

Meter Daya 1 Fasa Dengan Proteksi *Over Voltage* dan *Under Voltage* berbasis *Internet of Things* (IoT)

Endro Wahjono¹, Moch. Machmud Rifadil², Ony Asrarul Qudsi³, Muhammad Nur Sururi⁴
^{1,2,3,4}Teknik Elektro Industri, Departemen Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia

email: endro@pens.ac.id¹, mmrifadil@pens.ac.id², ony@pens.ac.id³, surusi.m.n@gmail.com⁴

Abstrak - Penelitian ini membahas tentang desain dan implementasi meter daya yang dilengkapi dengan *over* atau *under voltage* relay pada beban 1 fasa berbasis *internet of things* (IoT). Meter daya menggunakan sensor daya yang dapat mendeteksi nilai daya aktif (*P*), daya semu (*S*), tegangan (*V*), arus (*I*), *power faktor* (*PF*), frekuensi, energi, dan *total harmonic distortion* (*THD*). Data pada meter daya akan dikirim dan disimpan pada *database*. Data pada juga dapat dipantau secara jarak jauh melalui *smartphone* dan *personal computer* menggunakan media internet. Meter daya dilengkapi dengan indikator untuk kondisi *over voltage*, normal, dan *under voltage*. Meter daya ini juga dilengkapi relay untuk memutus daya pada beban ketika terjadi gangguan *over voltage* atau *under voltage* pada sistem. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, relay dapat bekerja dengan memutus beban ketika terjadi gangguan *over voltage* atau *under voltage*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, desain meter daya yang dibuat pada penelitian ini memiliki rata-rata error sebesar 0,0562% pada pengujian dengan beban resistif dan memiliki error pembacaan data terbesar yaitu 9,255 % pada pengujian dengan beban non linier.

Kata Kunci - *meter daya, IoT, over voltage, under voltage*

Abstract - *This research discusses about design and implementation of the power meters which are equipped with over or under voltage relays at 1 phase load based on internet of things (IoT). The power meters use power sensors that can detect active power values (P), apparent power (S), voltage (V), current (I), power factor (PF), frequency, energy, and total harmonic distortion (THD). Data on the power meter will be sent and stored in the database. Data on the power meters can also be monitored remotely via smartphones and personal computers using internet media. The power meters are equipped with indicators for over voltage, normal and under voltage conditions. This power meter is also equipped with a relay to disconnect the power at the load when there is interference with over voltage or under voltage on the system. From the results of tests that have been carried out, the relay will cut the load when there is interference with over voltage or under voltage on the system. Based on the results of testing that has been done, the design of the power meter made in this research had an average error of 0.0562% for resistive load and has the largest data readout error is 9.255% for non-linear load.*

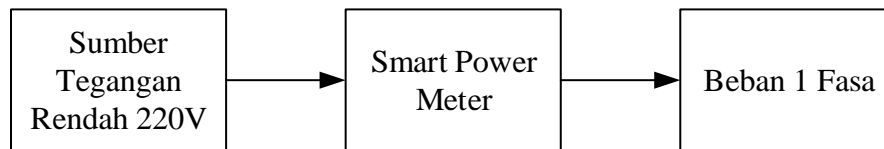
Keywords - *power meter, IoT, over voltage, under voltage*

I. PENDAHULUAN

Di zaman modern ini, listrik telah menjadi hal sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. Akan tetapi penggunaan listrik akan memunculkan rugi-rugi (*losses*) pada sistem kelistrikan. Rugi-rugi tersebut dapat dibagi menjadi dua, yaitu rugi-rugi teknis dan rugi-rugi non-teknis [1]. Rugi-rugi teknis dari energi listrik disebabkan oleh kecenderungan fungsional dari peralatan yang digunakan dari sistem pembangkit hingga ke sistem distribusi. Rugi-rugi non-teknis disebabkan oleh kurangnya petugas yang dapat menjaga sistem kelistrikan secara berkala. Rugi-rugi ini jauh lebih tinggi di negara berkembang seperti Indonesia.

