

PERANCANGAN SENSOR $\cos \phi$ UNTUK MONITORING SEGITIGA DAYA PADA JARINGAN 1 FASA

Abdul Muis Prasetia¹, Sugeng Riyanto², Linda Sartika³, Suriad⁴

^{1,2,3}Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

⁴PT Tarakan Elektrik Brother's, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

*prasetia.electric@gmail.com

⁴suria.sur@gmail.com

Abstract—Electricity has a big role in day life. It is used for domestic appliances and industrial sector, many things are worked with the help of electricity. Thus, the quality of electrical energy supply is very important to get to know. There are three factors that affect the quality of electrical energy in the power triangle, there are voltage, electrical current, and electrical power ($\cos \phi$). The power triangle is a representation of the mathematical relation among different types of power, namely active power (Watts), reactive power (Var) and apparent power (VA). In the power triangle, the comparison between active power and apparent power is the power factor, it can be cause the power factor affects the value of the power triangle. So, there need a system that can measure the value of the power factor, there stand for reason the researcher designed a system that can be used to monitor $\cos \phi$ and power triangles on a 1-phase network. The method is designing the $\cos \phi$ sensor program and the power triangle monitoring system. The electrical load used is 1.7 H inductive load up to 6.920 Ohm resistive loads connected in parallel. The results of monitoring system design with an average error are 2.08% apparent power, 2.44% active power, 0.64% reactive power and $\cos \phi$ 0.43%.

Keywords— $\cos \phi$, Triangle power, Monitoring.

Intisari—Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat diperlukan dan berperan penting di lingkungan masyarakat. Banyak peralatan yang membutuhkan energi listrik untuk mengoperasikannya, baik dalam skala rumah tangga maupun industri. Dengan demikian, kualitas pasokan energi listrik sangat penting untuk diketahui. Pada segitiga daya, faktor yang mempengaruhi kualitas energi listrik itu adalah tegangan, arus dan faktor daya ($\cos \phi$). Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematik antara tipe-tipe daya yang berbeda yaitu daya aktif (Watt), daya reaktif (Var) dan daya semu (VA). Pada segitiga daya perbandingan antara daya aktif dan daya semu adalah faktor daya, disini faktor daya berpengaruh untuk mengetahui nilai segitiga daya. Untuk itu, diperlukan sebuah sistem yang dapat melakukan pengukuran nilai faktor daya. Dalam penelitian ini penulis merancang sebuah sistem yang dapat digunakan untuk memonitoring $\cos \phi$ dan segitiga daya pada jaringan 1 fasa. Adapun metode yang dilakukan ialah melakukan perancangan program sensor $\cos \phi$ dan melakukan perancangan sistem monitoring segitiga daya. Beban yang digunakan yakni beban induktif 1.7 H dengan variasi penambahan hingga 6 buah beban resistif 920 Ohm yang dihubung paralel. Sehingga pada rancangan sistem monitoring ini berhasil melakukan pengukuran dengan hasil error rata-rata daya semu 2.08%, daya aktif 2.44%, daya reaktif 0.64% dan $\cos \phi$ 0.43%.

Kata Kunci— $\cos \phi$, Segitiga Daya, Monitoring.

I. NDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat diperlukan dan berperan penting di lingkungan masyarakat. Banyak peralatan yang membutuhkan energi listrik untuk mengoperasikannya, baik dalam skala rumah tangga maupun industri. Dengan demikian, kualitas pasokan energi listrik sangat penting untuk diketahui. Pada segitiga daya faktor yang mempengaruhi kualitas energi listrik itu adalah tegangan, arus dan faktor daya ($\cos \phi$).

Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematik antara tipe-tipe daya yang berbeda yaitu daya aktif (Watt), daya reaktif (Var) dan daya semu (VA). Pada segitiga daya perbandingan antara daya aktif dan daya semu adalah faktor daya, disini faktor daya berpengaruh untuk mengetahui nilai segitiga daya. Untuk itu, diperlukan sebuah sistem yang dapat melakukan pengukuran nilai faktor daya.

