

# Rancang Bangun *Smart* Energi Meter Digital Prabayar dengan Dukungan Teknologi *Bluetooth*

Agung Budi Muljono, I Made Ari Nrartha, I Made Ginarsa, Sultan

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jl. Majapahit No. 62, Mataram, NTB, Indonesia (83125)

[agungbm@unram.ac.id](mailto:agungbm@unram.ac.id), [nrartha@unram.ac.id](mailto:nrartha@unram.ac.id), [kadekgin@unram.ac.id](mailto:kadekgin@unram.ac.id), [sultandarma@unram.ac.id](mailto:sultandarma@unram.ac.id)

**Abstract**— Building a smart prepaid digital energy meter supported by bluetooth technology is focused topic research in order to answer the needs of more practical digital meter. This technology is able to simplify calculation usage energy for user such as calibration, charging pulses, and securing Energy Meters Digital (EMD) from irresponsible actions. The proposed Smart Energy Meter Digital (SEMD) comes with a public code and personal keyword to ensure the safety of the meter from the act of electrical pulse theft and freedom for the meter owner to replace the keyword. The calculation method of rms voltage, rms current and average power using numerical integral calculation method and energy is calculated from multiplication of power with duration of power usage. Real time calibration with bluetooth obtained measurement error for voltage is 0.046% and error for current measurement is 0.63%.

**Keywords**—component; smart; energy; SEMD; prapaid; bluetooth

**Intisari**— Perancangan smart energi meter digital prabayar didukung oleh teknologi bluetooth adalah tema penelitian ini untuk menjawab keperluan penggunaan energi meter digital yang lebih praktis. Teknologi mampu mempermudah perhitungan penggunaan energi untuk pemakai, seperti kalibrasi meter pengisian pulsa dan keamanan dari EMD dari aksi orang yang tidak bertanggung jawab. SEMD yang diusulkan dilengkapi dengan kode publik dan kata kunci pribadi untuk menjamin keamanan SEMD dari tindakan pencurian pulsa listrik dan kebebasan bagi pemilik SEMD untuk mengganti kata kunci tersebut. Metode perhitungan tegangan rms, arus rms dan daya rata-rata menggunakan metode perhitungan integral numeris dan energi dihitung dari daya dengan waktu penggunaan daya. Hasil kalibrasi real time dengan media bluetooth diperoleh kesalahan pengukuran untuk tegangan adalah 0.046 % dan kesalahan pengukuran arus sebesar 0.63 %.

**Keywords**—komponen; cerdas; energi; SEMD; prabayar; bluetooth

## I. PENDAHULUAN

Pengukuran penggunaan energi oleh penyedia listrik tidak lagi menggunakan energi meter analog tetapi sudah digantikan oleh energi meter digital prabayar. Banyak keuntungan dari penggunaan energi meter digital prabayar baik untuk penyedia daya listrik maupun untuk konsumen. Penyedia daya tidak membutuhkan tenaga kerja untuk mencatat penggunaan energi secara manual dari rumah ke rumah konsumen, dan pembelian energi di awal oleh konsumen sebelum digunakan. Konsumen dapat mengelola dan merencanakan penggunaan daya listrik sehingga konsumen dapat lebih cerdas dalam pemakaian energi listrik.

Pengisian energi pada Energi Meter Digital (EMD) prabayar menggunakan sistem token yang diinputkan melalui *keypad* yang ada pada energi meter tersebut. Token adalah sebuah kombinasi angka yang bersifat unik yang akan disinkronkan oleh energi meter untuk mendapatkan tambahan energi listrik pada energi meter digital tersebut. Token ini dapat diperoleh hanya dari perusahaan listrik atau *reseller*-nya dan tidak dapat dibuat sendiri karena mengandung kombinasi angka yang unik dan sudah diset/dipasangkan pada setiap EMD yang bersifat unik.

