

# Pemanfaatan Arduino untuk Penentuan Kapasitansi Kapasitor pada Perbaikan Faktor Daya

Rheksi Hermawan<sup>1</sup>, Ratnasari Nur Rohmah<sup>2</sup>

Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta

email: <sup>1</sup> rheksihermawan@gmail.com, <sup>2</sup> rnr217@ums.ac.id

**Abstract**—Makalah ini memaparkan hasil penelitian penggunaan Arduino untuk penentuan kapasitansi kapasitor dalam perbaikan faktor daya. Faktor daya merupakan salah satu nilai yang penting dalam perhitungan listrik bolak-balik. Nilai ini akan berubah sesuai dengan beban yang ada pada listrik tersebut. Nilai ini juga menunjukkan seberapa efisien daya listrik itu dipakai. Dalam kondisi idealnya, faktor daya listrik terbaik adalah bernilai 1. Semakin lebih kecil dari nilai tersebut, semakin tidak efisien penggunaan daya listriknya. Kecilnya nilai faktor daya ini disebabkan adanya penggunaan beban induktif. Penelitian ini akan merancang suatu alat untuk memperbaiki faktor daya dengan menambahkan beban kapasitif dari beban induktif yang ada dengan menambahkan suatu kapasitor dengan nilai kapasitansi yang tepat yang tepat. Alat ini dibangun terdiri dari sensor tegangan, sensor arus, sensor beda fasa, dan Arduino. Hasil pengujian dari alat yang dibangun memperlihatkan kinerja alat yang baik. Dibandingkan dengan alat ukur standar *HIOKI Power meter*, akurasi sensor pada alat ini mencapai: kesalahan pembacaan sebesar 3,13% untuk sensor tegangan, 4,85 % untuk sensor arus, dan 5,66 % untuk sensor beda fasa. Hasil pengujian atas pemasangan kapasitor dengan kapasitansi hasil perhitungan otomatis dengan arduino memperlihatkan perbaikan faktor daya dengan selisih 0,875 % terhadap faktor daya harapan 0,99 yang direncanakan.

**Kata-kata kunci:** faktor daya, kapasitor, perbaikan, Arduino.

## I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan komponen penting yang sangat dibutuhkan pada masa sekarang. Peralatan-peralatan rumah tangga hampir semuanya memakai energi listrik dalam pengoperasiannya. Peralatan tersebut meliputi lampu, televisi, kulkas, AC (*Air Conditioner*), mesin cuci, pompa air, charger handphone, dan lain sebagainya. Alat-alat tersebut harus tersambung energi listrik agar dapat beroperasi. Kalangan industri juga tidak jauh beda, sama

sama membutuhkan energi listrik dalam kesehariannya. Industri memegang peranan besar dalam kebutuhan energi listrik karena di dalam industri banyak mesin-mesin besar yang tentunya membutuhkan energi listrik yang besar pula. Penerangan pada dunia industri pun juga butuh energi listrik yang tidak sedikit karena banyaknya lampu yang dipasang.

Peralatan listrik yang digunakan baik dalam instrum maupun rumah tangga sebagian besar merupakan peralatan yang bersifat resistif dan induktif. Bahkan untuk peralatan resistif, sangat jarang ditemui peralatan yang bersifat resistif murni, yang banyak adalah resistif-induktif. Peralatan yang bersifat induktif ini menyebabkan inefisiensi yang ditandai dengan rendahnya faktor daya listrik. Beban induktif akan menggunakan daya reaktif dimana beban akan menarik arus tidak hanya untuk kebutuhan kerja beban tersebut, tetapi juga menarik arus untuk proses menghasilkan medan magnet pada peralatan tersebut. Hal ini mengakibatkan arus yang dikonsumsi lebih besar daripada kerja yang dihasilkan.

Faktor daya yang rendah dapat diperbaiki dengan beberapa cara, salah satunya adalah dengan penambahan beban yang bersifat kapasitif. Beban kapasitif ini akan menimbulkan daya reaktif, dimana vektor daya reaktif ini berlawanan dengan daya reaktif yang dihasilkan oleh beban induktif. Adanya dua vektor daya yang berlawanan arah ini akan mengurangi besarnya daya reaktif yang menyebabkan inefisiensi dalam penggunaan daya listrik. Beban kapasitif ini dapat berupa suatu kapasitor yang ditambahkan pada beban total peralatan. Kapasitor tambahan ini tidak boleh sembarangan nilainya, namun harus sesuai dengan nilai faktor daya reaktif yang ditimbulkan oleh adanya beban induktif.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat yang dapat menghitung kebutuhan kapasitor untuk memperbaiki faktor daya pada beban. Faktor daya harapan yang ingin diperbaiki dengan adanya kapasitor tersebut adalah faktor daya diatas 0,95. Proses memasukkan penambahan elemen reaktif untuk membuat faktor daya mendekati nilai 1 disebut perbaikan faktor daya [1]. Disamping memperbaiki faktor daya, perhitungan ini juga bertujuan untuk

meningkatkan efisiensi listrik pada suatu tempat dengan dipasangnya kapasitor bank. Penelitian ini juga bermanfaat untuk memberikan pengetahuan tentang bagaimana merancang suatu rangkaian elektronika yang dapat berfungsi dengan baik walaupun menangani tegangan bolak-balik secara langsung. Hal ini mampu mendorong kemampuan peneliti dalam merancang alat elektronika yang berhubungan langsung dengan tegangan tinggi.