Pada penelitian ini dirancang sensor $\cos \phi$ yang menjadi dasar untuk monitoring segitiga daya sehingga dapat memudahkan dalam menghitung daya aktif, daya reaktif dan daya semu pada jaringan 1 fasa.

II. LANDASAN TEORI

A. Daya Listrik

Daya listrik dapat didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam bentuk rangkaian listrik. Pada jaringan listrik AC (*Alternating Current*) dengan bentuk gelombang sinusoidal dikenal beberapa jenis bentuk daya, diantaranya adalah, daya aktif (P), daya reaktif (Q) dan daya semu (S) [4]. Berikut penjelasan dari ketiga daya tersebut:

1. Daya Nyata

Dalam sirkuit yang mengandung komponen reaktif, daya nyata P adalah bagian yang lebih kecil dibandingkan daya semu S . Satuan dari daya nyata P adalah W. Daya nyata didefinisikan sebagai hasil perkalian antara tegangan dan arus serta koefisien faktor dayanya [3]. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mendapatkan besar daya aktif.

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (1)$$

dengan :

P = Daya Aktif (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

1. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif. Satuan dari daya reaktif adalah volt Ampereee reaktif (VAR). Daya reaktif dapat didefinisikan sebagai hasil perkalian antara tegangan dan arus serta nilai $\sin \varphi$ [3]. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan daya reaktif:

$$Q = V.I. \sin \varphi \tag{2}$$

dengan :

- Q = Daya Reaktif (VAR)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)

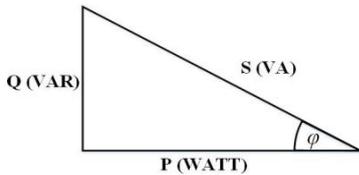
2. Daya Semu

Daya semu adalah gabungan antara daya nyata dan daya reaktif dengan satuan Volt Ampereee (VA). Daya semu didefinisikan sebagai hasil perkalian dari tegangan dan arus dalam rangkaian AC tanpa memperhatikan selisih sudut fasa arus dan tegangan.

$$S = V.I \tag{3}$$

dengan :

- S = Daya Semu (S)
- V = Tegangan (V)
- I = Arus (A)



Gambar 1. Segitiga Daya

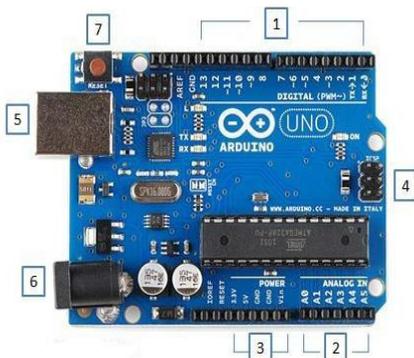
Segitiga daya merupakan segitiga yang menggambarkan hubungan matematika antara tipe-tipe daya yang berbeda (daya nyata, daya reaktif, dan daya semu) berdasarkan prinsip trigonometri. Dimana berlaku hubungan:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \angle \varphi \tag{4}$$

$$P = S. \cos \varphi \tag{5}$$

$$Q = S. \sin \varphi \tag{6}$$

B. Arduino



Gambar 2. Modul Arduino

Arduino merupakan papan elektronik *open source* dengan rangkaian sistem minimum mikrokontroler didalamnya. Mikrokontroler yang digunakan adalah AVR (*Automatic Voltage Regulator*) produk dari intel. Beberapa mikrokontroler yang sering digunakan adalah Atmega168, Atmega328, dan Atmega2560.

