

# Rancang Bangun Alat Pengukur Data Kelistrikan dengan Aplikasi Android MQTT Dash

**Author:**

Rizki Priya Pratama

**Affiliation:**

Politeknik Kota Malang

**Corresponding email**

[rizkipriyap@gmail.com](mailto:rizkipriyap@gmail.com)

**Histori Naskah:**

Submit: 2022-08-11

Accepted: 2022-08-19

Published: 2022-08-19



This is an Creative Commons  
License This work is licensed  
under a Creative Commons  
Attribution-NonCommercial 4.0  
International License

**Abstrak:**

Penghematan listrik dapat dimulai dari memakai listrik seperlunya. Penghematan listrik juga dapat menurunkan pengeluaran rumah tangga. Salah satu cara penghematan penggunaan listrik adalah dengan mengetahui jumlah pemakaian secara *real time*. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* / (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk. Alat ini menggunakan ESP32 untuk memproses data dan mengirimkan ke MQTT Broker, sensor ZMPT101B untuk mengukur tegangan dan sensor YHDC SCT-013-000 untuk mengukur arus. Proses pembacaan sensor-sensor tersebut dengan cara mencacah sinyal tegangan dan arus yang masuk, dan setiap cacahan tersebut dikuadratkan, dan dijumlahkan dengan data sebelumnya sampai batas akhir cacahan yang ditentukan. Proses ini menghasilkan tegangan rms, arus rms, daya nyata, daya semu, faktor daya, sudut dan daya reaktif. Data-data ini dikirimkan ke aplikasi MQTT Dash. Alat ini memiliki batas pengukuran terendah 0,03A dan sensitivitas pengukuran 9,7mA/bit dengan kemampuan pembacaan sampai dengan 40 A<sub>p-p</sub> (14,14A). Arus yang diukur rata-rata antara 0A sampai 3,87A dengan hasil rata-rata error relatif -0,22%. Alat ini memiliki batas pengukuran tegangan terendah 0,39V dengan sensitivitas ADC 172mV/bit dengan kemampuan pembacaan sampai dengan 250V. Tegangan yang diukur rata-rata antara 0 V sampai 233.3V dengan hasil rata-rata error relatif 0,113%

**Kata kunci:** Android; MQTT Dash; ESP32; SCT-013-000; ZMPT101B; metode RMS

## Pendahuluan

Peningkatan jumlah penggunaan energi di dunia semakin tinggi. Bahkan konsumsi energi di Indonesia khususnya mengalami peningkatan rata - rata 2.9% per tahun dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2019 dan pada tahun 2019 mengalami kenaikan secara signifikan yaitu mencapai total 5%. Namun tahun 2020 jumlah penggunaan energy turun 4,5% (B.P. Statistical Review, 2021) . Peningkatan konsumsi energi tahunan ini berpengaruh pada kenaikan tarif dasar listrik (TDL) di Indonesia dengan pemberlakuan kebijakan pemerintah yaitu kenaikan bertahap 30% pada semester (Mineral, 2018). Pasokan listrik merupakan tantangan bagi sebagian besar negara berkembang. Hal ini karena pertumbuhan penduduk yang cepat dan ledakan ekonomi merupakan faktor penting lain yang mempengaruhi lonjakan permintaan listrik. Efisiensi tenaga listrik pada hakekatnya adalah perbandingan antara tenaga listrik yang masuk dan tenaga listrik yang digunakan (Cassoret, 2021). Salah satu cara penghematan penggunaan listrik adalah dengan mengetahui jumlah pemakaian secara *real time* penggunaan energi listrik pada perangkat-perangkat elektronik seperti televisi, kulkas, penanak nasi, mesin cuci, dan pendingin ruangan. Pengguna akan mudah dalam melakukan penghematan penggunaan energi listrik dengan menampilkan daya, tegangan, dan arus. Dengan mengetahui jumlah pemakaian daya, tegangan dan arus, penghuni rumah dapat saling mengingatkan apakah ada perangkat yang tidak digunakan sehingga jika tidak digunakan

maka dapat dimatikan sehingga biaya penggunaan energi listrik tidak membengkak. Dengan demikian penting sekali untuk mengembangkan sebuah penelitian yang dapat menampilkan daya, tegangan, dan arus serta dapat ditampilkan di *smartphone* secara *real time*

