

PROTOTYPE ALAT BANTU BACA UNTUK DIGITALISASI METER KWH MEKANIK MENGGUNAKAN SENSOR TCRT5000 DAN MIKROKONTROLLER ARDUINO

VERA FIRMANSYAH ^{*1}, VEBI NADHIRA², DESY NORMASARI¹, UMI AFIFAH¹

¹*Prodi D3 Metrologi Instrumentasi, Akademi Metrologi dan Instrumentasi,
Jl. Daeng Muhammad Ardiwinata km 3,4 Bandung*

²*Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha 10 Bandung*

**email : verafirmansyah@gmail.com*

Abstrak. Meter kWh merupakan alat yang digunakan untuk mengukur besarnya energi listrik. Meter kWh dibagi menjadi dua tipe yaitu meter kWh mekanik dan meter kWh digital. Meter kWh termasuk alat ukur yang wajib tera dan tera ulang berdasarkan Undang-undang Metrologi Legal. Pembacaan meter kWh pada proses pengujian masih menggunakan penglihatan manual. Skala meter kWh mekanik memiliki resolusi sebesar 0,01 kWh. Untuk meningkatkan ketepatan dalam pembacaan skala yang dapat meningkatkan akurasi hasil pengujian, maka dibuatlah prototipe alat bantu baca skala meter kWh mekanik. Prototipe ini memanfaatkan tanda hitam piringan meter kWh yang dideteksi oleh sensor optik TCRT5000 pada mikrokontroler arduino. Jumlah putaran pada meter kWh sebanding dengan nilai kWh yang ditampilkan. Hasil uji karakteristik sensor menghasilkan jarak optimal sensor terhadap piringan ± 2 mm. Pengujian prototipe terhadap meter kWh menghasilkan nilai akurasi sebesar 100%, presisi sebesar 100%, bias sebesar 0% dan eror sebesar 0%. Hasil kalibrasi waktu putaran meter kWh yang tercatat pada prototipe oleh *stopwatch* menghasilkan rata-rata eror sebesar -2,09 %.

Kata kunci: Meter kWh, Sensor Optik, TCRT5000, Arduino

Abstract. kWh meter is a tool to measure the amount of electrical energy. The kWh meter is divided into two types, namely mechanical kWh meters and digital kWh meters. The kWh meter is a measuring instrument that must be calibrated and recalibrated in accordance with the Law of Legal Metrology. The kWh meter reading in the testing process still uses manual vision. The mechanical kWh meter scale has a resolution of 0.01 kWh. In order to increase the accuracy of the reading process can improve the accuracy of the test results, a prototype of a mechanical kWh meter scale reading device was made. This prototype utilizes a black mark on kWh meter disk which detected by the TCRT5000 optical sensor on an arduino microcontroller. The number of rotations on the kWh meter disk is proportional to the kWh value displayed. The sensor characteristic test results in the optimum distance between sensor and kWh meter disk is ± 2 mm. The results of prototype testing produce a value of accuracy is 100%, value of precision is 100%, value of bias is 0% and value of error is 0%. The calibration results of the kWh meter disc lap time recorded on the prototype by the stopwatch produce an average error of -2.09%.

Keywords: kWh Meter, Optical Sensor, TCRT5000, Arduino

1. Pendahuluan

Menurut Undang-undang Metrologi Legal Nomor 2 Tahun 1981, meter kWh merupakan alat ukur yang wajib ditera dan tera ulang [1]. Sedangkan pengaturan tarif dasar listrik diatur melalui Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2018 [2]. Meter kWh dibagi menjadi 2 (dua) tipe yaitu : meter kWh mekanik dan meter