Bagian-bagian dari arduino sebagai berikut:

1. Pin Digital
2. Pin Analog
3. Pin Power (5v, 3.3v, Ground, Vin, VREF/Tegangan referensi)
4. Port ICSP
5. Port USB
6. Soket Power
7. Tombol Reset

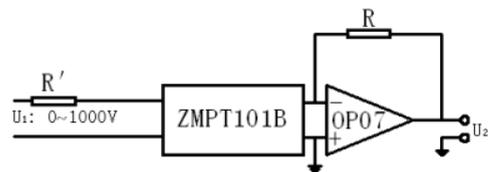
C. ZMPT101B

Sensor tegangan ZMPT101B telah dilengkapi *summing-amplifier* sehingga dapat digunakan untuk menaikkan tegangan negatif sehingga baik untuk pengukuran tegangan dengan menggunakan mikrokontroler [1]. Berikut merupakan gambar fisik dari sensor tegangan yang ditunjukkan Gambar 3.



Gambar 3. ZMPT101B

Sensor tegangan ini merupakan komponen yang sesuai jika dihubungkan dengan mikrokontroler karena fungsi sinyal yang akurat. Sensor ini dapat digunakan pada tegangan pengoperasian sebesar 250V AC dan mengeluarkan sinyal analog yang sesuai untuk dikonversikan menjadi sinyal digital oleh mikrokontroler. Sensor ini memiliki 4 pin diantaranya pin 1 dan pin 2 untuk input utama dan pin 3 dan 4 untuk output. Sensor tegangan ini memiliki isolasi tegangan sebesar 4000V dan bekerja optimal pada suhu 40°C sampai 70°C [1]. Berikut merupakan rangkaian kelistrikan sensor tegangan yang ditunjukkan Gambar 4.



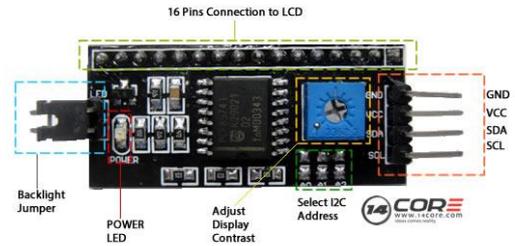
Gambar 4. Rangkaian Kelistrikan ZMPT101B

D. PZEM004

PZEM-004T adalah sensor yang dapat digunakan untuk mengukur cos phi. Dimensi fisik dari papan PZEM-004T adalah 3,1 x 7,4 cm. sensor ini dibundel dengan kumparan trafo arus diameter 3mm. PZEM-004T dapat dilihat pada gambar 5. di bawah ini



Gambar 5. PZEM004



Gambar 8. Modul I2C

E. YHDC SCT013

Sensor arus YHDC SCT 013 adalah sensor yang digunakan untuk membaca arus AC yang mengalir pada penghantar listrik yang menghubungkan beban dengan sumber tenaga listrik pada rangkaian. Sensor SCT 013 ini adalah sebuah sensor arus yang berbentuk *clamp* atau penjepit.



Gambar 6. Sensor Arus SCT013

E. LCD

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi *CMOS logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *backlit*. LCD berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik. LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