Saat ini pemasangan EMD prabayar tidak lagi terbatas pada satu rumah tinggal tetapi dapat juga dipasang pada setiap kamar sesuai kebutuhan. Kamar-kamar yang dipasang energi meter adalah kamar-kamar yang disewakan untuk bulanan atau tahunan. Sistem seperti ini disebut rumah kos. Untuk mempermudah perhitungan penggunaan energi listrik, pemilik rumah kos memasang energi meter digital prabayar di masing-masing kamar. Pemasangan energi meter setiap kamar menyebabkan biaya tambahan yang cukup tinggi. Secara bisnis hal ini tentu kurang menguntungkan, kecuali pemilik kos menyediakan EMD dan membuat sistem pengisian token sendiri yang perhitungan jumlah pemakaian energinya sama dengan perhitungan dari penyedia daya. Penyedia kos membutuhkan hanya satu energi meter digital prabayar dari penyedia listrik dan dibawah meter tersebut untuk setiap kamar dapat diusahakan sendiri.

Perkembangan rancangan energi meter analog ke digital dengan memanfaatkan kWh meter konvensional [1]. Energi meter digital untuk tujuan pembelian energi listrik untuk konsumen yang *mobile* dikembangkan dengan sensor arus ACS712 [2] dan pada saat ini energi meter dengan kemampuan analisis karakteristik beban linear dan non linear untuk mengetahui kandungan harmonisa beban [3]. Sistem meter digital prabayar dengan memanfaatkan kWh-meter konvensional sistem piringan [4], *prototype* energi meter digital prabayar sistem token dengan tambahan waktu kadaluarsa token, token diisi dengan cara input pada *keypad* dari EMD [5]. Rancangan sistem pengisian meter prabayar dan informasi sisa pulsa dikirim dengan media GSM [6]-[7].

*Bluetooth* adalah salah satu teknologi *wireless* yang sangat populer pada perangkat-perangkat *mobile* seperti *smartphone*. *Bluetooth* beroperasi dalam pita frekuensi 2,4 GHz *unlicensed ISM (Industrial, Scientific and Medical)* dengan menggunakan sebuah frekuensi *hopping tranceiver* yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan suara secara *real-time* antara *host-host bluetooth*

dengan jarak jangkauan layanan yang terbatas yaitu sekitar 10 meter. *Bluetooth* menawarkan fitur yang baik untuk teknologi *mobile wireless* dengan biaya yang relatif rendah dan konsumsi arus kerja 50 mA, *interoperability* yang menjanjikan, mudah dalam pengoperasian dan mampu menyediakan berbagai layanan.

Diusulkan rancangan *Smart Energi Meter Digital* (SEMD) prabayar dengan dukungan teknologi *bluetooth* untuk komunikasi antara EMD dengan perangkat *smartphone* berbasis *android*. *Smart Energi Meter Digital* ini dapat dipasang dibawah EMD prabayar dari penyedia listrik untuk usaha kamar kos. Media *bluetooth* digunakan oleh pemilik kos untuk mengisi pulsa, mengganti nama meter sesuai dengan nama kamar, *me-reset* SEMD apabila ada gangguan tidakan kriminal dan kalibrasi secara real time. Pengaman pada SEMD terdiri dari kode publik dan kata kunci pribadi yang dapat diubah sesuai dengan keinginan, asalkan kata kunci pribadi sebelumnya diketahui.

## II. RANCANGAN SISTEM

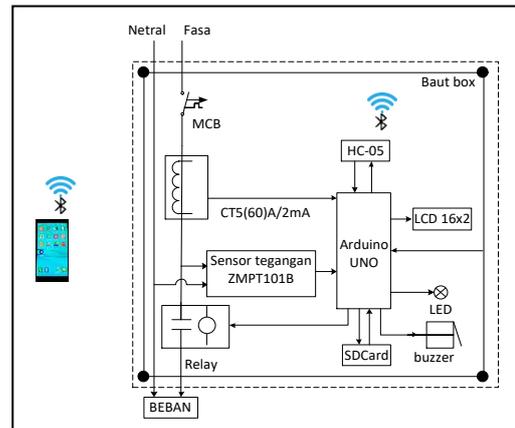
### A. Rancangan Hardware

Blok diagram *smart energi meter digital* prabayar dengan dukungan teknologi *bluetooth* ditunjukkan pada Gambar 1.

