

PERANCANGAN ENERGI METER DAN ANALISIS KARAKTERISTIK BEBAN LISTRIK BERBASIS RASPBERRY PI

Design of Energy Meter and Electrical Load Characteristics Analysis Based on Raspberry Pi

Hendra Sasmita¹, I Made Ari Nrartha², I Made Budi Suksmadana³

¹Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia
Email: hendranyasmitz94@gmail.com¹, nrartha@unram.ac.id², mdbudi@unram.ac.id³

ABSTRAK

Analisis karakteristik beban listrik membutuhkan informasi besaran-besaran listrik seperti tegangan, arus, faktor daya, energi, dan kandungan harmonisa. Informasi tersebut dapat diperoleh dengan energi meter. Energi meter untuk kebutuhan informasi tersebut dirancang menggunakan sensor tegangan (ZMPT101B), sensor arus (SCT013-010V), Analog to Digital Conversion (MCP3008) dan mikrokontroler (RaspberryPi2). Metoda Fast Fourier Transform adalah metoda untuk menghitung kandungan harmonisa. Bentuk gelombang dan spektrum harmonisa ditampilkan pada layar. Hasil penelitian ini menunjukkan error rerata sensor arus adalah 2,36% dan sensor tegangan adalah 0.17%. Karakteristik beban rumah tangga seperti laptop mempunyai karakteristik yang sama dengan beban resistor-kapasitor tetapi beban laptop memiliki THDi yang tinggi. Beban heater, hair dryer, kipas angin dan kulkas memiliki karakteristik yang sama dengan beban resistor-induktor. Semua informasi hasil pengukuran dapat ditampilkan pada layar dan disimpan pada SD Card.

Kata Kunci: Energi meter, ZMPT101B, SCT013-010V, MCP3008, Raspberry Pi, beban listrik

ABSTRACT

Analysis of electrical load characteristics requires information on electrical quantities such as voltage, current, power factor, energy, and harmonic content. That information can be obtained with energy meters. The energy meter for the information requirement is designed using a voltage sensor (ZMPT101B), current sensor (SCT013-010V), Analog to Digital Conversion (MCP3008) and microcontroller (RaspberryPi2). Fast Fourier Transform method is a method to calculate the harmonic content. The waveform and the harmonic spectrum are displayed on the screen. The result of this research shows that the mean error of current sensor is 2.36% and the voltage sensor is 0.17%. The household load characteristics such as laptops have the same characteristic as resistor-capacitor load but laptop load has high THDi. Heater load, hair dryer, fan and refrigerator have the same characteristic as the resistor-inductor load. All information of measurement result can be displayed on screen and stored on SD Card.

Keywords: Energy meter, ZMPT101B, SCT013-010V, MCP3008, Raspberry Pi, electrical load

PENDAHULUAN

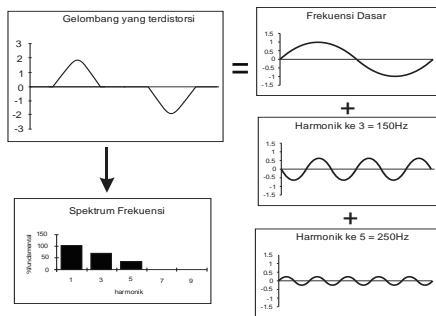
Listrik merupakan energi yang bersih dan praktis. Alasan ini membawa dampak berkembangnya peralatan-peralatan listrik untuk mempermudah dan menunjang gaya hidup manusia. Peralatan listrik tersebut mempunyai karakteristik tertentu yang mungkin dapat memberikan dampak merugikan bagi sistem.

Peralatan listrik dalam operasinya kadang kala membutuhkan sebuah konverter daya yang menyebabkan peralatan listrik tersebut menjadi beban non linear. Konverter daya menyebabkan sumber tegangan listrik sinus menghasilkan gelombang arus non sinus (Muljono, 2017). Gelombang arus non sinus

mempunyai nilai rms arus yang lebih tinggi dari pada arus sinus. Gelombang arus non sinus mengandung harmonisa yang dapat meningkatkan rugi-rugi penyaluran, panas berlebih pada konduktor dan transformator serta dapat mengurangi umur pakai peralatan-peralatan daya.

Harmonisa merupakan gelombang sinus dengan frekuensi kelipatan integer dari frekuensi dasar. Frekuensi dasar listrik yaitu 50 Hz, untuk harmonisa orde ke-2 adalah 100 Hz, harmonisa orde ke-3 adalah 150 Hz dan seterusnya. Penjumlahan gelombang frekuensi dasar dengan gelombang frekuensi harmonisa akan terbentuk gelombang non sinus. Pembentukan gelombang non sinus hasil

distorsi harmonisa dapat dipresentasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Gelombang non sinus (Pramnamto, 2008)

Deret fourier dapat digunakan untuk pemetaan gelombang non sinus dari kawasan waktu ke kawasan frekuensi untuk mengetahui kandungan frekuensi harmonisa dari gelombang tersebut. Persamaan 1 adalah persamaan deret fourier untuk gelombang non sinus (Hart, 1997).