Dengan perkembangan teknologi, khususnya teknologi informasi dan telekomunikasi, peran aplikasi android sangatlah penting bagi kemudahan pengoprasian. Salah satu aplikasi android yang digunakan untuk penelitian ini adalah MQTT Dash. Aplikasi ini dipilih karena mudah digunakan, pengguna hanya perlu memasukkan alamat MQTT *broker*, topik *subscribe* dan *publish*. Jika topik-topik yang dimasukkan sudah benar, maka semua data tegangan, arus, dan daya dapat ditampilkan dalam bentuk angka. Aplikasi MQTT Dash telah banyak digunakan di berbagai macam penelitian yang berhubungan dengan masalah MQTT dan *Internet of Thing* (IoT). Artikel yang membahas penggunaan MQTT Dash antara lain artikel yang berjudul *Technology Based Learning System in Internet of Things (IoT) Education* (Akbar dkk., 2018) dan *Design of Portable Weather Station Using MQTT Protocol* (Novianty dkk., 2019).

Disamping penggunaan MQTT Dash sebagai media untuk menampilkan data. Sensor arus dan tegangan yang merupakan sumber data utama, perlu diperhatikan. Kebenaran data-data yang ditampilkan pada MQTT Dash ini bergantung pada pembacaan sensor arus - tegangan dan proses perhitungan daya. Proses pembacaan arus dan tegangan ini menggunakan metode yang sama dengan metode pembacaan alat ukur multimeter yaitu RMS (*root mean square*). Nilai RMS didapatkan dari proses pencuplikan atau pengambilan data pada sebuah gelombang sebanyak 'n' bagian. Semakin banyak jumlah bagian cuplikan maka hasilnya semakin akurat (Nanda dkk., 2020). Dari pembacaan arus dan tegangan RMS ini, didapatkan daya semu, daya nyata, daya reaktif dan faktor daya.

Sensor arus dan sensor tegangan yang digunakan untuk aplikasi ini adalah SCT-013-000 dan ZMPT101B. Salah satu artikel yang membahas sensor-sensor tersebut adalah artikel (Septian dkk., 2020). Pada artikel ini dijelaskan penggunaan Arduino Uno, modul SIM900 GSM/GPRS, sensor ultrasonic US-100, sensor tegangan ZMPT101B dan sensor arus SCT-013 pada Generator 20 KVA. Data tegangan, arus, level bahan bakar dan waktu pemakaian dikirimkan melalui GSM/GPRS untuk ditampilkan pada Web. Namun penggunaan metode pembacaan sensor tidak dijelaskan.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya, pengukuran tegangan-arus RMS telah berhasil diimplementasikan dan aplikasi MQTT Dash pun telah banyak digunakan. Penelitian ini merupakan pengembangan dan perpaduan antara keduanya yaitu dapat menghitung arus, tegangan, daya semu, daya nyata, daya reaktif dan faktor daya dan ditampilkan di layar *smartphone*. Penelitian bertujuan mendapatkan data tegangan, arus dan daya yang akurat dan presisi, kemudian data tersebut dikirimkan melalui jaringan MQTT dan ditampilkan pada aplikasi MQTT Dash.

## Studi Literatur

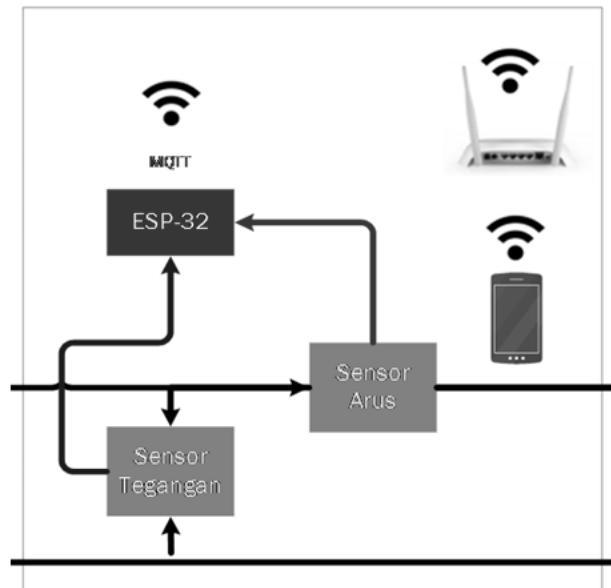
Banyak penelitian yang membahas mengenai sistem monitoring daya atau pengukuran arus tegangan dan daya pada listrik, antara lain artikel yang berjudul *IoT based smart energy monitoring* (Prashant Hiwale dkk., 2018). Penelitian ini menggunakan sensor ACS712, mikrokontroler Arduino Nano, ESP8266 dan LCD. Arus diukur dengan sensor arus ACS712 melalui mikrokontroler Arduino Nano, sedangkan tegangan ditetapkan sebesar 220 volt, karena tidak mempunyai sensor tegangan. Hasil pengukuran arus dihitung menjadi daya dan ditampilkan pada LCD serta dikirimkan ke Internet. Selanjutnya artikel yang berjudul *Review on smart electric metering system based on GSM/IoT* (Hassan Mir, 2019). Dalam *transfer* data ke *cloud*, penelitian ini menggunakan modul GSM dan Wifi. Penelitian yang berjudul *Electric meter reading through IoT by using Raspberry pi* (Pal dkk., 2018), membahas penggunaan komputer mini Raspberry pi untuk membaca meter PLN melalui arduino Uno. Arduino Uno digunakan