Sistem konvensional meter energi listrik yang ada saat ini adalah meter menampilkan *kilowatthour* (KWH) dengan terus mengukur tegangan sesaat (*volt*) dan arus (*ampere*) untuk memberikan energi yang digunakan. Jenis meter energi listrik yang konvensional adalah meter induksi elektromekanis untuk metode pascabayar dan meter digital untuk metode Prabayar. Dalam meter induksi elektromekanis, jumlah total putaran cakram aluminium berbanding lurus dengan daya yang dikonsumsi. Pada meter jenis ini sangat tergantung pada pembaca meter yang membuat kesalahan manusia tidak bisa dihindari untuk pembacaan meter secara manual. Sehingga hal tersebut dapat menyebabkan rugi-rugi non-teknis. Sedangkan pada meter digital menunjukkan tegangan, arus, dan daya yang dikonsumsi secara digital pada layar LCD atau LED [1-4]. Meter jenis ini lebih baik daripada meter elektromekanis, pembacaan secara digital akan membuat pelanggan dapat melihat konsumsi daya, tegangan, dan arus kapan saja. Akan tetapi, perhatian pada kualitas daya listrik belum menjadi perhatian pada meter jenis ini khususnya fluktuasi tegangan yang dapat menyebabkan rugi-rugi teknis.

Fluktuasi tegangan adalah suatu perubahan tegangan yang sistematis atau serangkaian perubahan tegangan secara acak, di mana magnitud dari tegangan mempunyai nilai yang tidak semestinya. Fluktuasi tegangan dapat menyebabkan tegangan berada di atas nilai tegangan nominal (*over voltage*) atau berada di bawah tegangan nominal (*under voltage*). Pada sistem penyediaan tenaga listrik (PLN), secara umum tegangan listrik dititik suplai diijinkan bervariasi (+5%) untuk *over voltage* dan (-10%) untuk *under voltage* sesuai standar PLN.



Gambar 1. Blok Diagram Meter Daya

Gambar 1 menunjukkan diagram blok meter daya secara keseluruhan. Sistem meter daya yang dibuat dapat menganalisa penggunaan energi listrik pada rumah dengan melihat grafik daya aktif (P), daya reaktif (Q), daya semu (S), tegangan (V), arus (I), PF, dan frekuensi. Meter daya ini dilengkapi dengan *buzzer* dan relay. *Buzzer* berfungsi untuk memberikan peringatan (alarm) ketika terjadi gangguan *over voltage* atau *under voltage*. Sedangkan relay berfungsi sebagai komponen proteksi untuk memutus aliran energi listrik ketika terjadi gangguan *over voltage* atau *under voltage* pada sistem. Selain itu sistem ini dilengkapi dengan indikator untuk mengetahui kondisi sistem, apakah normal atau sedang terjadi gangguan *over voltage* maupun *under voltage*. Implementasi *internet of things* (IoT) pada meter daya ini membuat data pada meter daya ini juga dapat diakses dan dapat dipantau melalui *smartphone*, menggunakan layanan internet [5-8].

II. METODE

A. *Over Voltage dan Under Voltage*

Tegangan berlebih atau *over voltage* adalah peningkatan tegangan rms ke 1,1-1,2 pu selama lebih dari 1 menit [9-10]. Durasi *under voltage* normal lebih lama dari *swell*. Ada banyak penyebab terjadinya *over voltage* dalam sistem tenaga, antara lain sebagai berikut:

1. Tegangan lebih yang dihasilkan oleh kegagalan isolasi
2. *Ferroresonance*
3. Gangguan pada regulator generator, tap trafo, atau *overcompensator*
4. Tegangan lebih petir