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{h=1}^{\infty} \{a_h \cdot \cos(h\omega_0 t) + b_h \cdot \sin(h\omega_0 t)\} \dots\dots\dots(1)$$

$f(t)$, a atau b , ω , h dan t berturut-turut adalah fungsi waktu dari gelombang non sinus, magnitud gelombang, frekuensi radian, orde harmonisa dan waktu.

Tingkat distorsi sebuah gelombang dinyatakan dalam besaran *Total Harmonic Distortion* (THD). Persamaan 2 adalah persamaan untuk menghitung nilai THD.

$$THD_x = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} X_n^2}}{X} \cdot 100\% \dots\dots\dots(2)$$

x , X , dan n berturut-turut adalah tegangan atau arus, nilai rms, dan orde harmonisa.

Nilai rms untuk arus dan tegangan karena harmonisa pada Persamaan 3.

$$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t) dt} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} X_h^2} = \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_h^2} \dots\dots\dots(3)$$

Nilai faktor daya akibat kandungan harmonisa pada Persamaan 4.

$$pf = DF \times DPF \dots\dots\dots(4)$$

DF dan DPF berturut-turut adalah faktor distorsi dan faktor daya displacemen. Faktor daya displacemen adalah faktor daya pada frekuensi dasar. Faktor daya displacemen dirumuskan pada Persamaan 5.

$$DPF = \cos(\phi - \theta) \dots\dots\dots(5)$$

ϕ dan θ berturut-turut adalah sudut fase tegangan dan arus pada frekuensi dasar.

Faktor distorsi dirumuskan seperti pada Persamaan 6.

$$DF = \sqrt{\frac{1}{1 + (THDi)^2}} \dots\dots\dots(6)$$

Daya aktif, daya reaktif, distorsi daya dan daya kompleks dinyatakan dengan Persamaan 7 sampai dengan persamaan 10.

$$P = \sum_{h=1}^{\infty} V_h I_h \cos(\phi_h - \theta_h) = \sum_{h=1}^{\infty} P_h \dots\dots\dots(7)$$

$$Q = \sum_{h=1}^{\infty} V_h I_h \sin(\phi_h - \theta_h) = \sum_{h=1}^{\infty} Q_h \dots\dots\dots(8)$$

$$D = V_{rms} \sqrt{I_{0rms}^2 - I_{1rms}^2} \dots\dots\dots(9)$$

$$S = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2 + D^2} \dots\dots\dots(10)$$

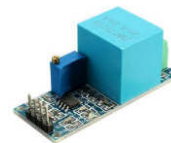
Energi dihitung menggunakan Persamaan 11.

$$W = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt \dots\dots\dots(11)$$

Biaya pemakaian energi listrik dihitung menggunakan persamaan 12.

$$\text{Biaya konsumsi listrik} = \text{kWh} \times \text{biaya} \dots\dots\dots(12)$$

Sensor tegangan (ZMPT101B) memiliki rentang pengukuran 0-250V AC. Sensor ini menghasilkan keluaran tegangan AC dalam rentang 0-5V. Sensor ZMPT101B pada Gambar 2 (dua).



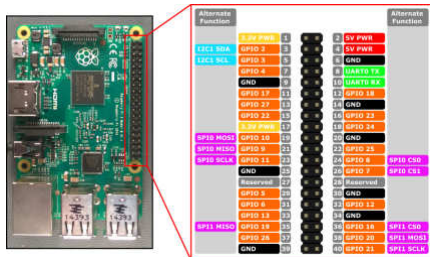
Gambar 2. ZMPT101B (Interplus, 2014)



Gambar 3. SCT013-010V (Yhdc, 2015)

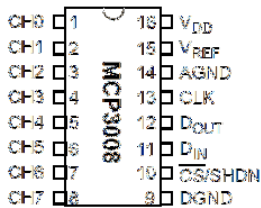
Sensor arus (SCT 013-010V) adalah sensor arus *non invasive* yang menerapkan teknologi *hall effect*. Keluaran sensor ini berupa tegangan dalam rentang 0-1,5V untuk rentang arus masukan antara 0-10A.