untuk membaca sensor-sensor tegangan dan arus. Data pembacaan sensor ini dikirim ke *Raspberry pi* untuk di proses atau dikirim. Selain di *cloud*, datanya juga disimpan ke dalam microSD. Sedangkan artikel penelitian *Research paper on IOT based smart energy meter monitoring and controlling system* (Jain dkk., 2019) dan *IoT based energy meter with current, voltage and cost monitoring system* (Prashant Hiwale dkk., 2018) menggunakan sensor arus ACS712 dan ESP8266 sebagai pengendalinya. Penelitian yang berjudul *Real Time Power Consumption Monitoring Using Arduino* (Sookasame & Zhongdong, 2019) membahas penggunaan aplikasi Android untuk memonitor penggunaan peralatan di rumah dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Beberapa penelitian di atas menggunakan beberapa platform Iot yang tersedia antara lain ThingSpeak, MQTT, Google Firebase, Cayenne IoT platform, Xively, Carriots IoT platform, and AdaFruit IO platform. Sedangkan pada artikel ini menggunakan ESP32, sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus SCT013-000 untuk *platform Iot* menggunakan MQTT Dash.

### Metode Penelitian

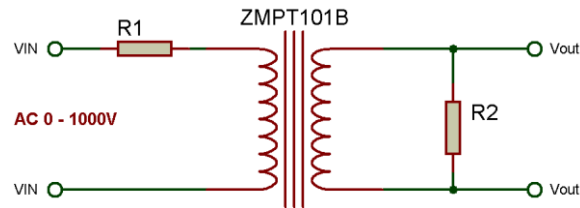
Metode yang digunakan adalah *Research and Development* / (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk. Produk tersebut akan diuji tingkat akurasi dalam mengukur arus dan tegangan, serta keberhasilannya dalam mengirimkan data ke MQTT Dash. Untuk mewujudkan metode ini, terdapat beberapa langkah. Langkah pertama yaitu menganalisis permasalahan yang akan diteliti. Analisis dan perumusan masalah telah diuraikan pada pendahuluan. Kemudian kedua, pengumpulan data dilakukan dengan cara studi literatur tentang penelitian-penelitian yang berkaitan. Ketiga adalah desain sistem monitoring daya. Keempat ialah implementasi dan uji coba, dan terakhir adalah pengujian keberhasilan sistem.

Alat Pengukur Data Kelistrikan merupakan alat untuk memonitor data-data pada sistem kelistrikan seperti tegangan, arus dan daya. Proses pengambilan data-data tersebut menggunakan sensor yang diproses oleh mikrokontroler ESP32 yang mempunyai resolusi ADC 12 bit (Espressif Systems, 2021). Data-data tersebut dapat dimonitor melalui *smartphone*. Sensor-sensor yang digunakan antara lain adalah sensor arus tipe *non invasive clamp* YHDC SCT-103-000 dan sensor tegangan tipe trafo ZMPT101B. Pembacaan nilai sensor-sensor tersebut di sampling dan dihitung rata – rata dari akar kuadratnya, menghasilkan data-data tegangan, arus dan daya. Data-data ini kemudian dikirim oleh ESP32 yang terhubung jaringan Wifi, ke MQTT Broker (EEgli, 2011). Aplikasi MQTT Dash menerima data dari MQTT Broker berupa topik dan *payload* (OASIS, 2014) dan langsung ditampilkan secara *real time*. Gambar 1 menunjukkan blok diagram dari sistem ini.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Monitoring Daya Listrik

Untuk menghubungkan sensor tegangan pada ESP32, maka sinyal keluaran sensor harus dikondisikan agar sesuai dengan kebutuhan masukan ADC ESP32, di antara tegangan 0V hingga tegangan referensi. Gambar rangkaian sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Sensor Tegangan