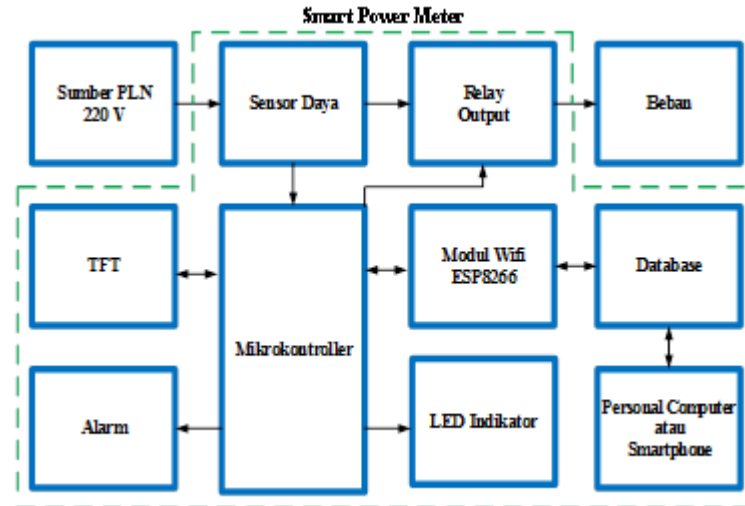
5. Proses pensaklaran yang dihasilkan oleh modifikasi cepat dalam struktur jaringan seperti pembukaan perangkat proteksi atau penyalaan sirkuit kapasitif.

Tegangan lebih dapat menyebabkan tekanan berlebih pada isolasi, masalah ketidakstabilan tegangan, permintaan daya reaktif dan lain-lain. *Under voltage* adalah pengurangan tegangan rms ke 0,8-0,9 pu selama lebih dari 1 menit. Durasi *under voltage* normal lebih lama dari sag [10-11]. Penyebab utama *under voltage* adalah kelebihan beban, kurang kemampuan pasokan, kesalahan dan lain-lain. Tegangan rendah dapat menyebabkan ketidakstabilan tegangan, arus listrik yang tinggi oleh motor, permintaan daya reaktif yang tinggi dan lain-lain.

Perangkat proteksi untuk *over voltage* maupun *under voltage* harus sensitif terhadap kedua gangguan tersebut agar dapat dengan segera memutus gangguan dari sistem, sehingga peralatan menjadi aman. Selain itu, perangkat proteksi juga harus selektif dalam menentukan gangguan yang akan diproteksi, sehingga tidak terjadi kesalahan. Pada penelitian ini digunakan relay proteksi yang karakteristiknya dapat diatur sesuai dengan standar *over voltage* maupun *under voltage* yang diinginkan. Relay proteksi yang digunakan memiliki kecepatan kurang dari 1 menit untuk memutus gangguan setelah mendapat perintah untuk memutus sistem dengan sumber oleh mikrokontroler.