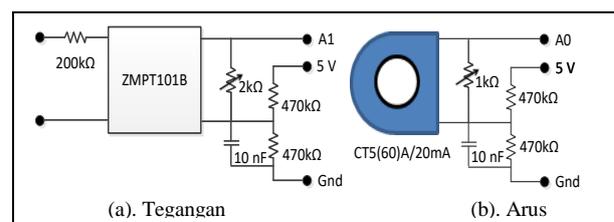
Modul *bluetooth* pada *smart energi meter digital* prabayar adalah HC-05. Modul HC-05 [8] dapat difungsikan sebagai *master* atau *slave*. Frekuensi kerja ISM 2.4 GHz, tipe v2.0+EDR dengan kecepatan 1 Mbps pada mode sinkron, 2.1 Mbps/160 kbps pada mode asinkron, tegangan kerja 3.3 – 6 volt DC, arus kerja 50 mA, modulasi *Gaussian Frequency Shift Keying* (GFSK), Sensitivitas -84dBm (0.1% BER), Daya emisi 4 dBm, Suhu operasional range -20°C - +75°C.

SDCard pada meter untuk menyimpan data sisa energi listrik, data password *reset*, data password isi pulsa, data kondisi meter (1 = gangguan; 0 = aman), data nama meter, data skala kalibrasi tegangan, nilai awal = 141,0448, dan data skala kalibrasi arus, nilai awal = 5,8333. Data awal untuk skala kalibrasi tegangan dan arus diperoleh dari pengaturan resistor variabel pada rangkaian sensor tegangan dan arus seperti pada Gambar 2. Nilai skala kalibrasi dapat disesuaikan apabila nantinya meter di kalibrasi ulang oleh pihak berwenang melalui media *bluetooth*.

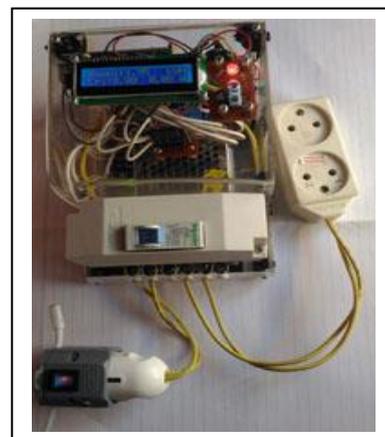
Sensor tegangan menggunakan transformator tegangan ZMPT101B [9] dengan rangkaian *offset* sebelum diinputkan ke *analog port* A1 arduino UNO pada Gambar 2(a). Sensor arus adalah CT5(60)A/2mA [10] dengan rangkaian *offset* sebelum diinputkan ke *analog port* A0 arduino UNO pada Gambar 2(b).



Gambar 1. Blok diagram *smart energi meter digital* prabayar dengan dukungan teknologi *bluetooth*