Rangkaian sensor tegangan ini berupa transformator, R1 resistor pembatas dan R2 resistor sampling. Arus yang masuk ke transformator dibatasi oleh resistor seri R1. Resistor sampling R2 digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran. Menurut lembar data transformator ZMPT101B (InnovatorGuru, 2018), R1 dihitung agar arus yang masuk tidak melebihi dari 2 mA dan tegangan masukan antara 0 -1000 V. Dalam penelitian ini, peneliti merencanakan menggunakan arus 0,5 mA dan tegangan masukan 250  $V_{RMS}$  sehingga perhitungan R1 adalah:

$$R1 = \frac{V_{in}}{I} = \frac{250}{0,0005} = 500k\Omega \quad (1)$$

ADC ESP32 adalah ADC yang bertipe unipolar, sehingga tegangan yang masuk harus diatas sumbu X atau diatas nol volt. Jadi, tegangan yang masuk ke ADC ESP32 naik turun antara 0 hingga 3,3 volt dan tegangan masukan adalah 250  $V_{RMS}$  atau 707  $V_{pp}$ . Agar dapat menentukan R2 maka berlaku rumus (2) yang terdapat lembar data sensor ZMPT101B (InnovatorGuru, 2018).

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{R1} R2 \quad (2)$$

Sehingga,

$$3,3 = \frac{707}{500k} R2$$

Jadi

$$R2 = \frac{500.000}{707} \times 3.3 = 2333\Omega$$

Maka digunakan resistor 2333  $\Omega$  atau 2K4 sebagai resistor sampling.

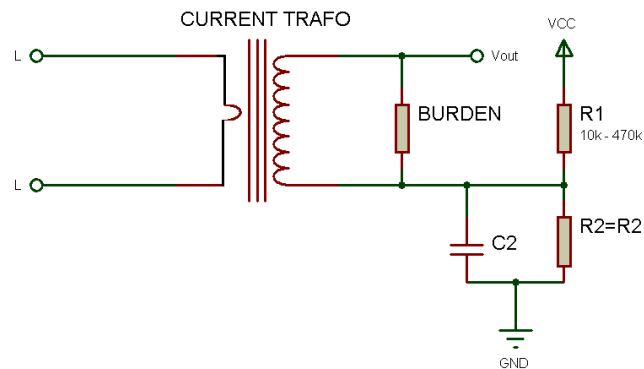
Sensor YHDC SCT-013-000 merupakan sebuah transformator yang digunakan sebagai sensor arus. Signal keluaran dari sensor ini adalah arus yang perlu diubah menjadi sinyal tegangan dengan resistor *burden*. Persamaan (3) untuk mencari R *burden* (Wall, 2014) adalah sebagai berikut :

$$R_{Burden} = \frac{V_{O_{maks}} \times CT_{turn}}{2\sqrt{2} \times I_{in_{maks}}} \quad (3)$$

$V_{O_{maks}}$  adalah tegangan masukan maksimum ADC ESP32 sebesar 3,3Volt.  $CT_{turn}$  adalah jumlah lilitan sekunder yang berjumlah 2000.  $I_{in_{maks}}$  adalah arus masukan maksimum yang dapat dibaca oleh sistem yang dibuat. Dalam sistem ini, arus masukan yang direncanakan adalah 14,14 A. Dengan perhitungan dari (3) didapatkan hasil