Raspberry Pi 2 sebagai mikrokontroler. Raspberry pi menggunakan sistem operasi Raspbian. Media simpan untuk sistem operasi dan data adalah *micro SDCard*. Terdapat 4 buah *port* USB, konektor HDMI, *port* ethernet. Port *micro* USB digunakan sebagai *port* catu daya. Catu daya untuk Raspberry pi 2 model B adalah 5 volt dengan arus minimal 700mA. Raspberry pi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Raspberry Pi 2 Model B (Membrey, 2015)

Analog to Digital Converter (ADC) digunakan untuk mengubah besaran analog dari sensor menjadi digital. MCP3008 adalah ADC 10 bit.



Gambar 5. MCP3008 (datasheet, 2008)

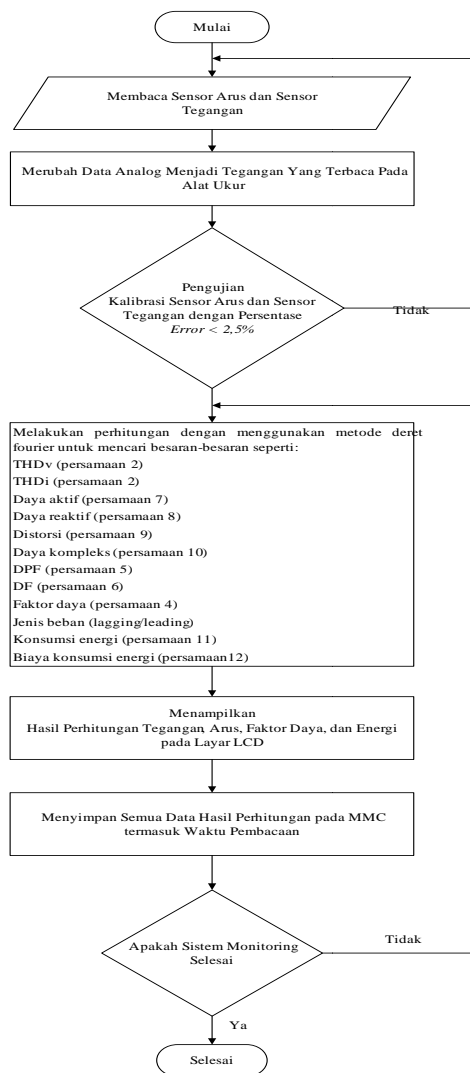
METODELOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan alat ukur multimeter LM2330 untuk kalibrasi dan pengujian sensor ZMPT101B dan SCT013-010V. Multimeter LM2330 adalah alat ukur digital dengan rentang pengukuran tegangan 0-1000V dan arus 0-16A.

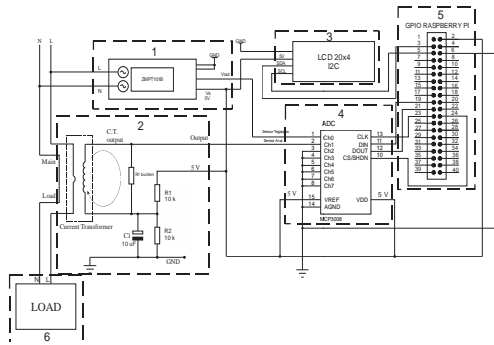
Langkah penelitian ditunjukkan pada diagram alir Gambar 6. Terdapat tiga bagian utama pada langkah penelitian yaitu kalibrasi dan uji sensor, menghitung besaran listrik (tegangan, arus, faktor daya, daya, harmonisa, energi, biaya energi) dan menampilkan hasil perhitungan pada *Lyquid Crystal Display* (LCD) atau monitor.

Rancangan hardware energi meter ditunjukkan pada Gambar 7. Blok 1 adalah ZMPT101B, blok 2 adalah SCT 013-010V, blok 3 adalah LCD 20x4, blok 4 adalah MCP3008, blok 5 adalah *General Perpulse Input Output* (GPIO) Raspberry Pi, dan blok 6 adalah beban. Hasil monitoring energi meter ditampilkan pada LCD ukuran 20 x 4 dan semua informasi besaran listrik termasuk energi dan harmonisa disimpan pada SDCard. Tampilan Graphic User