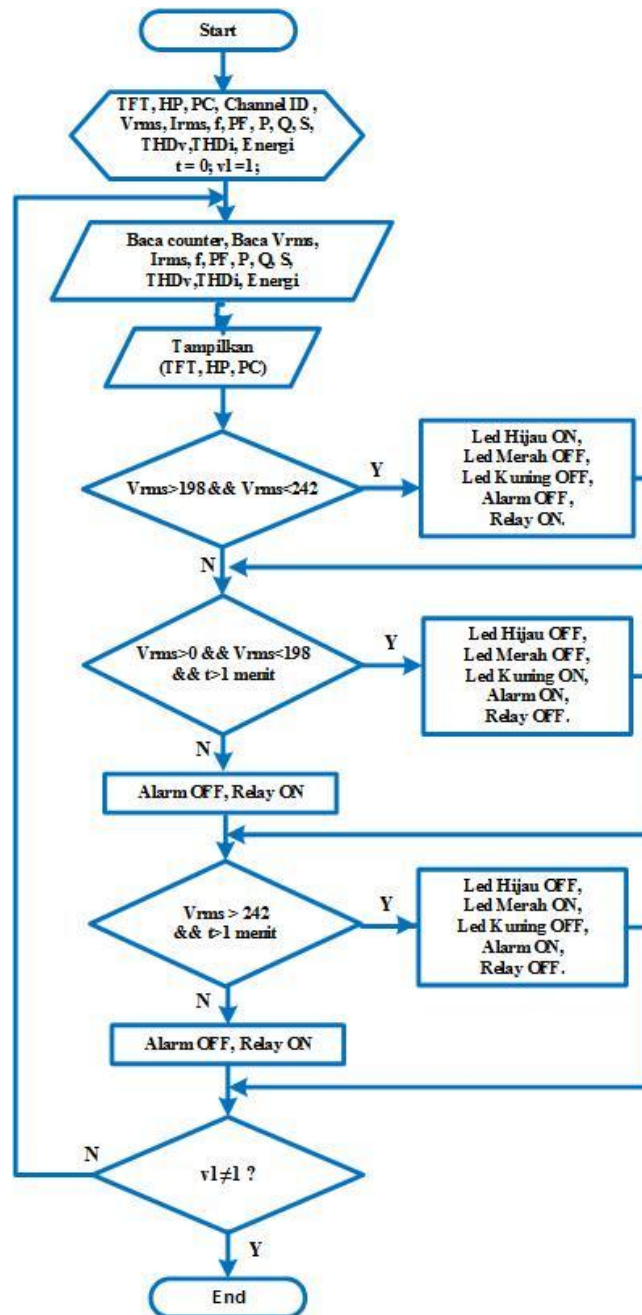
B. Arsitektur Sistem Meter daya

Sumber energi listrik berasal dari PLN dengan tegangan 220 V dan daya 900 VA. Penggunaan sensor daya ADE7880 berfungsi untuk mendeteksi nilai daya aktif (P), daya reaktif (Q), daya semu (S), tegangan (V), arus (I), PF, frekuensi, energi (KWH), *total harmonic distortion* (THD) tegangan, dan *total harmonic distortion* (THD) arus. Sehingga, dengan menggunakan sensor ini, parameter teknis dari energi listrik dapat dideteksi. Sedangkan mikrokontroler yang berfungsi sebagai otak dari meter daya digunakan ARM STM32. Selain itu, mikrokontroler ini juga digunakan untuk memerintah *buzzer* untuk berbunyi ketika terjadi gangguan *over voltage* atau *under voltage* dan memerintah relay untuk memutus energi listrik ketika gangguan *over voltage* atau *under voltage* pada sistem. Pada meter daya dilengkapi dengan LCD TFT berfungsi untuk menampilkan nilai daya aktif (P), daya reaktif (Q), daya semu (S), tegangan (V), arus (I), PF, frekuensi, energi (KWH), *total harmonic distortion* (THD) tegangan, dan *total harmonic distortion* (THD) arus. LCD TFT yang digunakan juga memiliki fitur layar sentuh, sehingga tidak memerlukan *keypad* untuk memberikan masukan pada meter daya. Relay berfungsi untuk memutus energi listrik ketika terjadi gangguan *over voltage* atau *under voltage* pada sistem. Relay mendapatkan perintah untuk memutus aliran energi listrik dari sumber ke beban dari mikrokontroler. Sedangkan Alarm berfungsi sebagai penanda ketika terjadi gangguan *over voltage* atau *under voltage* pada sistem. Arsitektur sistem meter daya ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Meter Daya

Database digunakan untuk menyimpan dan menampilkan riwayat tegangan (V), arus (I), PF, frekuensi, daya aktif (P), daya semu (S), energi (KWH) dan kondisi sistem, karena pada sistem terdapat tiga kondisi yaitu *under* (terjadi gangguan *under voltage*), *normal* (tidak terjadi gangguan), dan *over* (terjadi gangguan *over voltage*). Meter daya ini juga dilengkapi dengan indikator LED merah untuk kondisi *over voltage*, LED hijau untuk kondisi *normal*, dan LED kuning untuk kondisi *under voltage*. Modul wifi ESP8266 digunakan untuk menghubungkan meter daya dengan *database*. Dengan *personal computer* (PC) atau *smartphone* maka, data dapat ditampilkan secara jarak jauh. Pada kondisi ini *personal computer* (PC) atau *smartphone* harus dalam kondisi terhubung internet.



Gambar 3. Diagram Alir Sistem Meter Daya

Gambar 3 menunjukkan diagram alir sistem meter daya. Data dari sensor ADE7800 akan diolah oleh mikrokontroler sehingga dapat ditampilkan pada LCD TFT, *smartphone*, maupun *personal computer* (PC). Kemudian data tegangan akan diproses untuk diketahui apakah terjadi *under voltage*, *over voltage*, ataukah dalam keadaan normal. Kondisi tegangan yang telah diproses akan menyalakan lampu indikator LED sesuai dengan warnanya. Apabila tegangan berada pada kondisi *under voltage* ataupun *over voltage*, maka relay secara otomatis akan trip sehingga beban menjadi aman. Untuk mendapatkan energi yang dikonsumsi digunakan Persamaan 1.

$$kWh = \frac{Pxt}{1000} \tag{1}$$

Di mana:

KWH : Energi Listrik (KWH)
 P : Daya Aktif (Watt)
 t : Waktu (Jam)

III. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai dengan perencanaan dan mendapatkan informasi dari sistem, sehingga dapat diketahui spesifikasi dari sistem tersebut.