$$R_{Burden} = \frac{3,3 \times 2000}{2\sqrt{2} \times 14.14} = 165 \Omega$$

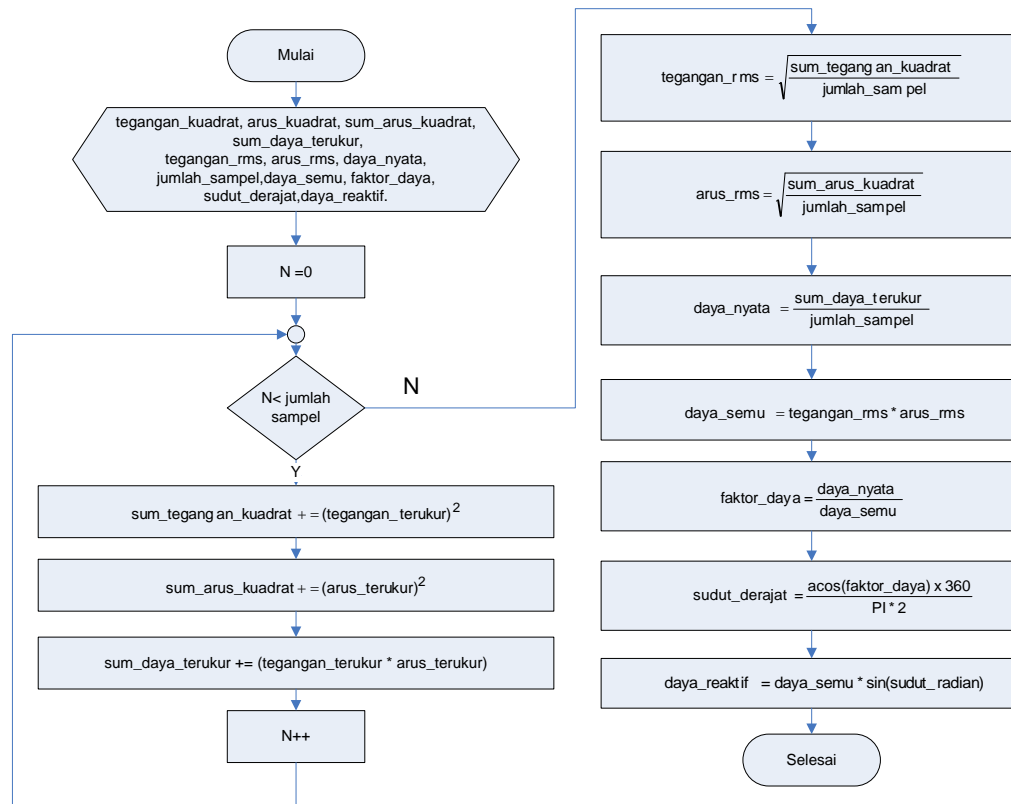
Dengan begitu didapatkan nilai resistor *burden* yaitu 165  $\Omega$  untuk sistem 3.3V. Gambar 3 merupakan gambar keseluruhan dari pengkondisi tegangan dari sensor arus YHDC SCT-013-000.



Gambar 3. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Arus

Metode yang digunakan untuk pembacaan sensor-sensor tersebut adalah metode rata – rata dengan cara mencacah sinyal tegangan dan arus yang masuk, dan setiap cacahan tersebut dikuadratkan, dan dijumlahkan dengan data sebelumnya sampai batas akhir cacahan yang ditentukan. Lalu hasil dari semua penjumlahan tersebut dibagi dengan jumlah cacahan yang ditentukan sebelumnya (dirata-rata) lalu diakarkan lagi, dan didapatkanlah data tegangan dan arus RMS atau dijelaskan dengan rumus (4)

$$data_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{n=i0}^{n-1} data^2(n)}{n}} \quad (4)$$



Gambar 3. Rangkaian Akhir Pengkondisi Sinyal Sensor Arus

Gambar alur perhitungan matematika dalam bentuk program dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3, variabel tegangan\_terukur dan variabel arus\_terukur adalah data hasil pembacaan sensor tegangan dan arus. Data-data ini dikuadratkan kemudian dijumlahkan dengan kuadrat data hasil pembacaan sebelumnya menjadi variabel sum\_tegangan\_kuadrat dan variabel sum\_arus\_kuadrat. Sedangkan variabel sum\_daya\_terukur adalah penjumlahan dari hasil perkalian variabel tegangan\_terukur dan variabel arus\_terukur sekarang dengan perkalian variabel tegangan\_terukur dan variabel arus\_terukur sebelumnya. Siklus perulangan tersebut sebanyak n kali. Setelah terjadi perulangan sebanyak n kali, maka hasil tegangan rms, arus rms, daya nyata, daya semu, faktor daya, sudut dan daya reaktif didapatkan.

Beberapa parameter yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor diatas, dikirim ke *MQTT broker* melalui jaringan Wifi. *MQTT broker* ini berada pada alamat broker.hivemq.com. Topik yang digunakan untuk pengiriman data arus, tegangan dan daya dapat dilihat pada Tabel 1. Topik-topik ini dikirimkan ke *MQTT broker* dan selanjutnya dikirimkan ke aplikasi MQTT Dash. Jadi aplikasi MQTT Dash menerima data-data tersebut yang dikirimkan dari *MQTT broker*.