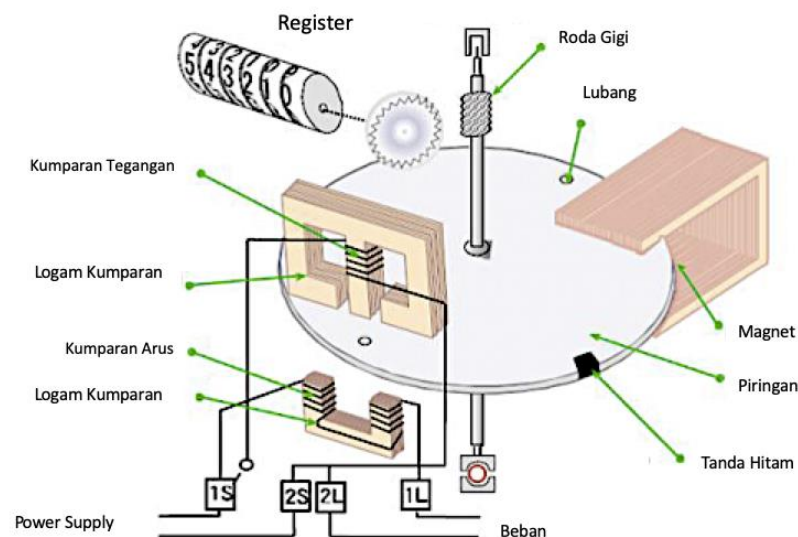
kWh digital. Seluruh meter kWh yang digunakan di rumah tangga memiliki maksimum eror 2% untuk meter kWh mekanik (kelas 2) dan maksimum eror 1% untuk meter kWh digital (kelas 1). Nilai eror kesalahan ini sesuai dengan klasifikasi berdasarkan kelas akurasinya. Sehingga, meter kWh digital memiliki eror lebih kecil dibandingkan dengan meter kWh mekanik [3]. Meter kWh digital dapat dijadikan sebagai *smart metering system* dengan memanfaatkan kedipan pulsa (led) pada meter kWh digital [4]. Sedangkan untuk meter kWh mekanik dapat memanfaatkan putaran piringan. Pada saat ini, *smart metering system* lebih memberikan jaminan akurasi pengukuran dan pembayaran dibandingkan dengan sistem meter kWh mekanik [5]. Pada makalah ini akan dibuat prototipe alat bantu baca skala meter kWh mekanik yang ditujukan untuk membantu proses pengujian sebagai usaha mengurangi kesalahan pada pembacaan skala [6, 7]. Proses pengujian meter kWh mekanik mengikuti aturan Syarat Teknik Meter kWh yang dikeluarkan oleh Kementerian Perdagangan [8].

2. Metode Penelitian

Prototipe ini menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560 yang berfungsi sebagai pencatat waktu setiap sensor optik TCRT5000 mendeteksi obyek berwarna hitam pada piringan meter kWh.

2.1. Meter kWh Mekanik

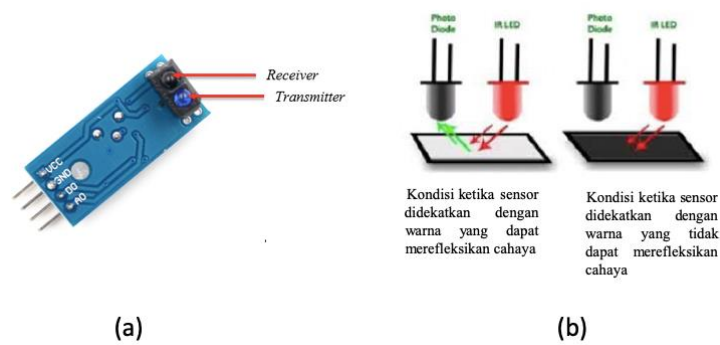
Pada Gambar 1 dapat dilihat elemen utama penyusun meter kWh mekanik. Kumparan yang digunakan di meter kWh mekanik berjumlah 3 (tiga) buah, terdiri dari 1 (satu) buah kumparan tegangan dan 2 (dua) buah kumparan arus. Kumparan tegangan terhubung dengan sumber listrik, sedangkan kumparan arus terhubung dengan beban. Kumparan tegangan akan menghasilkan fluks magnet yang besarnya sebanding dengan tegangan yang dipergunakan, sementara itu, kumparan arus akan menghasilkan fluks magnet yang besarnya sebanding dengan aliran arus yang menuju ke beban. Setiap meter kWh memiliki kontanta (putaran/kWh) yang berbeda-beda.