A. Pengujian Meter Daya dengan Beban Resistif

Pengujian meter daya menggunakan beban resistif dengan variasi daya 60 watt, 100 watt, 120 watt, 160 watt, dan 200 watt. Tabel 1 menunjukkan hasil keluaran meter daya dibandingkan dengan alat ukur *Fluke 116 True RMS Multimeter* dan *Fluke 322 Clamp Meter*. Pengujian smart power meter dengan beban resistif dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. PENGUJIAN SMART POWER METER DENGAN BEBAN RESISTIF

No	Beban Lampu (watt)	V Fluke (V)	V SPM (V)	Δ Error Tegangan (%)	I Fluke (A)	I SPM (A)	Δ Error Arus (%)
1	60	231,4	231,58	0,077 %	0,25	0,26	4 %
2	100	231,7	231,82	0,051 %	0,42	0,43	4 %
3	120	231,6	231,66	0,025 %	0,51	0,52	4 %
4	160	231,4	231,55	0,064 %	0,67	0,68	4 %
5	200	230,9	231,05	0,064 %	0,85	0,86	4 %

Berdasarkan Tabel 1 nilai presentase kesalahan tegangan paling besar adalah 0,077% dengan rata-rata error sebesar 0.0562%. Sedangkan pada keluaran arus smart power meter didapatkan presentase kesalahan sebesar 4%. Berdasarkan data tersebut, meter daya memiliki akurasi yang baik.

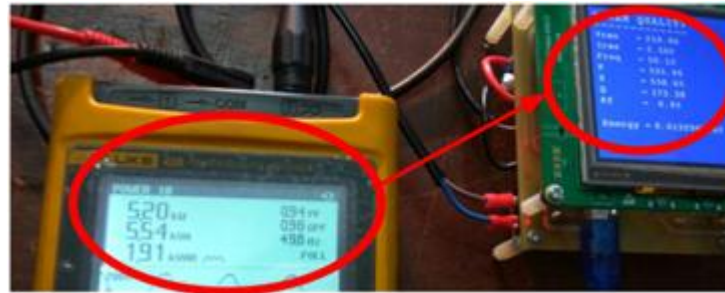
B. Pengujian Meter Daya dengan Beban Non Linier

Pada pengujian meter daya dengan beban nonlinier, data keluaran meter daya dibandingkan dengan *Fluke 43B Power Quality Analyzer*. Tabel 2 menunjukkan data pengujian meter daya dengan beban *non linier*.

TABEL 2. PENGUJIAN SMART POWER METER DENGAN BEBAN NON LINIER

No	Data	Fluke 43 B	SPM	%Error
1	Vrms (V)	218,7	218,15	0,251
2	Irms (A)	2,540	2,503	1,456
3	Frekuensi (Hz)	49,9	50,06	0,320
4	P (watt)	520	531,06	2,126
5	Q (var)	191	173,38	9,225
6	S (va)	554	558,65	0,839
7	PF	0.94	0,95	1,063

Berdasarkan data pada Tabel 2, presentase kesalahan terbesar terdapat pada pengukuran daya reaktif (Q) yaitu 9,255 %. Gambar 5 menunjukkan perbandingan pembacaan data dari meter daya dan *Fluke 43B Power Quality Analyzer*.