Gambar 2. Rangkaian sensor tegangan dan sensor arus

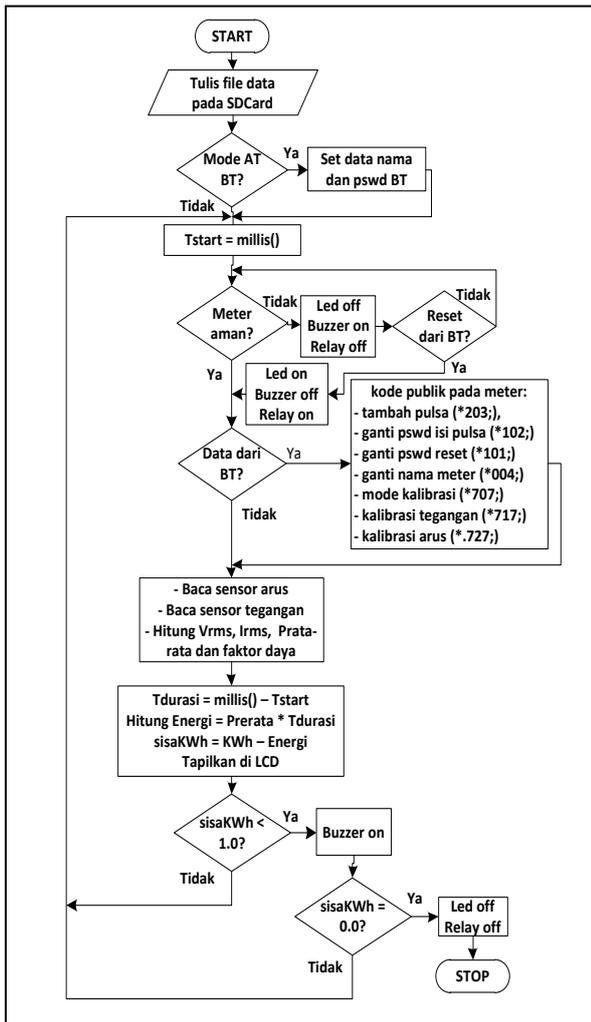


Gambar 3. Bentuk fisik *smart energi meter digital* prabayar

Buzzer untuk indikator sisa energi listrik pada SEMD lebih kecil dari 1 kWh, sisa energi listrik (kWh) pada meter sudah habis atau SEMD mendapatkan gangguan *external*. LED akan mati bila meter mendapatkan gangguan *eksternal* dan sisa energi (kWh) pada SEMD sudah habis. MCB adalah pengaman beban beban lebih sekaligus sebagai pengaman hubung singkat pada beban. Relay akan *open* bila SEMD mendapatkan gangguan *external* dan sisa kWh sama dengan nol. Gambar 3 adalah bentuk fisik dari *smart energi meter digital* prabayar.

### B. Rancangan Software

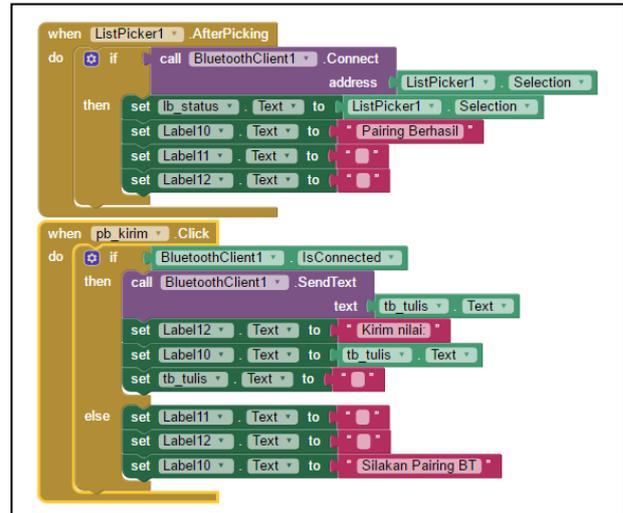
*Software* untuk arduino UNO pada energi meter adalah Arduino IDE 1.8.2. Diagram alir program pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir program pada IDE Arduino 1.8.2

Kata kunci *default* untuk *reset* energi meter dan isi pulsa energi meter adalah 1234. Kata kunci *reset* dapat diubah dengan mengirim data dari ponsel *android* melalui media *bluetooth* (BT) ke SEMD yaitu dengan cara: \*101;pswd\_reset\_lama:pswd\_reset\_baru# dan kata kunci isi pulsa dengan cara: \*102;pswd\_isi\_pulsa\_lama:pswd\_isi\_pulsa\_baru#.