Penelitian ini mampu memberikan gambaran tentang perhitungan daya yang berlaku di PLN. Perhitungan ini dapat dijadikan acuan untuk menentukan besarnya kapasitas komponen pada perancangan alat ini. Perhitungan daya PLN juga dapat dijadikan sebagai perhitungan kapasitas maksimal yang dapat ditanggung pada jaringan listrik rumah, perkantoran, industri atau yang lainnya. Hal ini harus sangat dipertimbangkan mengingat jika tidak dihitung secara pasti, maka kelistrikan yang akan digunakan bisa saja menjadi tidak stabil atau tidak sesuai yang diharapkan.

**II. DASAR TEORI**

Energi listrik mempunyai banyak besaran yang terkandung di dalamnya. Besaran ini menentukan seberapa kuat listrik pada suatu tempat dapat menanggung beban. Komponen tersebut meliputi tegangan, arus, faktor daya dan hasil perkalian dari ketiga komponen tersebut yaitu daya. Tegangan biasanya sudah menjadi ketetapan dari penyedia listrik, dalam hal ini PLN. PLN menyediakan tegangan yaitu 1 fasa (220 V) dan 3 fasa (380 V). Arus pada listrik tergantung dari bebannya, jika beban membutuhkan arus besar, maka beban tersebut juga akan menarik arus yang besar juga dari sumbernya. Sedangkan daya merupakan besaran kerja dari suatu peralatan listrik, baik dalam listrik searah, atau listrik bolak-balik. Daya dapat digambarkan dengan kemampuan satu jaringan listrik dalam menanggung beban yang ada pada jaringan tersebut.

Dalam listrik arus bolak-balik, daya listrik terdiri dari tiga komponen daya: daya semu (S), daya nyata (P), dan daya reaktif (Q). Daya listrik merupakan besaran vektor seperti terlihat pada Gambar 1. Masing-masing daya tersebut, jika dihitung dari tegangan dan arus yang melalui beban, dapat dihitung dengan rumus:

$$S = V \times I \tag{1}$$

$$P = V \times I \times \cos \theta \tag{2}$$

$$Q = V \times I \times \sin \theta \tag{3}$$

dengan:

V = Tegangan (V)

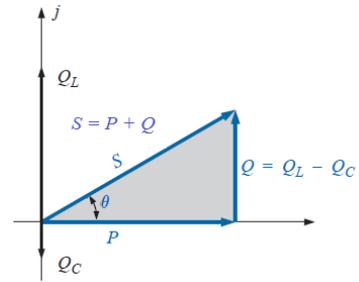
I = Arus (I)

$\theta$  = sudut perbedaan fasa antara arus dan tegangan

S = Daya semu (VA)

P = Daya nyata (Watt)

Q = Daya reaktif (VAR)



Gambar 1. Hubungan Segitiga Daya.

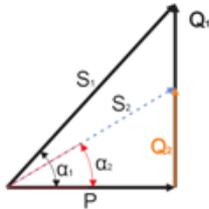
Daya nyata P merupakan daya yang digunakan oleh beban resistif, sedangkan daya reaktif Q adalah daya yang digunakan oleh beban induktif maupun beban kapasitif. Daya reaktif itu sendiri merupakan hasil penjumlahan vektor daya reaktif pada beban induktif  $Q_L$  dan vektor daya reaktif pada beban kapasitif  $Q_C$ . Sedangkan penjumlahan vektor daya nyata dengan daya reaktif akan menghasilkan vektor daya semu S. Sedangkan nilai cosinus dari sudut yang diapit vektor daya nyata dan vektor daya semu disebut sebagai faktor daya. Daya nyata adalah daya listrik yang 'habis' digunakan oleh beban resistif untuk diubah kedalam bentuk energi yang lain. Sedangkan daya reaktif adalah daya yang 'dipinjam' oleh beban induktif atau beban kapasitif. Daya semu merupakan besaran daya yang bernilai ekonomis. Berdasarkan nilai daya semu inilah, seorang konsumen listrik harus membayar sejumlah biaya kepada penyedia energi listrik.

Dari Gambar 1 terlihat, meskipun tidak benar-benar digunakan untuk diubah dalam energi bentuk lain, daya reaktif akan mempengaruhi besarnya daya semu. Saat daya reaktif nol, maka besarnya daya semu akan sama dengan daya nyata. Kondisi daya reaktif sama dengan nol ini diperlihatkan dalam besaran faktor daya yang sama dengan 1. Adanya daya reaktif akan menyebabkan bertambahnya besaran daya semu yang berarti berkurangnya faktor daya menjadi lebih kecil dari pada 1. Dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai faktor daya, semakin inefisien daya listrik yang dipakai, karena konsumen tidak hanya membayar energi listrik yang benar-benar dipakai, namun juga energi listrik yang sebenarnya hanya 'dipinjam'.