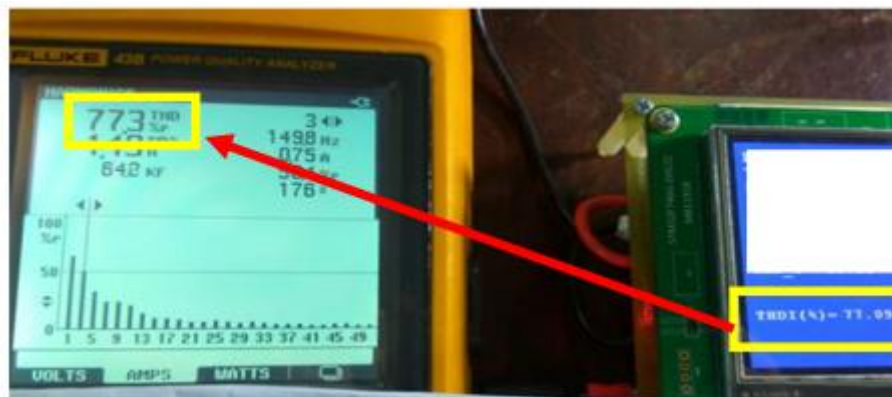
Gambar 5. Pengujian Linieritas Meter Daya Terhadap Beban Resistif

Perbandingan data THDi antara meter daya dan *Fluke 43B Power Quality Analyzer* ditunjukkan oleh Tabel 3.

TABEL 3. PENGUJIAN THDI SMART POWER METER PADA BEBAN HARMONISA

No	Beban	Data	Fluke 43B	SPM	%Error
1	Beban A	THDi	31,30 %	30,39 %	2,90 %
2	Beban B	THDi	41,90 %	45,20 %	7,87 %
3	Beban C	THDi	44,40 %	46,40 %	4,50 %
4	Beban D	THDi	58,00 %	57,06 %	1,62 %
5	Beban E	THDi	77,30 %	77,09 %	0,27 %

Pada data pada Tabel 3 tersebut nilai presentase kesalahan *total harmonic distortion* arus (THDi) terbesar adalah 7,87 %. Sedangkan nilai presentase kesalahan *total harmonic distortion* arus (THDi) terkecil adalah 0,27 %. Nilai presentase kesalahan pada beban A adalah 2,90%, presentase kesalahan pada beban B adalah 7,87%, presentase kesalahan pada beban C adalah 4,50%, presentase kesalahan pada beban D adalah 1,62%, presentase kesalahan pada beban E adalah 0,27%.



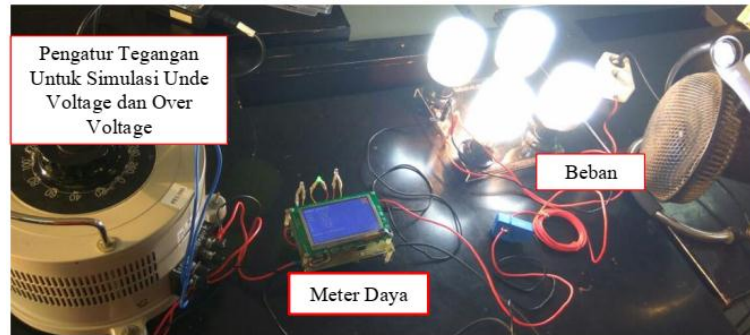
Gambar 6. Pengujian Linieritas Meter Daya Pada Parameter THDi

Gambar 6 menunjukkan perbandingan data *total harmonic distorsion* arus (THDi) meter daya dengan *Fluke 43B Power Quality Analyzer*. Pada pengujian ini nilai THDi dengan menggunakan *Fluke 43B Power Quality Analyzer* terukur 77,3% sedangkan pada meter daya nilai THDi terukur 77,09%.

C. Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian integrasi dilakukan untuk mengetahui performa sistem secara keseluruhan. Gambar 7 menunjukkan pengujian integrasi sistem. Data yang didapat dari pembacaan sensor daya akan dikirim mikrokontroler STM32F746G menggunakan komunikasi serial ke modul wifi ESP8266. Kemudian data yang diterima modul wifi ESP8266 akan dikirim ke *database thingspeak*. Ketika terjadi gangguan *under voltage* maka pada kolom kondisi tertulis *under* dan ketika terjadi gangguan *over voltage* maka pada kolom kondisi tertulis *over*. Jika tidak

terjadi gangguan kolom kondisi tertulis normal. Tabel 4 merupakan data pengujian *real-time* sistem yang terekam oleh *data logger* meter daya.