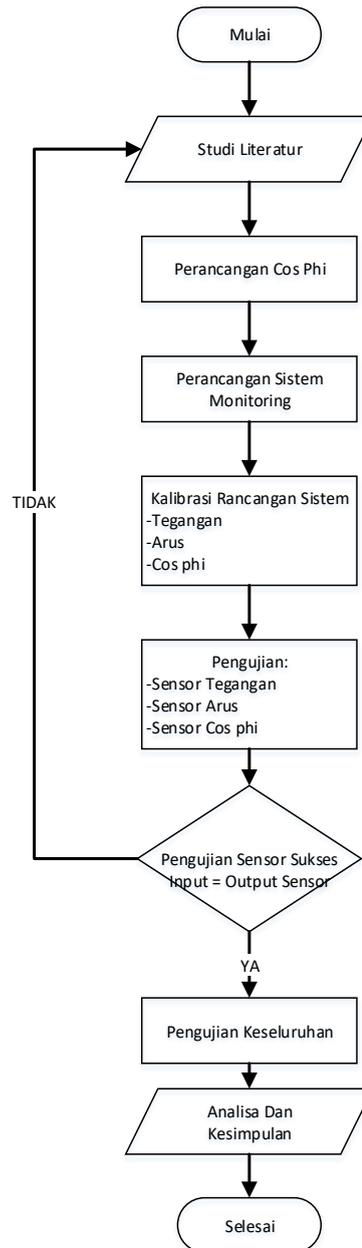


Gambar 7. LCD

Modul I2C *Backpack* LCD I2C/TWI LCD, merupakan modul yang dipakai untuk mengurangi penggunaan kaki di LCD. Modul ini memiliki 4 pin yang akan dihubungkan ke Arduino. Arduino uno sudah mendukung komunikasi I2C dengan modul I2C lcd, maka dapat mengontrol LCD Karakter 16x2 dan 20x4 hanya menggunakan 2 Pin yaitu Analog Input Pin 4 (SDA) dan Analog Input Pin 5 (SCL).

III. METODE PENELITIAN

A. Diagram alir penelitian

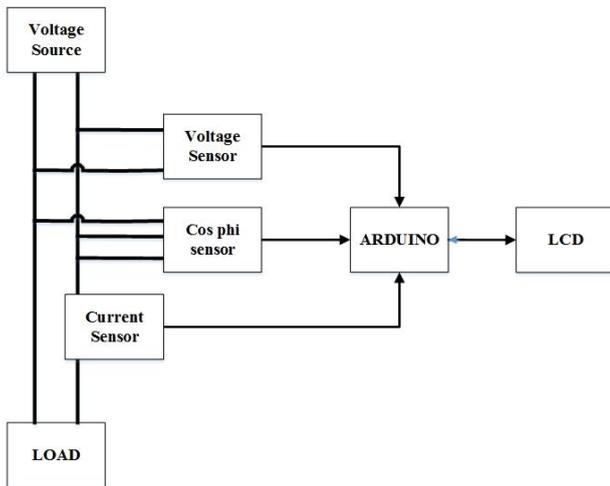


Gambar 9. Diagram Alir

B. Rancangan Sistem Monitoring

Rancangan sistem ini menggunakan sensor arus, sensor tegangan, dan sensor *cos ϕ* yang akan terhubung pada arduino. Dengan mendapatkan nilai arus, tegangan, dan *cos ϕ* yang kemudian hasilnya akan menjadi nilai dasar dari

perhitungan pada arduino agar mendapatkan nilai segitiga daya.



Gambar 10. Blok Diagram Sistem

C. Pengkalibrasian Rancangan

Pengkalibrasian rancangan sistem akan dilakukan setelah semua rancangan sistem telah selesai dikerjakan. Tujuan dari dilakukannya pengkalibrasian ini adalah untuk mengetahui serta untuk memeriksa apakah komponen-komponen pada rancangan tersebut telah berfungsi dengan baik atau tidak.

D. Pengujian Sistem secara keseluruhan

Pada tahap ini, akan dilakukan pengujian pengukuran alat yang telah dirancang kemudian membandingkannya dengan hasil pengukuran *Digital Power Analysis Meter*. Pengukuran yang akan diuji yaitu pengukuran *Cos ϕ* , dan Segitiga daya. Kemudian hasil pengukuran akan dibandingkan dan di analisa tujuannya adalah untuk mengetahui apakah rancangan alat telah bekerja sesuai dengan yang diinginkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