Aplikasi *android* pada *smartphone* untuk komunikasi meter dengan media *bluetooth* menggunakan *software MIT App Inventor* [11]. MIT App Inventor adalah lingkungan pemrograman visual yang intuitif untuk membuat aplikasi yang berfungsi penuh untuk *smartphone* dan tablet. Aplikasi *android* untuk komunikasi meter dengan *smartphone* melalui media *bluetooth* dengan software MIT App Inventor ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemrograman visual kirim data ke meter dari *smartphone*

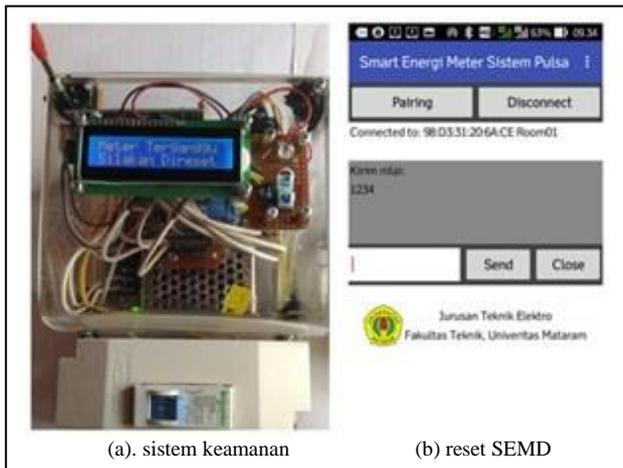
Program pada Gambar 5 dijalankan akan menghasilkan tampilan program *android* pada *smartphone* seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan program koneksi BT ke meter pada *smartphone*

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji fungsi kemanan dari SEMD, SEMD mendapatkan tindakan gangguan dari luar berupa usaha membuka box meter dengan melepas bautnya. Gambar 7 (a) adalah kondisi meter setelah salah satu baut box meter dikendorkan, (b) adalah usaha untuk *me-reset* meter melalui *smartphone* dengan password reset (1234). Setelah direset dengan password reset, SEMD siap digunakan (*relay on*) dengan kondisi meter seperti pada Gambar 3.



Gambar 7. Fungsi kewanaman dan *reset* energi meter dari *smartphone*

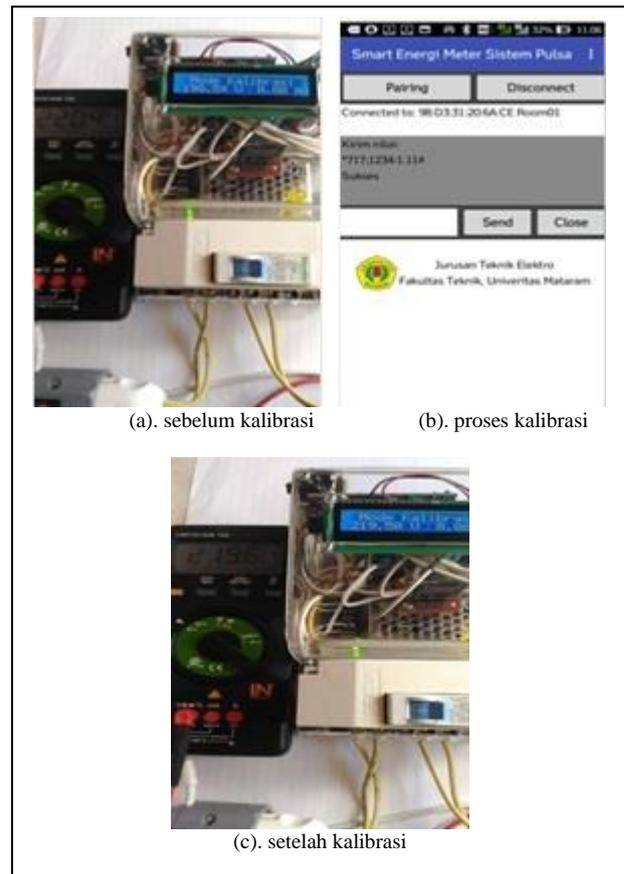
Hasil pengiriman pulsa ke SEMD dari *smartphone* melalui media *bluetooth* dengan aplikasi *android* pada Gambar 8. Gambar 8. (a) pulsa awal adalah 5 kWh, (b) pulsa listrik dikirim dari *smartphone* tambahan sebesar 10 kWh yaitu dengan cara: \*203;1234:10#, (c) total pulsa setelah energi meter menerima 10 kWh adalah 15 kWh.