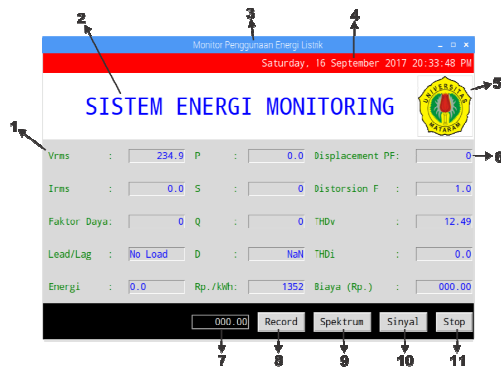
Interface (GUI) dirancang pada Raspberry pi menggunakan bahasa pemrograman python 2.7. GUI disediakan untuk energi meter apabila pengguna ingin melihat bentuk gelombang dan spektrum tegangan dan arus dari beban secara real time. Tampilan GUI dapat ditampilkan pada layar LCD dengan koneksi HDMI. Gambar 8 adalah tampilan GUI untuk energi meter. Bagian 1 adalah besaran yang diukur, bagian 2 adalah judul program, bagian 3 adalah judul GUI, bagian 4 adalah waktu pengambilan data, bagian 5 adalah logo Universitas Mataram, bagian ke 6 adalah nilai besaran yang terukur, bagian 7 adalah waktu rekam, bagian 8 adalah tombol untuk mulai merekam konsumsi energi dari beban, bagian 9 untuk menampilkan bentuk gelombang tegangan dan arus, bagian 10 adalah untuk menampilkan spektrum frekuensi dari tegangan dan arus dan bagian 11 adalah tombol stop untuk memberhentikan proses rekam.



Gambar 6. Diagram alir penelitian



Gambar 7. Rancangan hardware energi meter



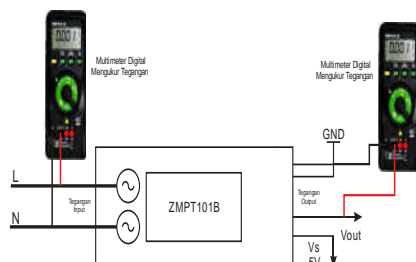
Gambar 8 Tampilan GUI energi meter

HASIL DAN PEMBAHASAN

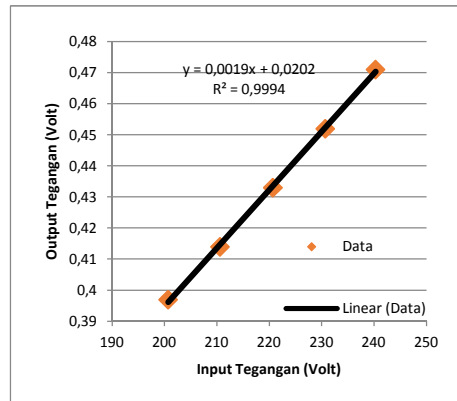
Hasil kalibrasi ZMPT101B ditunjukkan pada Tabel 1 dengan rangkaian kalibrasi pada Gambar 9. Linearitas sensor ditunjukkan pada Gambar 10. Uji hasil kalibrasi sensor pada Tabel 2.

Tabel 1 Hasil kalibrasi ZMPT101B.

No	V _{input} (V)	V _{output} (V)	Skala
1	200,70	0,397	505,542
2	210,60	0,414	508,696
3	220,70	0,433	509,700
4	230,70	0,452	510,398
5	240,30	0,471	510,191
Maksimal			510,398
Minimal			505,542
Rata-Rata			508,905



Gambar 9 Rangkaian kalibrasi ZMPT101B



Gambar 10 Linieritas ZMPT101B

Gambar 10 menunjukkan linearitas sensor ZMPT101B adalah 0,9994. Berdasarkan nilai ini, ZMPT101B dapat dikonversi ke nilai tegangan terukur dengan cara penskalaan keluaran ZMPT101B. Nilai skala ZMPT101B untuk energi meter adalah nilai skala rata-rata hasil kalibrasi yaitu sebesar 505,542.

Tabel 2 Uji hasil kalibrasi ZMPT101B

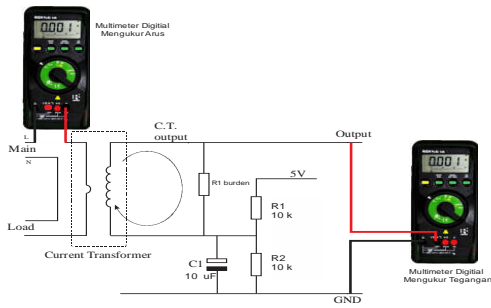
No	Hasil Pengukuran (Volt)		Error (%)
	LM2330 (V)	ZMPT101B (V)	
1	200,70	200,06	0,32
2	210,60	210,26	0,16
3	220,80	220,19	0,28
4	225,40	225,47	0,03
5	230,50	230,59	0,04
Maksimal			0,32
Minimum			0,03
Rata-Rata			0,17

Hasil error rata-rata uji kalibrasi untuk skala 505,542 adalah 0,17% seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

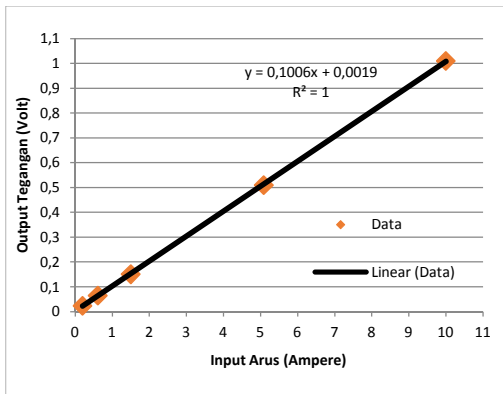
Hasil kalibrasi SCT013-010V ditunjukkan pada Tabel 3 dengan rangkaian kalibrasi pada Gambar 11. Linearitas sensor pada Gambar 12. Uji hasil kalibrasi pada Tabel 4.