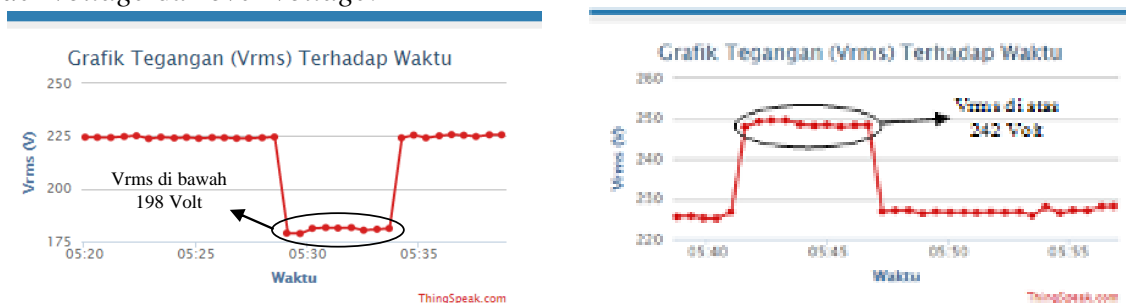


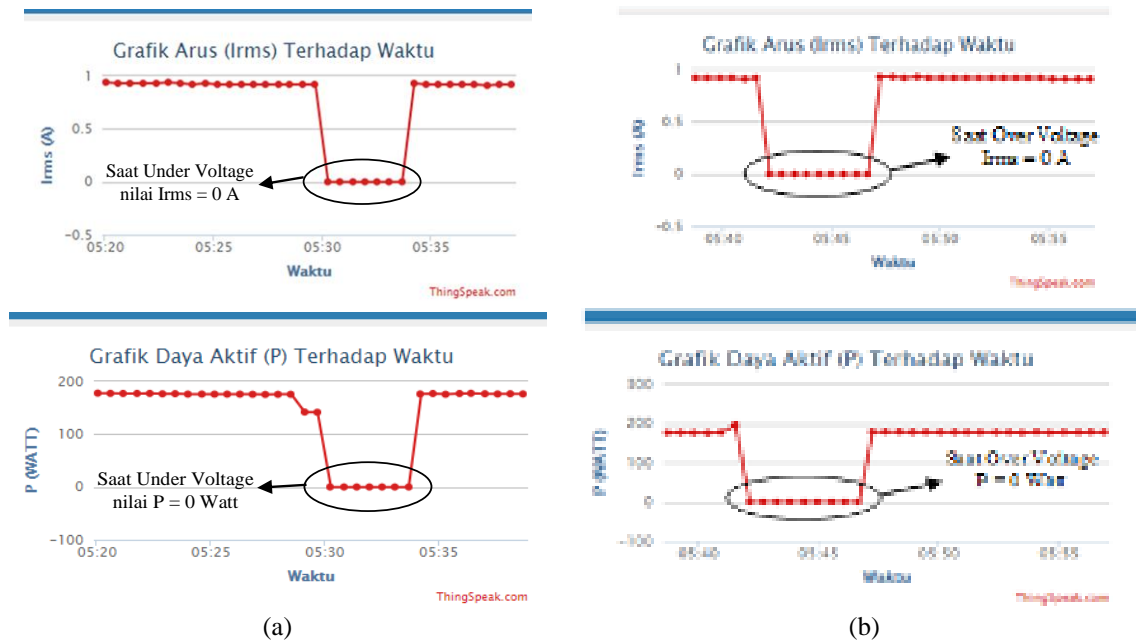
Gambar 7. Pengujian Integrasi Sistem

TABEL 4. DATA PENGUJIAN SISTEM YANG TEREKAM OLEH DATA *LOGGER* METER DAYA

No	Vrms (V)	Irms (A)	PF	F (Hz)	P (WATT)	S (VA)	Relay
1	224,21	0,92	0,86	49,84	175,85	204,39	ON (Normal)
2	181,23	0,00	0,00	49,82	0,00	0,00	OFF (Under)
3	181,60	0,00	0,00	49,80	0,00	0,00	OFF (Under)
8	181,20	0,00	0,00	49,87	0,00	0,00	OFF (Under)
9	225,78	0,92	0,86	50,05	176,43	205,33	ON (Normal)
10	226,75	0,91	0,86	49,97	177,11	203,98	ON (Normal)
11	226,75	0,91	0,86	49,97	177,11	203,98	ON (Normal)
12	249,32	0,00	0,00	49,95	0,00	0,00	OFF (Over)
13	248,35	0,00	0,00	50,01	0,00	0,00	OFF (Over)
14	226,82	0,92	0,86	49,88	177,35	205,68	ON (Normal)
15	225,92	0,92	0,86	49,87	176,40	204,74	ON (Normal)