Tabel 1. Topik untuk mengirimkan data ke *MQTT broker*

Nama	Topik
Topic Tegangan	/daya_monitor/data/V/
Topic Arus	/daya_monitor/data/I/
Topic Faktor Daya	/daya_monitor/data/PF/
Topic Sudut	/daya_monitor/data/SUDUT/
Topic VA	/daya_monitor/data/VA/
Topic VAR	/daya_monitor/data/VAR/
Topic Watt	/daya_monitor/data/P/

## Hasil

Beban variabel berupa beban - beban rumah tangga seperti solder, hairdryer, lampu bohlam, motor AC ½ HP dan beberapa kapasitor menarik arus yang berbeda – beda. Pengujian pembacaan arus ini bertujuan untuk mendapatkan nilai error dari nilai akuisisi data dan mendapatkan nilai minimum pembacaan sensor arus.

Tabel 2. Pengujian SCT013-000 dengan beban rumah tangga

Beban	Arus Hasil Konversi (A)	Arus Amperemeter (A)	Error
Solder Dekko daya setengah	0.13	0.14	-7.14%
Solder Dekko daya penuh	0.22	0.22	0%
Hairdryer Phillips daya setengah	0.68	0.65	+4.61%
Hairdryer Phillips daya penuh	1.46	1.46	0%
Hairdryer Phillips dan solder Dekko	1.68	1.68	0%
Motor AC ½ HP	3.89	3.87	+0.51
Kapasitor 10uF	0.75	0.75	0%
Kapasitor 20uF	1.5	1.5	0%
Kapasitor 30uF	2.24	2.25	-0.44%
Lampu Bohlam 100W	0.45	0.45	0%
tanpa beban	0.03	0	-

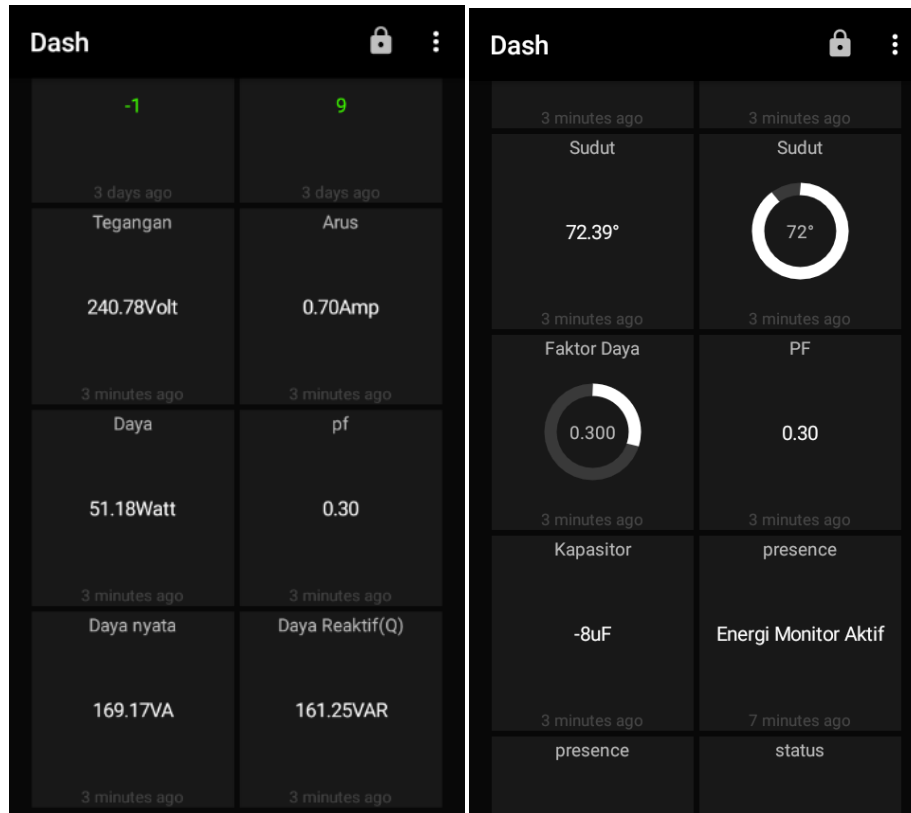
Pengujian pembacaan tegangan bertujuan untuk membandingkan hasil pembacaan tegangan pada perangkat dengan Multimeter merk ZOTEK VC17B+ TRMS serta mendapatkan nilai minimum pembacaan sensor tegangan. Tegangan masukan untuk pengujian ini didapatkan dari pengaturan variasi tegangan AC dilakukan dengan menggunakan *Adjustable Voltage Regulator*. Setelah melakukan prosedur pengujian, maka diperoleh hasil data seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Tegangan Alat (V)	Tegangan Multimeter (V)	Error
120.25	120.2	0.04%
60	60.15	-0.24%
59.97	60	-0.05%
130.88	130.7	0.13%
118.95	119	0%
233.55	233.3	0.10%
17.0	17.5	-2.8%
36.96	37	-0.1%
24.75	24.7	0.20%
65.68	66	-0.48%
51.35	51.4	-0.09%
18.70	18.7	0%
12.18	12.1	0.66%
231.2	229	0.96%
6.21	6.2	0.16%