Faktor daya dapat diperbaiki dengan memperkecil daya reaktif. Gambar 2 menunjukkan contoh perbedaan segitiga daya sebelum faktor daya diperbaiki dan sesudah faktor daya diperbaiki. Untuk suatu kondisi dimana beban merupakan beban yang bersifat induktif, maka perbaikan faktor daya dapat dilakukan dengan memasang tambahan kapasitor pada beban [1][2][3]. Kapasitor ini berfungsi sebagai penghasil daya reaktif yang arahnya negatif/ke bawah ( $Q_C$ ). Cara ini menyebabkan adanya selisih antara  $Q_C$  dari kapasitor tambahan dan  $Q_L$  dari beban induktif. Hasil dari selisih ini menjadikan daya reaktif  $Q_1$  yang tadinya tinggi menjadi lebih rendah karena ada tambahan kapasitor ( $Q_2$ ). Perubahan nilai daya reaktif ini akan mengubah

## Pemanfaatan Arduino untuk Penentuan Kapasitansi Kapasitor pada Perbaikan Faktor Daya

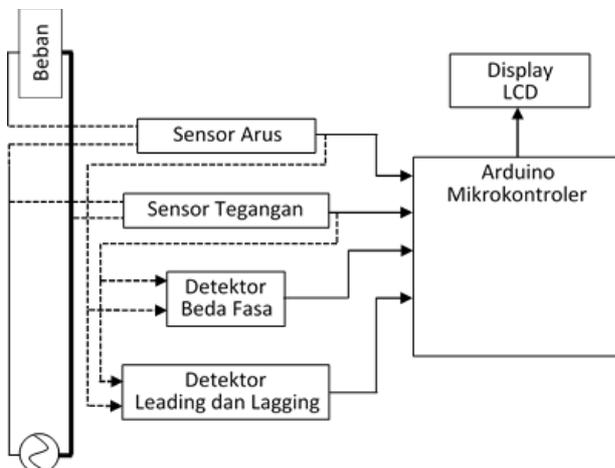
sudut  $\alpha_1$  yang tadinya besar menjadi sudut  $\alpha_2$  yang lebih kecil, dan  $S$  yang tadinya lebih panjang ( $S_1$ ) akan menjadi lebih pendek ( $S_2$ ). Kapasitor tambahan yang hendak dipasang juga tidak boleh sembarangan nilainya, harus dihitung dahulu dengan memperhatikan tegangan, arus, dan faktor daya pada beban tersebut.



Gambar 2. Ilustrasi perbaikan faktor daya.

### III. METODA PENELITIAN

Perancangan pada penelitian ini meliputi dua tahap yakni perancangan hardware dan perancangan software. Secara garis besar alat akan berfungsi sebagai penghitung nilai kapasitansi kapasitor secara otomatis. Konsep yang akan dipakai pada alat ini adalah membangun sistem mikrokontroler yang dapat mengolah data sensor sekaligus melakukan perhitungan penentuan nilai kapasitor sesuai dengan faktor daya harapan yang telah ditentukan. Komponen yang dipakai sebagai sistem pengolah dan penghitungan data adalah mikrokontroler Arduino. Arduino akan bertugas sebagai penerima data dari keluaran sensor, kemudian data tersebut akan diolah menggunakan algoritma dan pemrograman supaya data dari sensor sesuai dengan nilai yang sebenarnya. Nilai tersebutlah yang akan dipakai untuk perhitungan penentuan nilai kapasitor. Pemasangan alat hampir sama seperti pemasangan alat ukur arus yaitu seri dengan beban yang ingin dihitung. Bedanya, alat juga harus mendapatkan sumber tegangan agar dapat bekerja. Gambar 3 memperlihatkan blok diagram alat yang dirancang.



Gambar 3. Blok diagram sistem

Peralatan dan komponen elektronika yang akan digunakan dalam perancangan ini meliputi :

Arduino Nano, Arduino Uno.

Sensor Arus ACS712 20A.

Trafo step down.

IC Regulator 7805, 7806, dan 7812.

LCD Character 20x4, 16x2.

I2C LCD Backpack.

Akrilik 3mm.

Alas kayu 24x24 cm.

Terminal kabel.

MCB.

IC 74LS86, 4013, dan LM741.

Resistor, dioda, dioda zener, kapasitor milar, kapasitor keramik, kapasitor elektrolit.

Soket IC, led 5mm.

Soket female, pin male.

Jumper male to male, female to female, male to female.

Kabel NYA 3x1,5 mm.

Kabel usb.

Laptop/Komputer.