Gambar 8. Proses pengiriman pulsa SEMD dari *smartphone* melalui *bluetooth*

Kalibrasi *real time* untuk energi meter menggunakan *smartphone* untuk perubahan hasil pengukuran nilai tegangan atau arus karena alat ukur referensi yang digunakan berbeda dan menghasilkan hasil pengukuran yang berbeda dari alat ukur referensi sebelumnya. Gambar 9. menunjukkan proses dan hasil kalibrasi tegangan *real time*. Gambar 9. (a) perbandingan pengukuran meter dengan alat ukur referensi sebelum kalibrasi, kesalahan ukur cukup tinggi yaitu: 9.918%. Gambar 9. (b) nilai yang

dikirim dari *smartphone* untuk kalibrasi tegangan *real time* adalah \*717;1234:1.11#. Gambar 9. (c) adalah hasil perbandingan pengukuran setelah kalibrasi *real time* dengan kesalahan sangat kecil yaitu 0.046%. Tabel 1 adalah rincian hasil perbandingan kesalahan pengukuran tegangan sebelum dan sesudah kalibrasi tegangan *real time*.

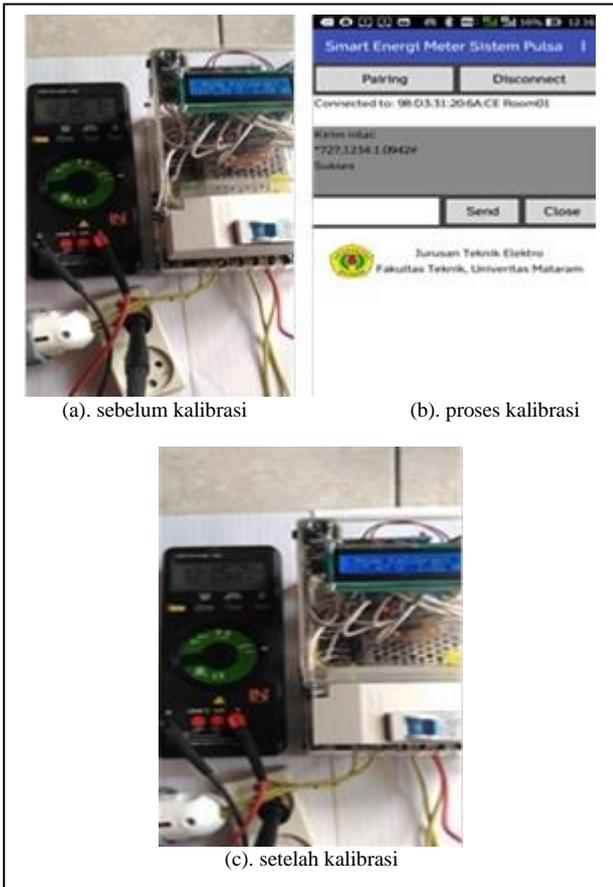


Gambar 9. Proses kalibrasi tegangan *real time*

TABEL 1. PERBANDINGAN KESALAHAN UKUR TEGANGAN SMART ENERGI METER

|                                    | Vref (Volt) | Vmeter (Volt) | Kesalahan (%) |
|------------------------------------|-------------|---------------|---------------|
| Sebelum kalibrasi                  | 220.40      | 198.54        | 9.918         |
| Setelah kalibrasi <i>real time</i> | 219.60      | 219.50        | 0.046         |

Hasil dan proses kalibrasi arus *real time* dari energi meter pada Gambar 10. Gambar 10. (a) perbandingan hasil pengukuran energi meter dengan alat ukur referensi sebelum dikalibrasi, rerata kesalahan ukur adalah 4.30%. Gambar 10.(b) adalah nilai yang dikirim dari *smartphone* untuk proses kalibrasi arus *real time* adalah: \*727;1234:1.0942#. Gambar 10. (c) adalah perbandingan hasil pengukuran arus setelah kalibrasi arus *real time*, rerata kesalahan ukur adalah 0.00%. Tabel 2 adalah rincian perbandingan kesalahan pengukuran arus sebelum dan sesudah kalibrasi arus *real time*.