114.27	114.5	-0.20%
0.39	0	-

Pengujian pengiriman data ke MQTT Dash mempunyai tujuan antara lain apakah data hasil pembacaan sensor arus dan tegangan yang dikirimkan melalui jaringan MQTT dapat diterima oleh Aplikasi *MQTT Dash*. Data sensor yang akan dikirimkan dapat dilihat pada Gambar 4. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa data yang dikirimkan oleh perangkat monitoring dapat diterima oleh MQTT Dash.



Gambar 4. Aplikasi MQTT Dash saat menampilkan data

### Pembahasan

Hasil pengujian pembacaan arus sensor SCT013-000 dapat diambil kesimpulan bahwa rangkaian ini memiliki error terbesar -7.14% dan terendah 0% dengan rata-rata 4.37%. Arus yang diukur rata-rata antara 0A sampai 3.8A. Dari hasil pengujian di atas, dapat diambil kesimpulan yaitu error yang ditunjukkan pada Tabel 2, setiap beban tidak terlalu banyak yaitu rata-rata -0.22% dengan arus maksimal yang diambil sebesar 3.89A. Dari tabel juga didapatkan kesimpulan bahwa alat tidak dapat membaca arus dibawah 0.03A. Nilai sensitivitas pada pengukuran range arus 14,14 A<sub>RMS</sub> atau 40 A<sub>p-p</sub> dengan ADC 12 bit didapatkan hasil sensitivitas ADC =  $\frac{40}{4095} = 9,768 \text{ mA/Bit ADC}$ .

Hasil pengujian pembacaan tegangan pada sensor ZMPT101B dapat diambil kesimpulan bahwa rangkaian ini memiliki error terbesar -2.8% dan terendah 0% dengan rata-rata -0.1136%. Tegangan yang diukur rata-rata antara 6.2V sampai 233.3V. Dari hasil pengujian di atas dapat diambil kesimpulan yaitu error yang ditunjukkan pada Tabel 3 untuk setiap beban kurang dari 3% dengan rata-rata 0.113%. Dari tabel juga didapatkan kesimpulan bahwa alat dapat membaca tegangan dibawah sampai 6.2V dan tidak

dapat membaca tegangan dibawah 0.39A. Nilai sensitivitas pada pengukuran range tegangan 250 V<sub>RMS</sub> atau 707 V<sub>pp</sub> dengan ADC 12 bit didapatkan hasil sensitivitas ADC =  $\frac{707}{4095} = 172$  mV/Bit ADC. Perbandingan dengan penelitian - penelitian terdahulu berdasarkan hasil sensitivitasnya, penggunaan ADC 12 bit pada ESP32 lebih baik dibandingkan dengan Arduino Uno yang mempunyai ADC 8 bit. Dalam hal kemudahan, penggunaan aplikasi MQTT Dash lebih mudah dan murah dibandingkan dengan menggunakan web server. Dan dengan metoda pembacaan RMS ini, data kelistrikan yang didapatkan lebih bervariasi seperti daya nyata, daya semu dan daya reaktif.

## Kesimpulan

Setelah melakukan berbagai tahap pengujian, maka disimpulkan bahwa Alat ini menggunakan sensor arus SCT013-000 dan sensor tegangan ZMPT101B. Untuk mengubah data analog menjadi digital menggunakan ADC dari ESP32 dengan resolusi 12 bit. ESP32 digunakan untuk mengolah data dan berfungsi sebagai wireless node untuk membaca parameter parameter kelistrikan. Nilai akurasi alat rata rata sebesar 99.9% pada pembacaan arus dan 99.9% pada pembacaan tegangan dengan pembacaan terkecil arus 0.03A dan tegangan terkecil 0.39V. Nilai sensitivitas pada pengukuran arus adalah 9,768 mA/Bit ADC dan nilai sensitivitas pada pengukuran tegangan adalah 172 mV/Bit ADC. Data parameter - parameter listrik (tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, daya semu, faktor daya, kapasitor, dan status lag atau lead) dapat ditampilkan melalui protokol MQTT dengan pemantauan *Smartphone* dengan mengisi alamat server broker pada alat, dan meng-install aplikasi MQTT Dash. ESP32 mengirimkan data ke *MQTT broker* dan kemudian data dapat diakses melalui alamat – alamat topik pada *MQTT broker*.