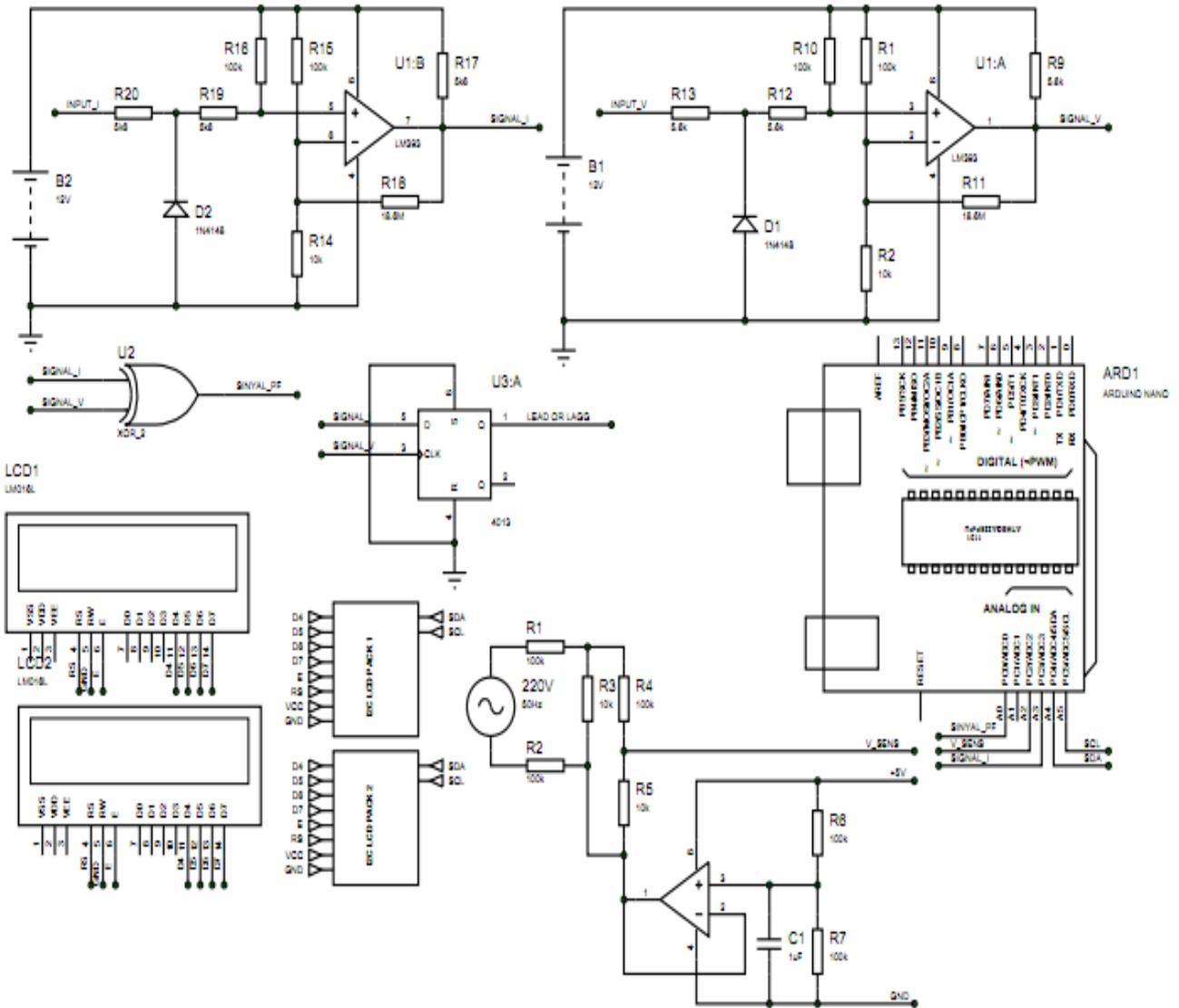
#### A. Perancangan Hardware

Perancangan hardware meliputi pembuatan rangkaian-rangkaian yang digunakan pada penelitian ini. Rangkaian sensor beda fasa, dan sensor tegangan dijadikan dalam satu pcb. Skema rangkaian penuh yang dirancang pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.

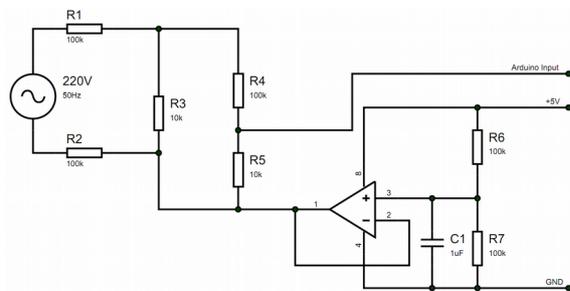
Sensor tegangan dapat dibangun dengan konsep rangkaian pembagi tegangan yang terdiri dari resistor yang diseri [4]. Sensor tegangan pada penelitian ini dibangun dengan mempertimbangkan mikrokontroler Arduino yang tidak dapat memproses sinyal AC. Rangkaian sensor dimulai dengan merangkai resistor pembagi tegangan agar sinyal tegangan 220V dari PLN dan rangkaian penghilang tegangan negatif terlebih dahulu. Rangkaian ini disamping menghilangkan tegangan negatif juga berfungsi untuk melindungi Arduino dari sinyal AC yang dapat merusak Arduino. Rangkaian penghilang tegangan negatif dibangun menggunakan rangkaian Op-Amp yang inputnya didapat dari titik temu 2 resistor pembagi tegangan 5V yang nilai resistansinya sama. Output dari Op-Amp dibiarkan ke salah kaki resistor 10k yang tersambung dengan sinyal AC 9V. Hubungan rangkaian sensor tegangan ditunjukkan pada Gambar 5.

