIF

Tahapan ini merupakan pengujian beban induktif dengan menggunakan dua sumber tegangan yaitu tegangan sumber PLN dan *output* modul *softstart*. Maka hasil pengujian tegangan adalah sebagai berikut.



Gambar 11 Pengujian Tegangan Beban Induktif

Gambar 12 menunjukkan hasil pengujian tegangan beban induktif, nilai rata – rata pada tegangan PLN adalah 225,22 V dan rata – rata tegangan *output* modul 224,14 V. Maka, tegangan modul *softstart* lebih rendah dengan nilai perbandingan 1,08 V. Selanjutnya hasil pengukuran arus pada beban resistif sebagai berikut.

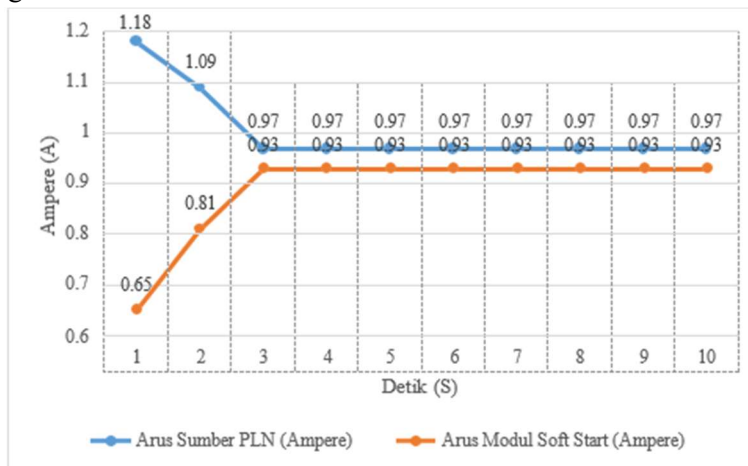


Gambar 12 Pengujian Arus Beban Induktif

Berdasarkan gambar 13, hasil nilai arus yang stabil pada sumber PLN dengan nilai 1,02 A dan *output* modul memiliki nilai rata – rata 0,96 A.

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 12 dan 13, maka dihitung nilai rata – rata daya menggunakan persamaan 1, maka hasil penggunaan daya dari sumber PLN adalah 195,26 W dan *output* modul *softstart* adalah 182,26 W. Hasil tersebut menunjukkan penggunaan daya pada *output* modul *softstart* dapat mengurangi penggunaan daya dengan nilai perbandingan 13,00 W.

Dari hasil perhitungan daya tersebut maka dihitung nilai efisiensi menggunakan persamaan 2. Maka nilai efisiensi penggunaan modul *softstart* adalah 94%. Nilai penggunaan daya dan efisiensi pada beban induktif lebih kecil dibandingkan beban resistif karena beban induktif menarik arus maksimum untuk lilitan pada *stator* [24]. Selanjutnya adalah pengujian arus *start* pada beban induktif dengan hasil sebagai berikut.



Gambar 13 Pengujian *start* beban Induktif

Berdasarkan hasil dari gambar 14, arus *start* pada beban induktif dengan sumber PLN mengalami lonjakan pada detik ke 1 dengan nilai arus 1,18 A lalu turun pada detik ke 2 dengan nilai 1,09 A kemudian stabil di detik selanjutnya, sedangkan pada sumber *output* modul *softstart* arus naik secara bertahap dimulai dari 0,65 A pada detik 1 lalu 0,81 A pada detik ke 2 kemudian stabil pada detik selanjutnya dengan nilai lebih rendah 0,93 A dibandingkan dengan menggunakan sumber PLN. Berdasarkan hasil tersebut, penggunaan modul *softstart* dapat mengurangi lonjakan arus beban induktif dan mengurangi penggunaan energi listrik [23].