Tabel 3 Hasil kalibrasi SCT013-010V

No	I _{input} (A)	V _{output} (V)	Skala
1	0,20	0,024	8,33333
2	0,61	0,065	9,38462
3	1,50	0,151	9,93377
4	5,09	0,510	9,98039
5	10,00	1,010	9,90099
Maksimal			9,98039
Minimal			8,33300
Rata-Rata			9,50700



Gambar 11 Rangkaian kalibrasi SCT 013-010V



Gambar 12 Linieritas SCT013-010V

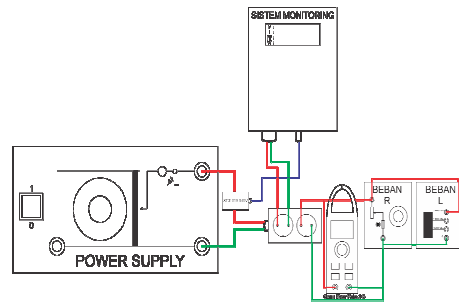
Gambar 12 menunjukkan linearitas sensor SCT013-010V adalah 1, ini berarti keluaran sensor sangat linear. Nilai skala SCT013-010V untuk energi meter adalah nilai skala rata-rata hasil kalibrasi yaitu sebesar 9,50700.

Tabel 4 Uji hasil SCT 013-010V

No	Hasil Pengukuran		Error (%)
	LM2330 (A)	SCT013-010V (A)	
1	0,21	0,22	4,76
2	0,40	0,41	2,50
3	1,00	1,01	1,00
4	2,00	2,01	0,50
5	4,00	4,10	2,50
Maksimal			4,76
Minimum			0,50
Rata-Rata			2,36

Hasil error rata-rata uji kalibrasi untuk skala 9,50700 adalah 2.36% seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Karakteristik Beban Resistor-Induktor. Variasi nilai beban resistor-induktor (RL) pada Tabel 5. Rangkaian paralel beban resistor-induktor pada Gambar 13.



Gambar 13 Variasi beban resistor-induktor

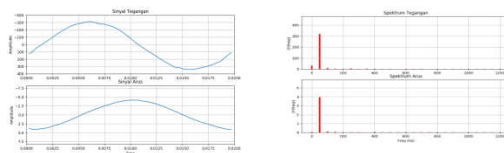
Tabel 5 Hasil pengukuran variasi beban resistor-induktor

Beban R (Ω)	Beban L (H)	Pengukuran energi meter									
		Vrms (V)	Irms (A)	PF	Beban	P (W)	S (VA)	Q (VAR)	DF	THDV (%)	THDI (%)
1042	∞	236,15	0,23	0,98	Lagging	54	54	0	0,98	2,1	2,2
	2,4	235,09	0,34	0,73	Lagging	58	78	53	0,99	2,0	1,6
	1,2	236,54	0,53	0,50	Lagging	62	123	106	1,00	2,0	1,2
	0,2	234,40	2,98	0,17	Lagging	114	688	677	1,00	2,1	0,9
510	∞	233,78	0,53	1,00	Unity	122	122	0	1,00	2,0	1,2
	2,4	233,65	0,60	0,91	Lagging	127	138	49	1,00	2,0	1,1
	1,2	234,27	0,73	0,76	Lagging	129	168	109	1,00	2,0	1,1
	0,2	231,20	3,16	0,27	Lagging	206	759	730	1,00	2,0	0,9
230	∞	236,19	1,11	1,00	Unity	260	259	0	1,00	2,0	0,9
	2,4	235,36	1,16	0,97	Lagging	262	269	48	1,00	2,0	1,0
	1,2	235,68	1,24	0,91	Lagging	266	290	109	1,00	2,0	0,9
	0,2	235,77	3,28	0,42	Lagging	317	761	692	0,99	2,1	1,0