Rangkaian sensor arus dibangun dari IC *Hall-Effect* ACS712 dengan kemampuan maksimal pengukuran 20A. Sensor ini dipasang secara seri seperti memasang alat ukur *ampere meter*. Proses kerja dari sensor ini memanfaatkan efek magnetisasi yang terjadi pada sinyal AC yang melewati IC tersebut. Efek ini kemudian akan dikonversi menjadi sinyal tegangan yang besarnya sebanding dengan arus yang mengalir.

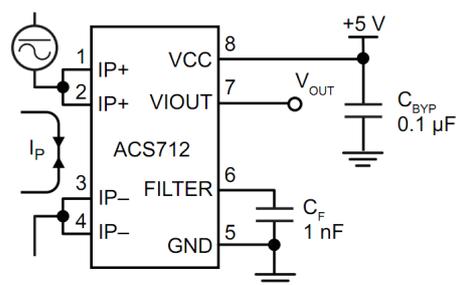
**Pemanfaatan Arduino untuk Penentuan Kapasitansi Kapasitor pada Perbaikan Faktor Daya**



Gambar 4. Skema rangkaian lengkap



Gambar 5. Rangkaian sensor tegangan

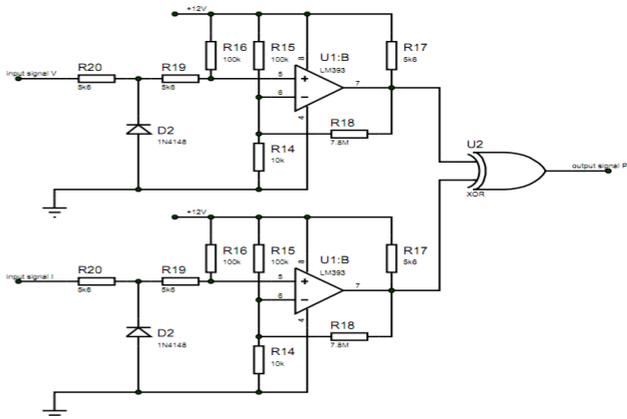


Gambar 6. Rangkaian sensor arus

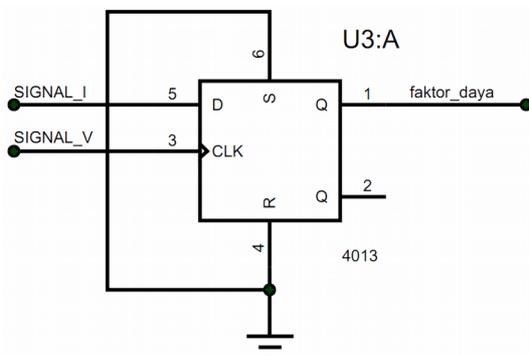
## Pemanfaatan Arduino untuk Penentuan Kapasitansi Kapasitor pada Perbaikan Faktor Daya

Perancangan sensor beda fasa menggunakan 2 rangkaian pengubah sinyal sinus ke sinyal kotak. Rangkaian pengubah menggunakan IC Op-Amp LM393 (Gambar 6). Rangkaian pembanding kedua sinyal kotak dari IC Op-Amp LM393 memanfaatkan rangkaian logika dari gerbang EX-OR. Gerbang logika ini akan membandingkan kedua sinyal, tegangan dan arus, menjadi sinyal *step*. Sinyal *step* yang keluar dari gerbang logika ini akan menggambarkan perbedaan fasa antara kedua sinyal tersebut [5]. Lamanya periode *high* pada sinyal *step* inilah yang akan dipakai dan diolah oleh Arduino sebagai output sinyal beda fasa. Rangkaian sensor beda fasa yang dirancang pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 7. Rangkaian pendeteksi beda fasa dapat diubah respon sistemnya agar tidak terpengaruh oleh distorsi harmonik. Peningkatan respon sistem pada rangkaian dapat ditentukan dengan menghitung resistor yang ada pada rangkaian tersebut [6].

Rangkaian yang tidak kalah penting selanjutnya adalah rangkaian pendeteksi beban *lagging/leading*. Pendeteksian beban *lagging/leading* dapat dilakukan dengan cara melakukan perhitungan matematis [7]. Pada penelitian kali ini rangkaian dibangun menggunakan hardware dari sistem *D Flip-flop* yang akan memberikan logika yang berbeda antara beban *leading* atau *lagging*. Skema rangkaian ditunjukkan pada Gambar 8. Rangkaian ini diperlukan agar algoritma perhitungan kapasitor hanya akan dijalankan saat beban yang ada bersifat *lagging*. Output dari rangkaian ini disambungkan ke Arduino.



Gambar 7. Rangkaian sensor beda fasa



Gambar 8. Rangkaian pendeteksi beban *lagging/leading*.