Gambar 1. Elemen Utama Penyusun Meter kWh Mekanik (Sumber : <https://www.scribd.com/doc/39482992/Peneraan-Ukuran-Energi-Listrik>)

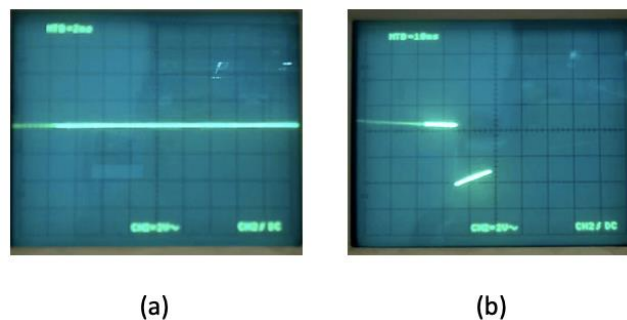
2.2. Sensor Optik TCRT5000

Gambar 2.a menunjukkan bahwa sensor TCRT5000 memiliki bagian *receiver* (warna hitam) dan *transmitter* (warna biru). Ketika cahaya didekatkan pada obyek yang berwarna hitam, maka *receiver* tidak akan menerima hasil pantulan dari obyek tersebut. Begitu juga sebaliknya, ketika obyek pantul yang dapat memantulkan cahaya, maka *receiver* akan menerima pantulan cahaya yang dihasilkan oleh *transmitter*. Prinsip kerja terdapat pada Gambar 2.b, yaitu menggunakan prinsip pantulan cahaya dalam menentukan nilai *output* (*high* atau *low*). Ketika pantulan cahaya pada objek berwarna hitam modul akan memberikan nilai *high*. Adapun sebaliknya, jika pantulan cahaya tertuju pada objek berwarna putih, maka intensitas cahaya yang diterima oleh *phototransistor* cukup besar sehingga akan memberikan nilai *low* [9].



Gambar 2. (a) Sensor Optik TCRT5000 (b) Prinsip Kerja Sensor Optik TCRT5000

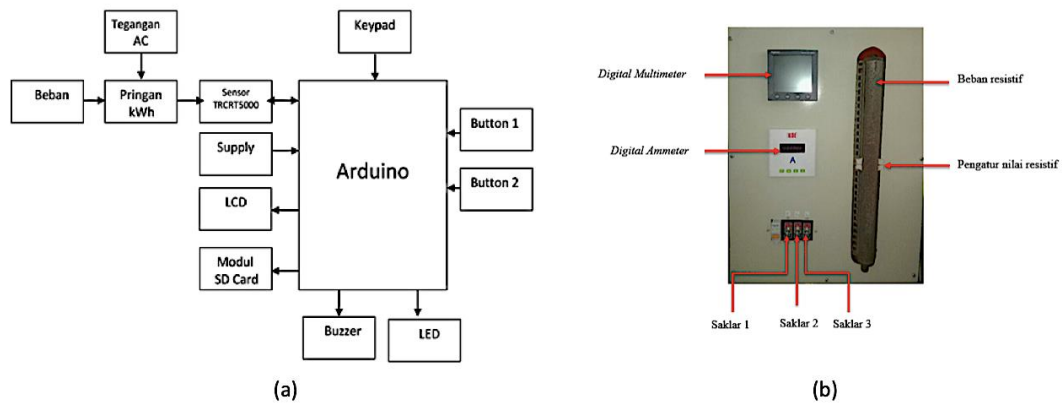
Sensor optik dipasang tepat di atas piringan pada meter kWh untuk mendeteksi tanda hitam. Pada Gambar 3.a memperlihatkan hasil pengukuran tegangan menggunakan osiloskop ketika sensor bertemu dengan obyek pantul berwarna hitam. Sedangkan pada Gambar 3.b memperlihatkan hasil pengukuran tegangan menggunakan osiloskop ketika sensor bertemu dengan obyek berwarna putih. Pada Gambar 3 dapat dilihat respon osiloskop ketika sensor mendeteksi obyek warna hitam dan warna putih.



Gambar 3. Tampilan Osiloskop Respon Sensor untuk Obyek (a) Warna Gelap (b) Warna Terang

Gambar 3.a ketika sensor mendeteksi warna hitam (0,2 V) sedangkan Gambar 3.b ketika sensor mendeteksi warna putih (3,6 V).