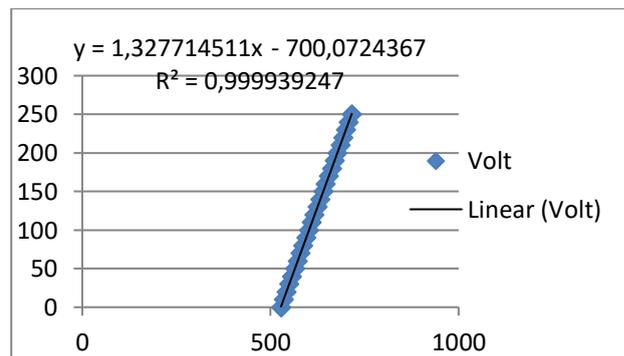
A. Kalibrasi Sensor

Kalibrasi pada sensor tegangan dilakukan dengan cara mengukur tegangan dari 0 Volt sampai 250 Volt tegangan dan mencatat nilai ADC yang dihasilkan dari setiap tegangan yang diukur. Pada kalibrasi ini pengukuran dilakukan dengan kenaikan tegangan per 10 Volt. Berikut hasil kalibrasi tegangan beserta regresi liniernya.

Tabel I
Kalibrasi Tegangan

ADC	Volt
528	0
535	10
543	20
550	30
557	40
565	50
573	60

ADC	Volt
580	70
587	80
595	90
602	100
610	110
617	120
625	130
632	140
640	150
647	160
655	170
663	180
671	190
678	200
686	210
693	220
701	230
708	240
716	250



Gambar 11. Grafik kalibrasi tegangan

Dari Tabel I menunjukkan bahwa sensor tegangan berfungsi dengan baik. Pada proses kalibrasi tegangan diperoleh persamaan $y = 1.327714511x - 700.0724367$ menggunakan regresi linear pada Microsoft excel. Dari persamaan ini akan digunakan pada program arduino agar sensor dapat melakukan pengukuran tegangan. Dapat dilihat dari gambar 10 nilai R^2 yang merupakan nilai korelasi untuk sensor tegangan adalah 0.999939247, memiliki tingkat linieritas yang tinggi. Dikatakan nilai linieritas sangat rendah dikarenakan nilai hubungan atau korelasi antara dua variable yang dibandingkan antara pembacaan dari sensor dan tegangan input memiliki nilai korelasi antara 0.8 sampai dengan 1.

Pengujian yang dilakukan adalah dengan mengukur tegangan dan membandingkannya dengan tegangan yang terukur pada *Digital Power Analysis Meter*. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan dengan alat ukur bersamaan dengan sensor tegangan. Berikut adalah hasil pengujian sensor tegangan seperti pada Tabel II.

Tabel II
Penguujian Sensor Tegangan

DIGITAL POWER ANALISIS METER (Volt)	SENSOR TEGANGAN (Volt)	Error %
20	22.2	11
40	42.12	5.3
60	62.04	3.4
80	81.95	2.44
100	101.87	1.87
120	123.11	2.59
140	141.7	1.21
160	161.61	1.01
180	181.53	0.85
200	201.45	0.72
220	222.69	1.22
240	241.28	0.53
Error Rata-rata %		2.68

Gambar 11 Penguujian sensor tegangan

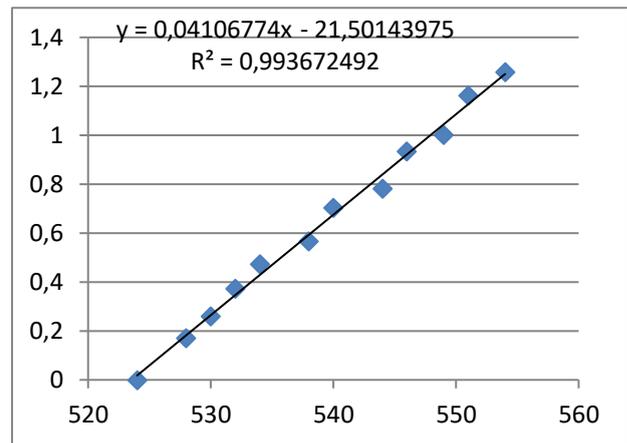
Dari Tabel II menunjukkan pengukuran tegangan dibawah 100 V memiliki faktor kesalahan yang besar. Pada tabel diatas mempunyai faktor kesalahan rata-rata 2.68%.