Tabel 6 Hasil pengukuran energi dan biaya beban RL

Waktu rekam (s)	Beban R (Ω)	Beban L (H)	P (W)	D	DPF	Energi (kWh)	Rp./kWh (Rp.)	Biaya (Rp.)
100	1042	∞	54	9,33	1,00	0,004799	1352	6,48821
		2,4	58	9,86	0,74	0,008326	1352	11,25694
		1,2	62	11,43	0,51	0,012311	1352	16,64403
		0,2	114	50,08	0,17	0,016198	1352	21,89907
100	510	∞	122	11,39	1,00	0,070473	1352	95,27998
		2,4	127	12,35	0,92	0,074928	1352	101,30330
		1,2	129	14,47	0,76	0,085104	1352	115,06050
		0,2	206	54,34	0,27	0,092536	1352	125,10910
100	230	∞	260	18,98	1,00	0,021434	1352	28,97870
		2,4	262	20,11	0,97	0,030967	1352	41,86731
		1,2	266	21,06	0,92	0,042073	1352	56,88299
		0,2	317	51,66	0,42	0,055874	1352	75,54143

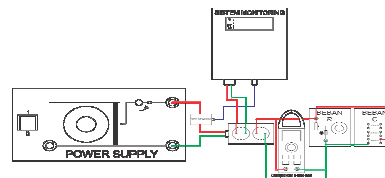
Pada Tabel 5, variasi beban induktor untuk beban resistor yang konstan diperoleh semakin besar induktor, arus beban semakin kecil, faktor daya beban mendekati satu, nilai var semakin rendah. Variasi beban resistor dengan beban induktor tetap, untuk penurunan resistansi beban diperoleh arus beban semakin besar, faktor daya mendekati satu dan daya yang semakin besar. Nilai var untuk beban RL adalah positif sehingga beban menyerap daya reaktif. Nilai THDv dan THDi dari beban sangat kecil, secara ideal beban RL adalah beban linear sehingga bentuk gelombang tegangan dan arus beban adalah sinus. Bentuk gelombang dan spektrum tegangan dan arus untuk salah satu kombinasi beban RL pada Gambar 14. Gambar 14 menunjukkan bentuk gelombang tegangan dan arus adalah sinus sehingga spektrum frekuensi yang dominan adalah spektrum frekuensi fundamental yaitu 50Hz.



(a) Bentuk gelombang (b) Spektrum
Gambar 14 Beban R=1042Ω dan L=0,2H

Tabel 6 menunjukkan untuk waktu rekam 100 detik diperoleh biaya energi untuk beban RL setara dengan daya beban dikalikan dengan waktu penggunaannya dan harga energi per kWh.

Karakteristik Beban Resistor-Kapasitor. Variasi nilai beban resistor-kapasitor (RC) pada Tabel 7. Rangkaian beban RC adalah paralel pada Gambar 15.



Gambar 15 Variasi beban resistor-kapasitor

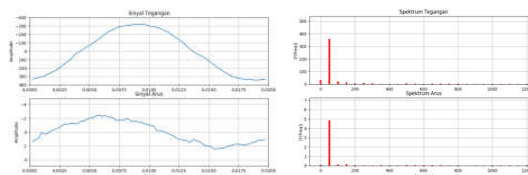
Tabel 7 Hasil pengukuran variasi beban resistor-kapasitor

Beban R (Ω)	Beban C (uF)	Pengukuran energi meter									
		Vrms (V)	Irms (A)	PF	Beban	P (W)	S (VA)	Q (VAR)	DF	THDV (%)	THDI (%)
1060	0	236,65	0,23	0,98	Lagging	53,84	54,34	0,00	0,98	2,00	2,23
	4	235,31	0,37	0,65	Leading	56,17	86,52	-64,98	0,98	2,00	2,23
	8	236,60	0,62	0,42	Leading	60,88	145,28	-131,33	0,98	2,06	2,41
	16	235,66	1,21	0,24	Leading	67,22	280,76	-272,11	0,98	1,94	2,55
506	0	234,00	0,62	1,00	Unity	142,88	142,86	0,00	1,00	2,05	1,19
	4	234,99	0,69	0,92	Leading	147,39	159,37	0,00	0,99	2,04	1,53
	8	234,83	0,85	0,78	Leading	153,73	197,49	-122,17	0,99	1,79	1,81
	16	235,20	1,33	0,50	Leading	155,73	307,82	-263,39	0,98	2,15	2,56
220	0	237,48	1,05	1,00	Unity	246,64	246,46	0,00	1,00	2,09	1,03
	4	237,12	1,09	0,97	Leading	248,07	254,27	0,00	1,00	2,11	1,21
	8	239,60	1,22	0,89	Leading	260,45	289,62	-129,41	0,99	2,02	1,45
	16	237,15	1,59	0,69	Leading	261,05	371,44	-262,23	0,98	2,20	2,18