Gambar 10. Proses kalibrasi arus *real time*

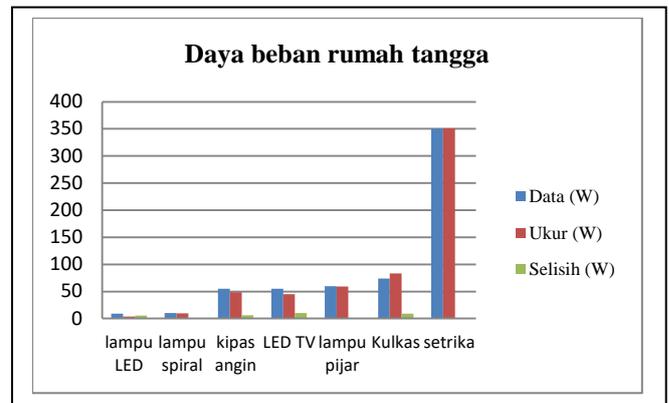
TABEL 2. PERBANDINGAN KESALAHAN UKUR ARUS SMART ENERGI METER

|                             | Iref (Amp.) | Imeter (Amp.) | Kesalahan (%) |
|-----------------------------|-------------|---------------|---------------|
| Sebelum kalibrasi           | 0.00        | 0.00          | 0.00          |
|                             | 1.51        | 1.38          | 8.61          |
| Rerata sebelum              |             |               | 4.30          |
| Setelah kalibrasi real time | 0.00        | 0.00          | 0.00          |
|                             | 1.51        | 1.52          | 0.63          |
| Rerata setelah              |             |               | 0.315         |

Hasil pengukuran *smart* energi meter digital prabayar untuk beberapa beban rumah tangga ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan terdapat beban rumah tangga yang faktor daya terlalu rendah sehingga pembacaan daya hasil pengukuran cukup jauh dibandingkan dengan daya yang tertera pada beban, yaitu beban lampu LED.

TABEL 3. HASIL PENGUKURAN SEM DIGITAL PRABAYAR

| Beban rumah tangga  | Vmtr (Volt) | Imtr (Amp) | Faktor daya | Daya (W) | Selisih (W) |
|---------------------|-------------|------------|-------------|----------|-------------|
| Lampu LED (9 W)     | 229.97      | 0.07       | 0.22        | 3.54     | 5.46        |
| Kipas spiral (10 W) | 224.88      | 0.07       | 0.60        | 9.44     | 0.56        |
| Kipas angin (55 W)  | 225.58      | 0.22       | 0.98        | 48.64    | 6.36        |
| LED TV (55 W)       | 229.75      | 0.32       | 0.61        | 44.85    | 10.15       |
| Lampu pijar (60 W)  | 226.85      | 0.26       | 1           | 58.98    | 1.02        |
| Kulkas (74 W)       | 228.98      | 0.65       | 0.56        | 83.35    | -9.35       |
| Setrika (350 W)     | 223.54      | 1.57       | 1           | 350.96   | -0.96       |



Gambar 11. Perbandingan daya tertera dan terukur

Pemakaian energi untuk setiap beban rumah tangga akan mengurangi jumlah kWh pada SEMD prabayar. Energi adalah daya dikalikan waktu pemakaian beban rumah tangga. Pada *mikroprosesor arduino UNO*, untuk waktu digunakan fungsi `millis()` untuk setiap periode daya terukur seperti pada diagram alir program IDE Arduino Gambar 4. Hasil uji pemakaian daya beban rumah tangga yaitu lampu pijar (60 W) selama satu jam akan mengurangi kWh yang tertera pada SEMD sebesar 0.06 kWh.