4. KESIMPULAN

Perancangan modul *softstart* pada beban resistif dan induktif dapat mengurangi lonjakan arus *start*, penggunaan daya dan memiliki nilai efisiensi yang baik. Perancangan alat ukur berbasis arduino uno dan sensor PZEM – 004T memiliki hasil pengukuran tegangan arus dengan baik. Perancangan modul *softstart* dapat dikembangkan guna meningkatkan lonjakan arus *start* serta mengurangi penggunaan daya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Putri, I. P. F. Rorong, and S. Y. . Tumangkeng, “Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi permintaan daya listrik rumah tangga di Kota Manado,” *J. Berk. Ilm. Efisiensi*, vol. 23, no. 1, pp. 133–144, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jbie/article/view/45311%0Ahttps://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jbie/article/download/45311/40872>
- [2] O. Nasution, J. Napitupulu, L. Siahaan, and Y. Ginting, “Tinjauan Pemakaian Energi Listrik Sendiri pada Bangunan Industri,” *J. DARMA AGUNG*, vol. 30, no. April, pp. 131–141, 2022.
- [3] Balisranislam, P. Harahap, and S. Lubis, “Perancangan Alat Inverter Energi Listrik Menggunakan Simulink Matlab,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 4, no. 2, pp. 91–98, 2021.
- [4] Rimbawati, Cholish, E. Saputro, and P. Harahap, “Perancangan Sistem Kontrol Penstabil Tegangan Menggunakan PLC M221 Pada PLTMH Bintang Asih,” *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 62–70, 2021, [Online]. Available: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- [5] H. Naldi, E. Zondra, and H. Yuvendius, “Studi Pengaruh Pemasangan Soft Stater Motor Induksi Tiga Fasa Pada Tisu Machine di PT. Pindo Deli Perawang,” *J. Tek.*, vol. 15, no. 2, pp. 104–112, 2021, doi: 10.31849/teknik.v15i2.6169.
- [6] F. Z. Mumtaza and Z. A. Supardi, “Analisis Penggunaan Soft Start Untuk Mengurangi Lonjakan Arus Awal Pemakaian Listrik,” *Inov. Fis. Indones.*, vol. 8, no. 3, pp. 66–70, 2019.
- [7] A. B. Laksono and H. A. Abdillah, “Analisa Penggunaan Softstart Untuk Mengurangi Arus Awal Pada Supply Power Amplifier,” *Informatics, Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 8–13, 2023, doi: 10.33474/infotron.v3i1.18747.
- [8] Anggi, J. Ilham, and A. Y. Dako, “Evaluasi Sistem Instalasi Tenaga Listrik Berdasarkan Standar PUIL 2011 (Studi Kasus pada PT. Multi Nabati Sulawesi Luwuk),” *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 4, no. 1, pp. 193–198, 2025, doi: 10.1080/15411796.2011.585906.
- [9] H. Ndikade, S. Salim, and S. Abdussamad, “Studi Perbaikan Faktor Daya Pada Jaringan Listrik Konsumen Di Kecamatan Katobu Kabupaten Muna,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 52–59, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.11989.
- [10] D. Novianto, E. Zondra, and ..., “Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang,” *SainETIn J. Sains ...*, vol. 4, no. 2, pp. 73–80, 2022, doi: 10.31849/sainetin.v6i2.9734.
- [11] A. B. P. Kakiay, D. B. Santoso, and U. Latifa, “Sistem Instrumentasi Pada Pendeteksian Tangan dan Monitoring Tangki Persediaan Alat Cuci Tangan Otomatis Menggunakan Photovoltaic,” *Electro Luceat*, vol. 6, no. 2, pp. 117–123, 2020, doi: 10.32531/jelekn.v6i2.223.
- [12] T. H. Rangkuti and M. Martiano, “Design of IoT Based Electrical Parameter Monitoring System using NodemCu V3 and PZEM-004T V3 Sensor,” *Tsabit J. Comput.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2025, doi: 10.56211/tsabit42.
- [13] M. Raschintasofi and H. Yani, “Perancangan UI/UX Aplikasi Learning Management System Menggunakan Metode Design Thinking,” *J. Manaj. Teknol. Dan Sist. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 343–353, 2023, doi: 10.33998/jms.2023.3.1.753.
- [14] A. Raihan Agustin, A. Samrotul Fuadah, D. Vijar Mutiara, and A. Malik UIN Sunan Gunung

- Djati Bandung, "Pengaruh hubungan Resistor terhadap Arus dan Tegangan pada Rangkaian Listrik," *Exp. J. Sci. Educ.*, vol. 4, no. 2, pp. 2747–206, 2024.
- [15] B. Bulaka, Triani, Sukma S.W.N, Dinda, and Miranda, "Analisis Karakteristik Dioda Berbasis Eksperimen di Laboratorium Fisika Universitas Sembilanbelas November Kolaka," *GRAVITASI J. Pendidik. Fis. dan Sains*, vol. 7, no. 01, pp. 22–26, 2024, doi: 10.33059/gravitasi.jpfs.v7i01.10448.
- [16] M. I. Taufiqi, Endarsyah, P. W. Rusimanto, and F. Achmad, "Analisis Penggunaan Alat Pengatur Kecepatan Motor AC Satu Phase Menggunakan Bidirectional Triode Thyristor (TRIAC)," *J. Tek. Elektro*, vol. 10, pp. 315–323, 2021.
- [17] F. Ibnu, A. Endang, and Erlinasari, "Pengaruh Variasi Kapasitor Terhadap Perbaikan Faktor Daya dan Stabilitas Tegangan Pada Sistem Elektronika," *AKIRATECH J. Comput. Electr. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 71–77, 2025.
- [18] R. Saputra, Bintang Wahyu Hakim, and Ahmad Rizalul Arifin, "Analisis dan Perancangan Rangkaian Power Supply Dengan Modifikasi Penyearah Dioda IN4001 Untuk Mengatur Output Tegangan dan Arus Berdasarkan Variasi Beban," *J. Electr. F.*, vol. 2, no. 1, pp. 48–56, 2025, doi: 10.63440/jef.v2i1.105.
- [19] E. Effendi and Z. Zakwansyah, "Design and Application Prototype of soft starting Three-Phase AC Motor by Using Analog Electronics Control for Teaching Aids of Power Electronics Practice," *J. Inotera*, vol. 9, no. 2, pp. 444–454, 2024, doi: 10.31572/inotera.vol9.iss2.2024.id385.
- [20] A. C. Berbasis, I. C. Pwm, R. Ferdiansyah, F. A. Ramadhan, and N. A. Filabda, "Perancangan Inverter Satu Fasa 12V Dc Ke 220V AC Berbasis IC PWM Tipe CD4047BE," *IDENTIK J. Ilmu Ekon. Pendidik. dan Tek.*, vol. 02, pp. 7–15, 2025.
- [21] I. Apriliyanto *et al.*, "Analisis Jatuh Tegangan Pada Penyulang S-1 Di Gardu Induk Manggar Sari Balikpapan," *Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, 2023.
- [22] S. Abdussamad, "Implementasi Pengukuran Beban Resistif Pada Lampu Pijar," *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 83–86, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i1.12064.
- [23] M. Zaki, Nurhazizah, Z. Saputra, and Yudhi, "Perancangan Soft Starting Pada Motor Induksi Satu Fasa," *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 121–126, 2021, [Online]. Available: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/44>
- [24] R. Silaen and J. L. Hutabarat, "Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Putaran dan Daya Masuk Motor Induksi Tiga Fasa (Aplikasi Pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-UHN)," *J. ELPOTECs*, vol. 4, no. 1, pp. 1–15, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.uhn.ac.id/index.php/elpotecs/article/view/446>