Berdasarkan data pada Tabel 4, ketika terjadi *under voltage* relay akan bekerja memutus sistem dengan sumber, hal ini terlihat dari data tersebut bahwa tidak ada arus dan daya yang mengalir ke sistem. Kondisi yang sama juga terjadi ketika *over voltage*, relay akan bekerja memutus sistem dengan sumber. Gambar 8 menunjukkan tampilan pada web ketika terjadi *under voltage* dan *over voltage*.





Gambar 8. Tampilan Pada Web Ketika Terjadi (a) *Under voltage*, (b) *Over voltage*

Gambar 8 menunjukkan tampilan grafik energi (KWH) pada web. Berdasarkan Gambar 9, dapat dilihat bahwa data energi disimpan dan ditampilkan secara *real time* pada web. Data meter daya ini disimpan oleh sistem data *logger* dan *database thingspeak*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, desain meter daya yang dibuat pada penelitian ini dapat bekerja dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata error sebesar 0,0562% pada pengujian dengan beban resistif. Pada pengujian dengan beban non linier, meter daya ini memiliki error pembacaan data terbesar yaitu 9,255 %. Data-data pada meter daya dapat dipantau secara *real time* pada web. Meter daya yang dibuat juga terbukti mampu melakukan proteksi pada beban Ketika terjadi gangguan *under vottage* maupun *over voltage*.

REFERENSI

- [1] Visalatchi, S., and Sandeep, K. K. *Smart Energy Metering and Power Theft Control Using Arduino & GSM*. 2017 2nd International Conference for Convergence in Technology (I2CT), Mumbai, 2017: pp. 858-961.
- [2] Albu, M. M., Sănduleac, M., and Stănescu, C. Syncretic Use of Smart Meters for Power Quality Monitoring in Emerging Networks. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2017; 8(1): pp. 485-492.
- [3] Barai, G. R., Krishnan, S., and Venkatesh, B. *Smart Metering and Functionalities of Smart Meters in Smart Grid - A Review*. 2015 IEEE Electrical Power and Energy Conference (EPEC), London. 2015: pp. 138-145.
- [4] Luan, W., Peng, J., Maras, M., Lo, J., and Harapnuk, B. Smart Meter Data Analytics for Distribution Network Connectivity Verification. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2015; 6(4): pp. 1964-1971.

- [5] Aagri, D. K., and Bisht, A. *Export and Import of Renewable energy by Hybrid MicroGrid via IoT*. 2018 3rd International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), Bhimtal, 2018: pp. 1-4.
- [6] Ngu, A. H., Gutierrez, M., Metsis, V., Nepal, S., and Sheng, Q. Z. IoT Middleware: A Survey on Issues and Enabling Technologies. *IEEE Internet of Things Journal*. 2017; 4(1): pp. 1-20.
- [7] Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., and Wang, H. A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities with China Perspective. *IEEE Internet of Things Journal*. 2014; 1(4): pp. 349-359.
- [8] Vishwakarma, S. K., Upadhyaya, P., Kumari, B., and Mishra, A. K. *Smart Energy Efficient Home Automation System Using IoT*. 2019 4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU), Ghaziabad, India, 2019: pp. 1-4.
- [9] Chattopahyay, S., Mitra, M., Sengupta, S. *Electric Power Quality*, Springer, 2011
- [10] Baggini, A. *Handbook of Power Quality*. Wiley, England, 2008
- [11] Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., Santoso, S., and Beaty, H. W. *Electrical Power System Quality*. Second Edition, Blacklick. McGraw-Hill, 2002: pp. 528.