#### IV. KESIMPULAN

*Smart* energi meter digital dengan dukungan teknologi *bluetooth* dapat merekalibrasi sensor arus dan tegangan secara *real time* dengan media komunikasi *bluetooth* sehingga kesalahan pengukuran dapat berkurang dengan kesalahan pengukuran setelah kalibrasi *real time* yaitu 0.046% untuk pengukuran tegangan dan 0.00% untuk pengukuran arus. Fungsi keamanan dari SEMD berfungsi dengan baik. Hasil pengukuran daya dari SEMD tidak persis sama dengan daya yang tertera pada beban. Pemakaian energi oleh beban dapat mengurangi sisa kWh pada SEMD.

#### V. SARAN

*Smart* energi meter digital prabayar ini dapat dikembangkan untuk data logger sehingga karakteristik perilaku pemakaian energi oleh konsumen dapat dianalisis. Perlu dicoba *bluetooth low energy* (BLE) untuk menggantikan *bluetooth* HC-5 dengan pertimbangan BLE memerlukan daya yang sangat rendah dengan jarak transfer data yang cukup jauh lebih kurang 100 meter.

Perlu dikembangkan cara lain untuk mengirim data dari *smart* energi meter digital prabayar seperti kombinasi BT, GSM, PLC atau radio untuk mendapatkan konfigurasi jaringan yang tepat dalam implimentasi *smart* energi meter digital prabayar.

#### UCAPAN TERIMA KASIH.

Pada kesempatan ini Penulis mengucapkan terima kasih kepada KEMENRISTEK-DIKTI atas dukungan pendanaan melalui Skema Penelitian Strategis Nasional Institusi tahun 2018 Universitas Mataram.

#### REFERENCES

- [1] Pasurono, S. Handoko, and I. Setyawan, "Perancangan kWh meter digital menggunakan KWH meter konvensional", pada *Transient, Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 112-117, Maret 2013.
- [2] Husnawati, R. Passarella, Sutarno and Rendyansyah, "Perancangan dan simulasi energi meter digital satu fase menggunakan sensor arus ACS712", pada *JNTETI*, vol. 2, no. 4, pp. 307-315, November 2013.
- [3] H. Sasmita, I. M. A. Nrartha, dan I. M. B. Suksmadana, "Perancangan energi meter dan analisis karakteristik beban listrik berbasis raspberry pi", pada *Jurnal Dielektrika*, Vol. 5, No. 1: 64 – 72, Pebruari 2018.
- [4] L. L. U. Tung dan H. Oktavia, "kWh meter dengan sistem prabayar", pada *Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen (KOMMIT 2002)*, pp. B-27 – B-33, 21-22 Agustus 2002.
- [5] D. Lumbantoruan, F. Silalahi, A. Sembiring, and J. Silitinga, "Rancang bangun prototype meteran listrik prabayar", pada *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Terapan*, pp. 200-208, Semarang 2014.
- [6] H. Himawan, and Anrin T., "Rancangan jaringan sistem mobile pulsa listrik prabayar", pada *Prosiding SNATIF Ke-1*, pp. 205-208, 2014.
- [7] A. Mulyana, T. A. Riza, D. N. Ramadan, and M. D. Falih, "Sistem pengisian pulsa pada KWH meter prabayar menggunakan ponsel", pada *Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan*, vol. 4, no. 2, pp. 560-569, Desember 2017.
- [8] HC-05 Bluetooth Module, <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.772-148.1.pdf>, diakses Januari 2018.
- [9] ZMPT101B (ZMPT107) voltage transformer operating guide, [http://www.zeming-e.com/file/0\\_2013\\_10\\_18\\_093344.pdf](http://www.zeming-e.com/file/0_2013_10_18_093344.pdf), diakses Januari 2018.
- [10] ISTEK Industrial Spacetek, [http://www.ispacetek.com/support-files/istek-current\\_transformers\\_cts.pdf](http://www.ispacetek.com/support-files/istek-current_transformers_cts.pdf), diakses Januari 2018.
- [11] MIT App Inventor, <http://appinventor.mit.edu/explore/>, diakses Februari 2018.