## Referensi

- Akbar, M. A., Rashid, M. M., & Embong, A. H. (2018). Technology Based Learning System in Internet of Things (IoT) Education. *Proceedings of the 2018 7th International Conference on Computer and Communication Engineering, ICCCE 2018, September, 192–197*. <https://doi.org/10.1109/ICCCE.2018.8539334>
- B.P. Statistical Review. (2021). Statistical Review of World Energy globally consistent data on world energy markets . and authoritative publications in the field of energy. *BP Energy Outlook 2021, 70, 8–20*.
- Cassoret, B. (2021). What Is Energy? In *Energy Transition* (hal. 1–10). <https://doi.org/10.1201/9781003088486-1>
- EEgli, P. (2011). *MQ Telemetry Transport* (hal. 1–33). <http://mqtt.org/>
- Espressif Systems. (2021). ESP32 Series Datasheet. In *Espressif Systems* (hal. 1–65). [https://www.espressif.com/en/support/download/documents.%0Ahttps://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/en/support/download/documents.%0Ahttps://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf)
- Hassan Mir, S. (2019). Review on Smart Electric Metering System Based on GSM/IOT. *Asian Journal of Electrical Sciences, 8(1), 1–6*. <https://doi.org/10.51983/ajes-2019.8.1.2340>
- InnovatorGuru. (2018). Zmpt101B Micro Precision Voltage Transformers. *InnovatorGuru*.
- Jain, R., Gupta, S., Mahajan, C., Chauhan, A., ..., Chauhan, A., ..., & Chauhan, A. (2019). Research paper on IOT based smart energy meter monitoring and controlling system. *Int. J. Res. Electron ..., 7(2), 1600–1604*. <https://bitelectronicssystem.com/wp-content/uploads/2020/12/IOT-based-Smart-Energy-Meter-Monitoring-and-Controlling-System.pdf>

- Mineral, K. E. dan S. D. (2018). *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 29 Tahun 2016 Tentang Mekanisme Pemberian Subsidi Tarif Tenaga Listrik Untuk Rumah Tangga*. 754.
- Nanda, F. W., Kurniawan, F., & Setiawan, P. (2020). Analisis Ketepatan Pengukur Tegangan True RMS Jala-Jala Listrik Berbasis Mikrokontroler ATmega 328P. *Avitec*, 2(2), 111–127. <https://doi.org/10.28989/avitec.v2i2.734>
- Novianty, I., Ferdika, A., Sholihah, W., Siskandar, R., & Sari, I. P. (2019). Design of Portable Weather Station Using MQTT Protocol. *Proceedings - 2019 2nd International Conference of Computer and Informatics Engineering: Artificial Intelligence Roles in Industrial Revolution 4.0, IC2IE 2019, September*, 199–202. <https://doi.org/10.1109/IC2IE47452.2019.8940893>
- OASIS. (2014). *MQTT Version 3.1.1*. <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.pdf>
- Pal, K., Ranjan, A., Mishra, A., Singh, C. P., & Srivastava, A. (2018). *Electric meter reading through IOT by using Raspberry pi model*. 3603–3608. <https://www.irjet.net/archives/V5/i13/IRJET-V5I3845.pdf>
- Prashant Hiwale, A., Sudam Gaikwad, D., Dongare, A. A., & Mhatre, C. (2018). IOT BASED SMART ENERGY MONITORING IRJET Journal IOT BASED SMART ENERGY MONITORING. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 05(03). [www.irjet.net](http://www.irjet.net)
- Septian, B., Rakesh, P., & Rajiv Dhora, S. (2020). IoT Based Power Monitoring System for Diesel Generator. *2020 5th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering, ICRAIE 2020 - Proceeding, December 2020*. <https://doi.org/10.1109/ICRAIE51050.2020.9358316>
- Sookasame, C., & Zhongdong, W. (2019). Real Time Power Consumption Monitoring Using Arduino. In *International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI) |: Vol. VI (Nomor I)*. <https://www.rsisinternational.org/journals/ijrsi/digital-library/volume-6-issue-1/06-12.pdf>
- Wall, R. B. (2014). *Yhdc SCT-013-000 Current Transformer A Report on the properties of the Yhdc Current Transformer and its suitability for use with the OpenEnergy monitor*. 6, 1–10. <https://learn.openenergymonitor.org/electricity-monitoring/ct-sensors/files/YhdcCTReportIss6.pdf>