Tabel 8 Hasil pengukuran energi dan biaya beban RC

Waktu rekam (s)	Beban R (Ω)	Beban C (uF)	P (W)	D	DPF	Energi (kWh)	Rp./kWh (Rp.)	Biaya (Rp.)
100	1060	0	53,84	9,61	1,00	1,55028E-05	1352	0,020960
		4	56,17	16,32	0,60	1,60722E-05	1352	0,021730
		8	60,88	25,51	0,37	1,99444E-05	1352	0,026965
	506	16	67,22	51,26	0,17	1,79694E-05	1352	0,024295
		0	142,88	11,10	1,00	3,04254E-05	1352	0,041135
		4	147,39	27,40	0,82	4,88000E-05	1352	0,065978
		8	153,73	38,08	0,60	4,43028E-05	1352	0,059897

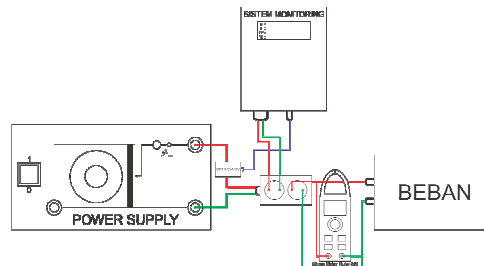
Tabel 7 pengukuran beban R=1060 Ω dan C=0uF menunjukkan jenis faktor daya adalah lagging seharusnya unity seperti untuk beban R yang lain dengan C=0uF. Hal ini karena beban R yang digunakan adalah kumparan, sehingga mengandung nilai induktor. Semakin tinggi nilai R menyebabkan nilai induktansinya semakin tinggi. Untuk variasi nilai kapasitor yang semakin tinggi dan nilai resistor yang tetap menghasilkan arus yang semakin tinggi dan faktor daya semakin rendah (mendekati nol). Jenis beban adalah leading sehingga menghasilkan nilai var negatif. Nilai var negatif menunjukkan beban menyuplai daya reaktif ke sistem. Nilai var semakin tinggi untuk nilai beban kapasitor yang semakin besar. Variasi beban resistif yang semakin kecil untuk nilai kapsitor yang sama menghasilkan nilai arus yang semakin besar dan faktor daya mendekati satu. Beban RC adalah beban linear sehingga nilai THDv dan THDi sangat kecil. Bentuk gelombang dan spektrum frekuensi dari tegangan dan arus untuk salah satu kombinasi beban RC pada Gambar 16. Gambar 16 menunjukkan bentuk gelombang tegangan adalah sinus dan bentuk gelombang arus terdapat sedikit cacad dan spektrum frekuensi 50 Hz lebih dominan.



(a) Bentuk gelombang (b) Spektrum
Gambar 16 Beban R=220 Ω dan C=16uF

Tabel 8 menunjukkan untuk waktu rekam 100 detik diperoleh biaya energi untuk beban RC setara dengan daya beban dikalikan dengan waktu penggunaannya dan harga energi per kWh.

Karakteristik Beban Rumah Tangga. Jenis beban rumah tangga yang diteliti adalah kipas angin, kulkas, laptop, hair dryer dan heater. Jenis beban ini sangat umum digunakan di rumah tangga. Rangkaian pengukuran energi meter untuk beban rumah tangga pada Gambar 17. Hasil pengukuran pada Tabel 9.



Gambar 17 Pengukuran beban rumah tangga

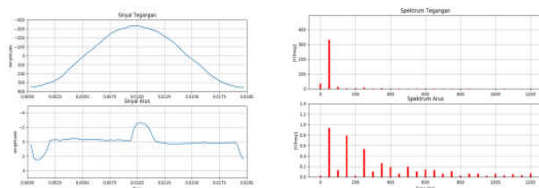
Tabel 9 Hasil pengukuran beban rumah tangga

Beban	Pengukuran energi meter									
	Vrms (V)	Irms (A)	PF	Beban	P (W)	S (VA)	Q (VAR)	DF	THDV (%)	THDI (%)
Kipas	231,20	0,47	0,92	Lagging	100	108	0	0,97	2	2,78
Kulkas	240,08	0,66	0,62	Lagging	98	158	122	0,99	2	1,62
Laptop	238,71	0,89	0,66	Leading	141	212	-157	0,67	2	14,04
Hair Dryer	232,35	2,83	1	Unity	657	657	0	1,00	2	0,86
Heater	230,22	4,44	1	Unity	1022	1023	0	1,00	2	0,79