### B. Perancangan Software

Perancangan *software* selanjutnya dan yang paling utama adalah membuat algoritma perhitungan kapasitor. Algoritma ini akan memproses seluruh parameter sensor yang telah diolah yaitu sensor tegangan, arus, dan beda fasa. Algoritma ini dibangun berdasarkan rumus perhitungan kapasitor. secara garis besar, langkah-langkah algoritma penghitung kapasitor adalah sebagai berikut:

1. Ukur tegangan, arus, faktor daya melalui sensor
2. Hitung daya aktif dengan menggunakan persamaan 2
3. Simpan nilai sudut dari faktor daya awal, hitung nilai sudut dari faktor daya harapan
4. Hitung nilai sin dari faktor daya awal dan faktor daya harapan, simpan dengan variabel yang berbeda
5. Hitung arus reaktif awal
6. Hitung arus total harapan jika faktor daya harapan terpenuhi berdasarkan persamaan 2
7. Hitung arus reaktif harapan
8. Hitung selisih antara arus reaktif awal dan arus reaktif harapan
9. Hitung impedansi kapasitor
10. Hitung nilai kapasitansi kapasitor menggunakan persamaan 4 dan ubah nilai akhirnya ke dalam satuan  $\mu\text{F}$  (*micro Farad*)

Pada perancangan *software*, proses pemrograman Arduino menggunakan 2 buah Arduino. Arduino Nano berfungsi sebagai pemroses utama yang didalamnya menangani pengolahan data sensor tegangan dan arus, pemrograman display *lcd*, penerima data dari Arduino Uno, dan pemrograman algoritma perhitungan kapasitor. Arduino yang kedua yaitu Arduino Uno yang berfungsi sebagai pemroses data sensor beda fasa dan mengirimkan hasil pemrosesan tersebut ke Arduino Nano.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengujian kinerja sensor

Sensor merupakan bagian penting dari alat yang dibuat pada penelitian ini. Data yang diperoleh dari sensor merupakan data masukan yang akan diolah oleh Arduino Uno, untuk mendapatkan nilai kapasitansi kapasitor tambahan yang diperlukan pada suatu saat. Pengujian peralatan sensor pada penelitian ini dilakukan dengan memasang alat pada jaringan listrik rumah dengan peralatan tertentu diaktifkan. Hasil pengukuran peralatan sensor yang dibuat pada penelitian ini selanjutnya dibandingkan dengan alat ukur yang sudah berstandar yaitu HIOKI *Power Meter*. Hasil pengujian pengukuran besaran listrik oleh

## Pemanfaatan Arduino untuk Penentuan Kapasitansi Kapasitor pada Perbaikan Faktor Daya

sensor yang dibuat dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian pengukuran tegangan

No.	Beban	Hasil pengukuran tegangan		Perbedaan pengukuran (%)
		Alat yang dibuat (V)	HIOKI (V)	
1	Mesin bor	218,10	212,40	2,68
2	Solder	218,20	213,20	2,34
3	Mesin bor dan solder	218,10	213,60	2,10
4	Kulkas	217,90	214,60	1,53
5	Kulkas, kipas angin, dan charger laptop	218,00	213,30	2,20
6	Kulkas, pompa air, dan charger laptop	218,00	201,40	8,24
7	Pompa air	218,00	205,30	6,18
8	Pompa air dan mesin cuci	218,00	212,00	2,83
9	Mesin obras	217,90	213,80	1,91
10	Mesin obras dan pompa air	218,00	210,40	3,61
11	Mesin obras dan mesin cuci	218,00	211,10	3,26
12	Mesin cuci	218,10	212,80	2,49
13	Kulkas dan mesin cuci	217,90	213,60	2,01
14	Kulkas dan mesin obras	217,90	210,80	3,36
15	Mesin cuci, mesin obras, dan kulkas	218,00	213,40	2,15
<b>Rata-rata perbedaan pengukuran</b>				<b>3,13</b>

Tabel 2. Hasil pengujian pengukuran arus

No.	Beban	Hasil pengukuran arus		Perbedaan pengukuran (%)
		Alat yang dibuat (A)	HIOKI (A)	
1	Mesin bor	0,61	0,64	4,68
2	Solder	0,15	0,15	0,00
3	Mesin bor dan solder	0,73	0,77	5,19
4	Kulkas	0,63	0,63	0,00
5	Kulkas, kipas angin, dan charger laptop	0,88	0,94	6,38
6	Kulkas, pompa air, dan charger laptop	1,60	1,68	4,76
7	Pompa air	0,94	0,98	4,08
8	Pompa air dan mesin cuci	1,65	1,78	7,30
9	Mesin obras	0,98	1,02	3,92
10	Mesin obras dan pompa air	1,89	2,02	6,43
11	Mesin obras dan mesin cuci	1,55	1,73	10,40
12	Mesin cuci	0,76	0,81	6,17
13	Kulkas dan mesin cuci	1,27	1,33	4,51
14	Kulkas dan mesin obras	1,51	1,58	4,43
15	Mesin cuci, mesin obras, dan kulkas	2,12	2,22	4,50
<b>Rata-rata perbedaan pengukuran</b>				<b>4,85</b>