Gerakan piringan meter kWh dideteksi menggunakan sensor TCRT5000 yang terhubung dengan mikrokontroler arduino. *Keypad* dan *button* berfungsi memberikan perintah ke arduino untuk memasukkan nilai awal konstanta meter kWh dan pencatatan awal dan akhir pembacaan nilai kWh pada saat pengujian. Blok diagram prototipe alat bantu baca meter kWh mekanik dapat dilihat pada Gambar 4.a. Sebagai alat uji, beban yang digunakan memiliki pengaturan nilai *resistif* dan penunjukkan nilai arus pada *display* digital *amperemeter* dan nilai tegangan pada *display* digital *multimeter* seperti pada Gambar 4.b. Beban ini diukur oleh meter kWh dengan nilai arus yang bervariasi. Adapun *button* 1 (inisiasi awal) dan *button* 2 merupakan hasil pembacaan meter kWh oleh prototipe alat bantu yang ditampilkan pada LCD.



Gambar 4. (a) Blok Diagram Prototipe Alat Bantu Baca Meter kWh Mekanik (b) Simulator Beban

Pada makalah ini, meter kWh yang digunakan memiliki konstanta 400 putaran/kWh. Untuk mendapatkan 1 kWh, maka piringan pada putaran yang terbaca oleh sensor optik TCRT5000 harus berputar sebanyak 400 kali. *Keypad* berfungsi untuk memasukkan nilai konstanta meter kWh pada saat prototipe alat pertama kali dinyalakan. Pada Gambar 5 adalah prototipe alat bantu baca dengan beban terpasang pada saat pengujian.



Gambar 5. Proses Pengujian Prototipe dengan Simulasi Beban

Untuk karakteristik pengukuran (Bias, Akurasi, Presisi dan Error) dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini:

- Bias disebut juga dengan kesalahan sistematis yang diakibatkan oleh kesalahan dalam aspek metodologi.

$$\text{Bias} = \text{Meter kWh} - \text{Prototipe} \quad (1)$$

- Akurasi mengacu pada kedekatan nilai yang diukur dengan nilai yang sebenarnya

$$\text{Akurasi} = (1 - (\text{Bias} + 3\sigma)/(\text{Meter kWh})) 100\% \quad (2)$$

- Presisi menunjukkan kesesuaian beberapa data hasil pengukuran dengan input sama yang dilakukan secara berulang.

$$\text{Presisi} = (1 - 3\sigma/(\text{Meter kWh})) 100\% \quad (3)$$

- Error menunjukkan perbedaan dengan nilai antara hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya.

$$\text{Error} = ((3\sigma + \text{Bias})/(\text{Meter kWh})) 100\% \quad (4)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pada Tabel 1 memperlihatkan hasil pengukuran tegangan ketika sensor mendeteksi warna hitam dan warna putih menggunakan multimeter.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan Ketika Sensor Mendeteksi Warna Hitam Dan Warna Putih Menggunakan Multimeter

No	Indikator Warna	Tegangan (V)
1	Hitam	0,16
	Putih	3,90
2	Hitam	0,15
	Putih	3,62
3	Hitam	0,15
	Putih	3,76
4	Hitam	0,15
	Putih	3,56

Dari pengulangan 4 (empat) kali percobaan, dapat disimpulkan bahwa sensor TCRT5000 mendeteksi obyek putih dengan nilai tegangan antara 3 – 4 Volt. Sedangkan untuk obyek hitam, sensor menghasilkan tegangan antara 0 – 0,2 Volt.

Tabel 2. Pengujian Prototipe dengan Pengulangan untuk Setiap 4 Putaran, 8 Putaran dan 12 Putaran

No	Meter kWh		Prototipe		Error (%)	
	Putaran	kWh	Putaran	kWh	Putaran	kWh
1	4	0.01	4	0.01	0	0
	4	0.01	4	0.01	0	0
	4	0.01	4	0.01	0	0
2	8	0.02	8	0.02	0	0
	8	0.02	8	0.02	0	0
	8	0.02	8	0.02	0	0
3	12	0.03	12	0.03	0	0
	12	0.03	12	0.03	0	0

12	0.03	12	0.03	0	0
Rata-rata				0	0

Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian prototipe terhadap meter kWh dengan 3 (tiga) kali pengulangan untuk setiap nilai putaran meter kWh. Prototipe memiliki bias sebesar 0%, akurasi sebesar 100%, presisi sebesar 100% dan eror sebesar 0%. Pengulangan ini bertujuan untuk mendapatkan kestabilan hasil pembacaan prototipe.