Tabel 10 Hasil pengukuran energi dan biaya beban rumah tangga

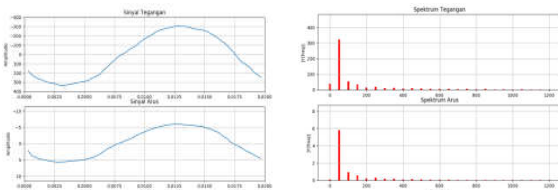
Waktu rekam (s)	Beban rumah tangga	P (W)	D	DPF	Energi (kWh)	Rp./kWh (Rp.)	Biaya (Rp.)
100	Kipas	100	10,47	0,79	2,02E-05	1352	0,027258
	Kulkas	98	10,93	0,55	2,38E-05	1352	0,032110
	Laptop	141	42,81	0,24	6,95E-05	1352	0,093908
	Hair Dryer	657	8,69	1,00	1,55E-05	1352	0,021020
	Heater	1022	11,02	0,93	3,07E-05	1352	0,041499

Hasil pengukuran beban rumah tangga pada Tabel 9 menunjukkan beban laptop identik dengan beban RC karena memberikan daya reaktif ke sistem tetapi beban laptop merupakan beban non linear sehingga THDi tinggi. Bentuk gelombang dan spektrum ferkuensi dari beban laptop ditunjukkan pada Gambar 18. Bentuk gelombang arus beban laptop tidak sinus karena terdistorsi harmonisa. Spektrum arus beban laptop menunjukkan frekuensi harmonisa yang dominan adalah frekuensi kelipatan ganjil frekuensi dari frekuensi 50Hz. Spektrum harmonisa menurun pada frekuensi yang semakin tinggi. Beban rumah tangga lain selain laptop pada Tabel 9 identik dengan beban RL.



(a) Bentuk gelombang (b) Spektrum
Gambar 18. Bentuk gelombang dan spektrum beban laptop

Beban-beban tersebut menyerap var dari sistem dan memiliki THDi yang rendah seperti beban RL. Bentuk gelombang dan spektrum frekuensi dari tegangan dan arus beban Heater ditunjukkan pada Gambar 19. Bentuk gelombang arus adalah sinus dan spektrum frekuensi dari arus dominan pada frekuensi 50Hz.



(c) Bentuk gelombang (d) Spektrum
Gambar 19. Bentuk gelombang dan spektrum Beban heater

KESIMPULAN

Hasil kalibrasi diperoleh kesalahan rerata sebesar 2,36% untuk sensor arus dan 0.17% untuk sensor tegangan. Karakteristik beban rumah tangga seperti laptop mempunyai karakteritik yang sama dengan kombinasi beban resistor-kapasitor tetapi beban laptop memiliki THDi yang tinggi. Beban heater, hair dryer, kipas angin dan kulkas memiliki karakteritik yang sama dengan kombinasi beban resistor-induktor. Semua informasi hasil pengukuran dapat ditampilkan pada layar baik pada LCD maupun pada monitor dan disimpan pada SDCard.

SARAN

Perlu dikembangkan sistem monitoring energi meter dari jarak jauh melalui media komunikasi nirkabel seperti bluetooth, Wifi, radio, GSM atau dengan media kabel daya yaitu komunikasi Power Line Carrier.

DAFTAR PUSTAKA

Hart, D.W., 1997, "Introduction To Power Electronics," United States of America: Simon & Schuster/A.

Interplus, I., 2014, "ZMPT101B Ultra Micro Voltage Transformer," China: Shen Zhen, online, tersedia di http://www.interplus-industry.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=173&lang=en#, diakses 29 Agustus 2017, 09:37

Membrey, P., Hows, D., 2015, "Learn Raspberry Pi 2 with Linux and Windows 10," Apress, Springer Science + Business Media New York, 233 Spring Street, Lantai 6, New York, NY 10013.

Muljono, A.B., Nnartha, I.M.A., Ginarsa, I.M., Suksmadana, I.M.B., 2017, "Identifikasi dan Pengolahan Kandungan Harmonisa Sinyal Arus Pada Beban Listrik Mobile Berbasis Arduino UNO," Prosiding Seminar Nasional Sistem, Instrumentasi dan Kontrol (SIK), pp. 15-23.

Pramnamto, A., 2008, "*Analisis Penggunaan Single Tuned Filter Sebagai Salah Satu Solusi Masalah Harmonik Pada Beban Rumah Tangga.*" Jurnal Teknik Elektro Vol. 2, No. 1.

Datasheet, "Microchip Technology 2008, MCP3004/3008,"
di <https://cdnshop.adafruit.com/datasheets/MCP3008.pdf>, diakses 29 Agustus 2017, 08:50

Yhdc, 2015, "*Current Transformer SCT013-010*", United States of America, online, tersedia di http://www.yhdc.us/ENpdf/SCT013-010-0-10A-0-1V_en.pdf, diakses 29 Agustus 2017, 10:13