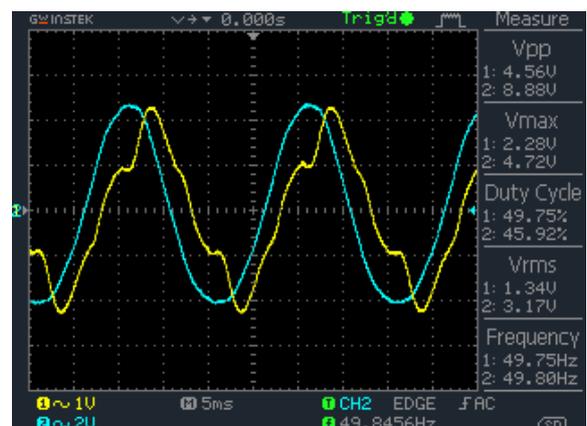
Tabel 3. Hasil pengujian daya

No.	Beban	Perbandingan Sensor faktor daya dari tegangan dan arus terukur		Perbedaan pengukuran (%)
		Alat yang dibuat	HIOKI	
1	Mesin bor	0,85	0,72	18,05
2	Solder	0,99	0,99	0,00
3	Mesin bor dan solder	0,89	0,80	11,25
4	Kulkas	0,75	0,74	1,35
5	Kulkas, kipas angin, dan charger laptop	0,87	0,86	1,16
6	Kulkas, pompa air, dan charger laptop	0,85	0,86	1,16
7	Pompa air	0,88	0,85	3,52
8	Pompa air dan mesin cuci	0,95	0,93	2,15
9	Mesin obras	0,86	0,69	24,63
10	Mesin obras dan pompa air	0,86	0,78	10,25
11	Mesin obras dan mesin cuci	0,88	0,87	1,14
12	Mesin cuci	0,99	0,98	1,02
13	Kulkas dan mesin cuci	0,93	0,92	1,08
14	Kulkas dan mesin obras	0,77	0,72	6,94
15	Mesin cuci, mesin obras, dan kulkas	0,86	0,85	1,17
<b>Rata-rata perbedaan pengukuran</b>				<b>5,66</b>

Berdasarkan tabel-tabel tersebut, dapat dilihat terdapat perbedaan pengukuran sensor tegangan sebesar 3,13 %, sensor arus 4,85 %, dan sensor faktor daya 5,66 %. Kesalahan pengukuran ini diperoleh karena beberapa hal seperti, faktor komponen, ketelitian algoritma pemrograman, dan kondisi lingkungan. Namun dari besarnya persentase *error*, peneliti mempunyai kesimpulan bahwa seluruh sensor yang dibuat dalam penelitian ini sudah cukup untuk dapat dijadikan sebagai acuan nilai data sensor

### B. Pengujian penambahan kapasitor untuk perbaikan faktor daya pada beban berdasar hasil perhitungan dengan Arduino.

Pengujian perbaikan faktor daya dengan pemasangan kapasitor tambahan hasil perhitungan Arduino pada beban memperlihatkan adanya perbaikan faktor daya. Gambar berikut memperlihatkan bagaimana perbaikan daya tercapai pada beban yang berupa mesin bor berkapasitas 350 W. Gambar 9 menunjukkan adanya perbedaan fase antara gelombang antara tegangan dan arus, sebelum diberikan kapasitor tambahan. Perbedaan fase yang cukup terlihat mata ini memperlihatkan faktor daya yang rendah  $< 1$ . Dari hasil perhitungan Arduino, besarnya kapasitansi yang harus ditambahkan pada beban agar tercapai faktor daya harapan sebesar 0,99 adalah 6,06  $\mu\text{F}$ . Karena nilai tersebut tidak ada di pasaran, maka digunakan kapasitor dengan nilai 6  $\mu\text{F}$  sebagai penambahan bebannya. Gambar 10 menunjukkan gambar gelombang arus dan tegangan setelah diberikan penambahan kapasitor 6  $\mu\text{F}$  pada beban. Terlihat setelah diberikan penambahan kapasitor sesuai perhitungan, beda fase antara tegangan dan arus mengecil. Hal ini memperlihatkan adanya perbaikan faktor daya ( $\approx 1$ ), karena adanya pemasangan kapasitor tambahan dengan nilai kapasitansi yang tepat.



Gambar 9. Hasil pengamatan sinyal arus dan tegangan dengan osiloskop sebelum pemasangan kapasitor tambahan

## Pemanfaatan Arduino untuk Penentuan Kapasitansi Kapasitor pada Perbaikan Faktor Daya



Gambar 10. Hasil pengamatan sinyal arus dan tegangan dengan osiloskop setelah pemasangan kapasitor tambahan.

Pengujian pemasangan kapasitor pada beban yang berbeda-beda dilakukan pada 8 macam beban yang berbeda. Pada tiap pengujian, terbukti Arduino dapat langsung menghitung kapasitor dengan rumus yang sudah ditentukan. Pada pengujian ini, besarnya faktor daya harapan yang ingin diperbaiki adalah 0,99. Tabel 3 menunjukkan hasil perhitungan Arduino yaitu pengukuran faktor daya dan perhitungan nilai kapasitor. Untuk menguji kebenaran perhitungan kapasitor, pada pengujian dilakukan pemasangan kapasitor ke jaringan beban secara langsung. Pemasangan besarnya kapasitor didapat dari nilai yang telah dihitung oleh alat yang dibuat pada penelitian ini. Hasil akhir dari pengujian ini adalah faktor daya akhir setelah kapasitor dipasang pada jaringan beban listrik.