Tabel 3. Pengujian Prototipe dengan Tanpa Pengulangan untuk dari 4 – 36 Putaran

Waktu (s)	Meter kWh		Prototipe		Eror (%)	
	Putaran	kWh	Putaran	kWh	Putaran	kWh
65	4	0.01	4	0.01	0	0
130	8	0.02	8	0.02	0	0
195	12	0.03	12	0.03	0	0
260	16	0.04	16	0.04	0	0
320	20	0.05	20	0.05	0	0
385	24	0.06	24	0.06	0	0
450	28	0.07	28	0.07	0	0
515	32	0.08	32	0.08	0	0
580	36	0.09	36	0.09	0	0
Rata-rata					0	0

Tabel 3 memperlihatkan hasil pengujian prototipe selanjutnya yaitu dengan tanpa pengulangan dari 4 – 36 putaran meter kWh. Pengujian ini dilakukan dengan jumlah putaran secara acak tanpa dan tidak ada pengulangan untuk setiap satu titik putarannya.

Tabel 4. Kalibrasi Waktu Putar Prototipe dengan Standar Waktu (Stopwatch)

No	Stopwatch (s)	Prototipe (s)	Eror (%)
1	60	58.82	-1.18
	60	59.03	-0.97
	60	59.03	-0.97
2	120	118.51	-1.49
	120	118.51	-1.49
	120	118.48	-1.52
3	180	177.88	-2.12
	180	178.39	-1.61
	180	178.01	-1.99
4	240	237.42	-2.58
	240	237.42	-2.58
	240	237.23	-2.77
5	300	296.65	-3.35
	300	296.64	-3.36
	300	296.64	-3.36
Rata-rata			-2.09

Selain nilai kWh pada prototipe dibandingkan dengan nilai kWh pada meter kWh itu sendiri, maka pada Tabel 4 memperlihatkan hasil kalibrasi waktu putar yang terbaca pada prototipe dengan *stopwatch* sebagai standar. Dengan 3 (tiga) kali pengulangan untuk setiap titik waktu tertentu menghasilkan error rata-rata prototipe sebesar -2,09%.

4. Kesimpulan

Prototipe alat bantu baca meter kWh menggunakan sensor optik TCRT5000 yang terpasang pada mikrokontroler arduino menghasilkan nilai yang cukup baik untuk semua parameter karakteristik pengukuran. Yaitu, bias sebesar 0%, akurasi sebesar 100%, presisi sebesar 100% dan error sebesar 0%. Sedangkan error hasil kalibrasi waktu yang terbaca pada prototipe dibandingkan dengan stopwatch yaitu sebesar -2,09%.

Ucapan Terima Kasih

Makalah ini dibiayai dengan Program Pendampingan Akademi Metrologi dan Instrumentasi oleh Teknik Fisika ITB Fakultas Teknik Industri ITB.

Daftar Pustaka

1. UURL, "Undang-Undang Metrologi Legal Nomor 2," Jakarta, 1981.
2. M. ESDM, "Peraturan Menteri ESDM RI No.28 Tahun 2016 Tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan Oleh PT PLN (Persero)," 2016.
3. J. S. Sebayang och M. Sj, "Perbandingan Kilowatthour Meter Analog dengan Kilowatthour Meter Digital," Jurnal Singuda Ensikom, vol. 6, nr 1, p. 1, 2014.
4. S. Hassan Mir, S. Ashruf, S. Y. Bhat och N. Beigh, "Review on Smart Electric Metering System Based on GSM/IOT," Asian Journal of Electrical Sciences, vol. 8, nr 1, pp. 1-6, 2019.
5. S. Bimenyimana och G. Norensen Osarumwense Asemota, "Traditional Vs Smart Electricity Metering Systems: A Brief Overview," Journal of Marketing and Consumer Research, vol. 46, 2018.
6. W. John G och H. Eren, Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook, US: IEEE Press, 1999.
7. BIPM, "JCGM 100:2008," i Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement , Prancis, JCGM, 2008.
8. D. PDN, "SK Dirjen PDN Nomor 24 Tentang Syarat Teknis Meter kWh Dan Lampiran," Kementerian Perdagangan, Jakarta, 2010.
9. V. I. I. "Vishay," 08 02 2017. [Online]. Available: <https://www.vishay.com/docs/83760/tcrt5000.pdf>. [Använd 30 05 2019].