B. Kalibrasi Sensor Arus

Kalibrasi pada sensor arus sama dengan cara kalibrasi pada tegangan, dengan mencatat nilai ADC yang dihasilkan sensor pada saat sensor sedang mengukur Arus. Berikut data hasil kalibrasi sensor arus dan regresi linier yang diperoleh.

Tabel III
Kalibrasi Sensor Arus

ADC	ARUS (Ampere)
524	0
528	0.172
530	0.261
532	0.373
534	0.473
538	0.567
540	0.705
544	0.782
546	0.934
549	1.003
551	1.163
554	1.258



Gambar 12. Grafik regresi linier

Dari data kalibrasi pada gambar 12 sensor arus dalam kondisi baik dan dapat digunakan. Sama halnya dengan proses kalibrasi pada tegangan, dari regresi linier data ADC sensor arus didapatkan persamaan yaitu $y = 0.04106774x - 21.50143975$. Persamaan ini yang kemudian digunakan pada program arduino untuk dapat menggunakan sensor tersebut.

Tabel III
Data Penguujian Sensor Arus

DIGITAL POWER ANALISIS METER (Ampere)	SENSOR ARUS (Ampere)	Error %
0.238	0.232	2.52
0.472	0.472	0
0.704	0.722	2.56
0.935	0.922	1.39
1.163	1.172	0.77
1.386	1.412	1.88
Error rata-rata %		1.52

Dari Gambar menunjukkan bahwa pengukuran sensor arus memiliki nilai error rata-rata sebesar 1.52%, sehingga sensor arus dalam kondisi baik dan mampu mengukur sesuai yang diharapkan.

C. Cos phi

Penguujian pada sensor *cos phi* dilakukan dengan membandingkan hasil terukur dari *Digital Power Analysis Meter* dengan hasil dari pengukuran sensor *cos phi*. Berikut adalah tabel hasil penguujian sensor *cos phi*.

Pada Tabel IV dibawah menunjukkan bahwa sensor *cos phi* berfungsi dengan baik. Pengukuran *cos phi* 0.1 pada *Digital Power Analysis Meter* sementara *cos phi* yang terukur oleh sensor *cos phi* adalah 0.09 yang mana menghasilkan nilai *error* 10%. Faktor kesalahan rata-rata pada data tabel diatas adalah 1.76%.

Tabel IV
Data pengujian sensor *cos phi*

DIGITAL POWER ANALYSIS METER	SENSOR COS Phi	Error %
0.1	0.09	10
0.588	0.58	1.36
0.811	0.81	0.12
0.901	0.9	0.11
0.942	0.94	0.21
0.962	0.96	0.21
0.973	0.97	0.31
Error rata-rata %		1.76

D. Pengujian Keseluruhan

Hasil perancangan alat monitoring ini terdiri dari sensor tegangan, sensor arus, dan sensor *cos phi* yang terhubung dengan Arduino sebagai pemroses data dari masing-masing sensor yang kemudian ditampilkan pada LCD. Berikut program untuk perhitungan daya yang akan ditampilkan pada LCD.

```
a = acos (pf);
Q = vrms * irms * sin(a) ;
P = irms * vrms * pf;
S = vrms * irms;
```

Gambar 16 Sketch Perhitungan Daya

Pengujian ini menggunakan beban yang bervariasi dengan beban yang bersifat induktif dan resistif. Dimulai dengan menggunakan beban Induktif 1.7 H kemudian secara bertahap menambahkan beban Resistif 920Ohm yang terhubung paralel. Berikut adalah hasil pengukuran dari *Digital Power Analysis Meter* dan Alat monitoring seperti yang ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel V
Pengukuran Digital Power Analysis Meter

Cos phi	S(VA)	P (watt)	Q (VAR)
0.1	88.12	9	88
0.58	102.93	60	84
0.81	137.34	111	80
0.9	177.94	160	77
0.94	221.45	209	75
0.96	267.344	257	73
0.97	313.608	304	72

Pada tabel diatas nilai daya semu (S) didapatkan dari perhitungan, karena pada *Digital Power Analysis Meter* tidak menampilkan pengukuran daya semu.