Tabel 4. Pengaruh pemasangan kapasitor tambahan pada perbaikan faktor daya untuk berbagai macam beban listrik rumah tangga

No	Beban	Faktor Daya Terukur	Kapasitor tambahan terhitung (uF)	Kapasitor tambahan terpasang (uF)	Faktor Daya Akhir	Selisih Perbaikan faktor daya (%)
1	Kulkas	0,77	5,38	5	0,99	0
2	Kulkas, kipas angin, dan charger laptop	0,91	4,05	4	0,99	0
3	Kulkas, pompa air, dan charger laptop	0,87	10,95	10	0,99	0
4	Mesin obras	0,81	6,94	6	0,95	4
5	Mesin obras, pompa air, dan charger laptop	0,85	12,41	12	0,98	1
6	Mesin obras dan mesin cuci	0,90	7,46	7	0,98	1
7	Kulkas dan mesin obras	0,78	11,79	11	0,98	1
8	Mesin obras, mesin cuci, dan kulkas	0,85	13,34	13	0,99	0
<b>Rata-rata selisih terhadap faktor daya harapan</b>						0,875

Berdasarkan tabel di atas, rata-rata selisih perbaikan faktor daya terhadap faktor daya harapan adalah sebesar 0,875 %. Selisih ini muncul akibat dari pemasangan kapasitor yang tidak sesuai dengan hasil perhitungan. Pemasangan kapasitor hanya dilakukan dengan mengambil nilai integer dari hasil perhitungan kapasitansi oleh Arduino. Hal ini didasarkan pada tidak selalu tersedianya nilai kapasitor di pasaran yang sesuai dengan hasil perhitungan. Besaran selisih ini dapat diperkecil lagi bila nilai kapasitor yang dipasang bisa sedekat mungkin

dengan hasil perhitungan. Selain itu, perbaikan pada rangkaian pengolahan sinyal pada sensor beda fasa juga harus bisa lebih responsif dan lebih peka terhadap tinggi amplitudo yang tiba-tiba berbeda, khususnya pada pengolahan sinyal arus. Karena pada hakikatnya, bentuk gelombang arus akan terpengaruh pada peralatan listriknya.

## V. KESIMPULAN

Hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa secara garis besar, alat yang dibuat telah mampu menghitung nilai kapasitor dengan baik. Namun, dari hasil pembahasan pemasangan kapasitor pada beban, masih terdapat kesalahan yang menyebabkan faktor daya akhir berbeda dengan faktor daya yang ingin dicapai yaitu 0,99. Besarnya perbedaan adalah 0,875 %. Hal ini disebabkan oleh nilai kapasitor yang dipasang berbeda dengan hasil perhitungan Arduino, selain itu disebabkan oleh kemampuan masing-masing komponen yang terdapat batas toleransi dan faktor lingkungan.

Besarnya kesalahan pembacaan sensor sebesar 3,13 % untuk sensor tegangan, 4,85 % untuk sensor arus, dan 6,66 % untuk sensor faktor daya. Kesalahan ini disebabkan oleh perancangannya yang dibuat sendiri. Kesalahan tersebut dapat muncul karena pemilihan komponen yang kualitasnya kurang. Selain itu, nilai pada komponen seperti resistor memiliki toleransi yang cukup besar yaitu 5%. Hal ini berakibat adanya perbedaan pada nilai komponen yang tertera pada body komponen dengan nilai hambatan yang diukur dengan multimeter. Hal ini dapat diminimalisir dengan mencari komponen dengan toleransi nilai sekecil mungkin.

Penelitian selanjutnya harus mempertimbangkan kualitas masing-masing komponen agar pembacaan dan kerja rangkaian semakin mendekati alat ukur. Hal ini bertujuan untuk mengurangi dan meminimalisir kesalahan pembacaan pada alat yang dibuat.

## REFERENSI

- [1] Boylestad, R. (2003). *Introductory Circuit Analysis, Tenth Edition*. New York: Prentice Hall
- [2] Darmawan, A., Rahma Wati, F., & Muhaimin, N. (2015). *Rancang Bangun Alat Perbaikan Faktor Daya untuk AC (Air Conditioner) secara Otomatis*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [3] Yasin, M. (2015). *Perancangan Cos Phi Meter Berbasis Mikrokontroler Atmega16*. Bogor: Universitas Pakuan.
- [4] Fransiska, R., Septia, E., Vessabhu, W., Frans, W., Abednego, W., & Hendro. (2013). Electrical Power Measurement Using Arduino Uno Microcontroller and labVIEW. *IEEE*, 226-229.
- [5] Biswas, R. S. (2015). Automatic Power Factor Improvement using Microcontroller. *IEEE*.
- [6] Ahmmed, P., Saha, S., & Al Sunny, S. (2013). Modeling and Simulation of a Microcontroller Based Power Factor Converter. *IEEE*.
- [7] Yaseen, A. A. (2012). Fast-Response Power Factor Computation Technique. *IEEE*, 235-240.