Tabel VI
Pengukuran Rancangan Sistem

Cos phi	S(VA)	P (Watt)	Q (Var)
0.10	84.35	8.44	83.93
0.58	92.78	53.81	75.58
0.81	136.24	110.35	79.89
0.90	174.9	157.43	76.25
0.94	224.7	211.26	76.68
0.96	275.3	264.37	77.11
0.97	306.12	297.07	74.45

Tabel VII
Error Pengukuran

	ERROR PENGUKURAN (%)			
	S	P	Q	Cos phi
	4.28	6.22	4.62	0.00
	9.86	10.32	10.02	1.75
	0.80	0.59	0.14	1.25
	1.71	1.61	0.96	0.00
	-1.47	-1.08	-2.24	0.00
	-2.98	-2.87	-5.63	0.00
	2.39	2.28	-3.40	0.00
Error rata-rata	2.08	2.44	0.64	0.43

Dari Tabel VII menunjukkan bahwa sistem monitoring berjalan dalam keadaan baik. Pengukuran sistem memiliki nilai *error* rata-rata 2.08% pada daya semu, 2.44% dari daya nyata, 0.64% dari daya reaktif dan 0.43% pada pengukuran *cos phi* di tunjukkan pada gambar 19.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijabarkan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil kalibrasi sensor tegangan sudah linier dengan hasil pembacaan yang memiliki *error* rata-rata 2.68%.
2. Sensor arus baik digunakan untuk pengukuran karena memiliki nilai *error* rata-rata 1.52%.
3. Hasil kalibrasi sensor arus sudah linier dengan hasil pembacaan yang memiliki nilai *error* rata-rata 1.52%.
4. Sensor *Cos phi* baik digunakan untuk pengukuran karena pembacaan sensor *cos phi* memiliki nilai *error* rata-rata 1.54%.
5. Perancangan alat dan program sudah sesuai dengan kebutuhan, berdasarkan hasil pengujian sistem dapat mengukur *Cos phi*, Daya Semu, Daya Nyata, dan Daya Reaktif.

REFERENSI

- [1] Anugrah, I. (2017). *Pengukur Daya Listrik Menggunakan Sensor Arus ACS712-05A dan Sensor Tegangan ZMPT101B*. 1–80. <http://eprints.uny.ac.id/id/eprint/60197>
- [2] Anwar, S., Artono, T., Nasrul, N., Dasrul, D., & Fadli, A. (2020). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1), 272.
- [3] Dani, A., & Hasanuddin, M. (2018). Sebagai Kompensator Daya Reaktif (Studi Kasus Stt Sinar Husni). *Seminar Nasional Royal (SENAR) 2018*, 998(September), 673–678.
- [4] Hudan, Ivan Safril, R. T. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis Internet of Things (Iot). *Jurnal Teknik ELEKTRO*, 08(01), 91–99.
- [5] Indra Parmana, I. I. W. R., Partha, C. G. I., & Utama, N. P. S. (2017). Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus Beban Pada Gardu Distribusi Menggunakan Short Message Service. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 17(1), 17.
- [6] Isnianto, H. N., & Puspitaningrum, E. (2018). Monitoring Tegangan, Arus, Dan Daya Secara Real Time untuk Perbaikan Faktor Daya Secara Otomatis pada Jaringan Listrik Satu Fase Berbasis Arduino. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT)*, 2(1), 129.
- [7] Natsir, M., Rendra, D. B., & Anggara, A. D. Y. (2019). Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal PROSISKO Vol. 6 No. 1*, 6(1).
- [8] Permadi, Y. Y., Despa, D., & Komarudin, M. (2016). Sistem Online Monitoring Besaran Listrik 3 Fasa Berbasis Single Board Computer BCM 8235. *Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung*, 10.