

BAB IV

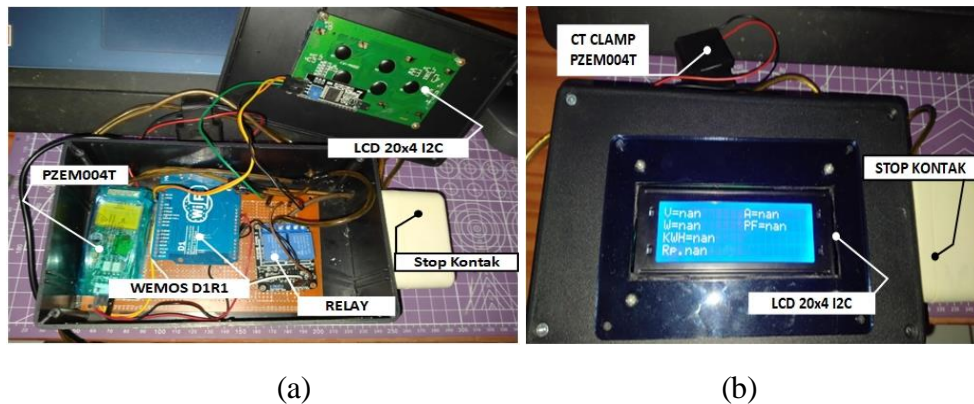
HASIL DAN ANALISIS

Bab ini berisi penjelasan prosedur hasil pengujian dari alat yang telah dirancang untuk mengetahui sistem kerja alat monitoring berjalan dengan baik sesuai tujuan. Data hasil pengujian yang diperoleh nantinya akan dianalisa untuk dijadikan acuan dalam mengambil kesimpulan. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi:

- a. Hasil Perancangan
- b. Pengujian *Hardware*
- c. Pengujian *Software*
- d. Pengujian Keseluruhan

4.1 Hasil Perancangan Alat

Perancangan *hardware* atau perangkat keras yang telah disusun pada Gambar 3.7, diterapkan dalam bentuk yang sesuai perancangan agar memudahkan pengujian dan pengaplikasiannya. Hasil dari perancangan *hardware* yang telah di buat dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 (a). Tampak Dalam; (b). Tampak Luar Alat Monitoring

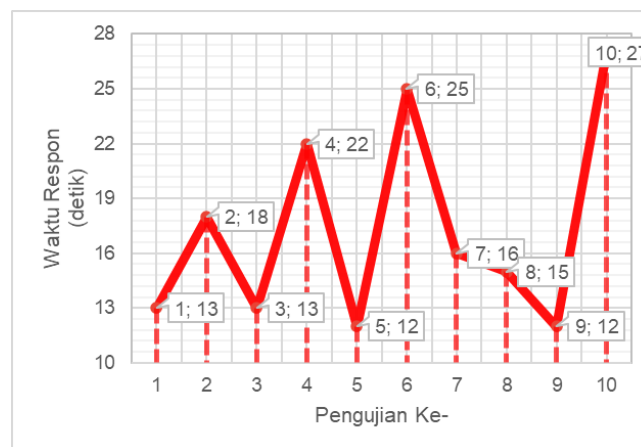
Gambar 4.1 merupakan hasil perancangan alat monitoring penggunaan energi perangkat listrik rumah via *bot Telegram* berdasarkan tampak dalam dan tampak luar.

Gambar 4.1 bagian (a) terlihat tampilan dalam alat yang terdiri dari susunan komponen-komponen yang terpasang didalam kotak alat monitoring kendali ini. Komponen yang terpasang yaitu modul Wemos D1 R1, sensor PZEM004T dan relay yang saling terhubung antara satu komponen dengan komponen lainnya. Gambar 4.1 bagian (b) terlihat tampilan luar alat monitoring yang terdiri dari LCD 20x4 yang sudah terintegrasi dengan I2C sebagai penampil informasi data secara *realtime*, kemudia stop kontak yang telah terhubung dengan relay, sehingga beban listrik terpasang dapat dikendalikan jarak jauh, CT clamp yang merupakan bagian dari sensor PZEM004T berfungsi untuk menghitung arus yang mengalir pada beban listrik terpasang. Tegangan yang digunakan untuk menyuplai Wemos D1 R1 adalah sekitar 12VDC, sehingga tegangan dari PLN yaitu sekitar 220VAC perlu diubah menjadi VDC dengan menggunakan adaptor.

4.2 Pengujian *Hardware*

4.2.1 Hasil Pengujian Relay

Pengujian ini bertujuan untuk menguji kemampuan relay dalam mengendalikan perangkat listrik yang terhubung dengan relay secara *wireless* melalui *bot Telegram*. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengirimkan pesan perintah *ON* atau *OFF* ke relay melalui Wemos D1R1. Relay juga memiliki LED indikator yang menunjukkan status *ON* atau *OFF* dari relay.



Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Relay

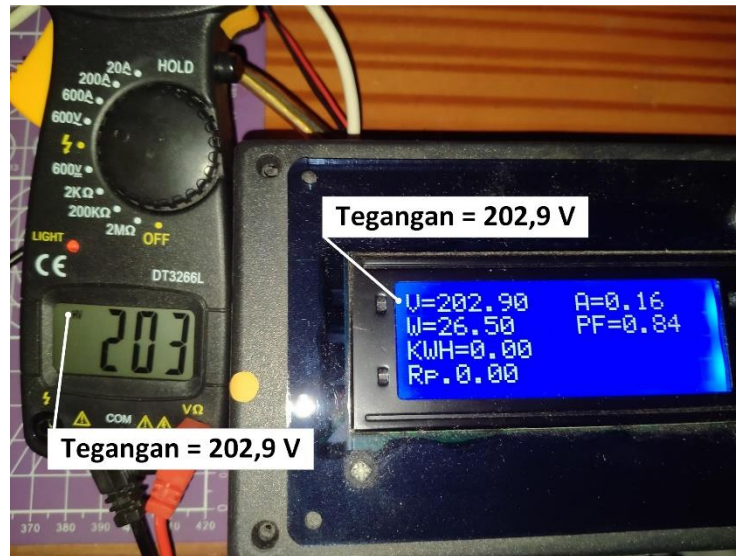
Grafik pada Gambar 4.2 merupakan hasil pengujian relay terhadap beban listrik. Relay diuji sebanyak 10 kali. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan pesan perintah pada bot Telegram dalam kondisi *ON/OFF* Waktu respon tercepat tercatat pada pengujian ke-5, dengan waktu respon sebesar 12 detik. Waktu respon terlama tercatat pada pengujian ke-10, dengan waktu respon sebesar 27 detik. Rata-rata waktu respon yang tercatat pada pengujian relay yaitu 16,5 detik. Perbedaan waktu respon pada masing-masing pengujian dapat disebabkan oleh kondisi koneksi internet yang kurang stabil sehingga memengaruhi kecepatan pengiriman perintah dari bot telegram ke relay. Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa relay dapat mengendalikan perangkat listrik dengan baik dengan respon waktu yang berbeda-beda.

4.2.2 Hasil Pengujian PZEM004T

Pengujian sensor PZEM004T bertujuan untuk memastikan bahwa sensor tersebut berhasil dalam membaca parameter yang diperlukan dalam perancangan alat monitoring ini. Pengujian sensor ini terdiri dari dua tahap yaitu pengujian tegangan dan pengujian arus.

4.2.2.1 Hasil Pengujian Tegangan

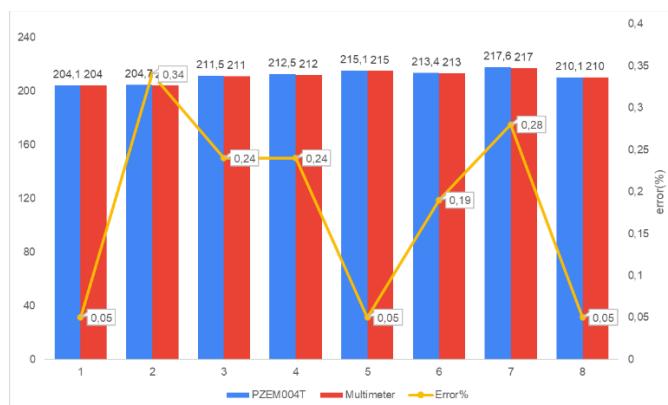
Berdasarkan hasil perancangan yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 terlihat bahwa pengujian sensor tegangan AC pada alat monitoring ini, dilakukan dengan membandingkan pengukuran tegangan antara yang terbaca oleh alat monitoring dengan pembacaan oleh Voltmeter digital. Pengujian tegangan ini menggunakan tegangan listrik PLN yang biasa di gunakan pada setiap rumah yaitu sebesar 220V.



Gambar 4. 3 Perbandingan Tegangan Hasil Alat Monitoring dan Alat Ukur

Data yang terlihat Gambar 4.3 merupakan hasil perbandingan pada salah satu pengujian tegangan AC dengan ruang lingkup rumah tangga. Nilai tegangan yang terbaca oleh PZEM004T yaitu sebesar 202,9V, sedangkan nilai tegangan yang terbaca oleh multimeter yaitu sebesar 203V. Nilai tegangan antara PZEM004T dan multimeter memiliki selisih sebesar 0,10V.

Hasil yang didapatkan pada perbandingan pengujian tegangan yang dilakukan antara PZEM004T dengan multimeter, dapat dilihat pada Gambar 4.4



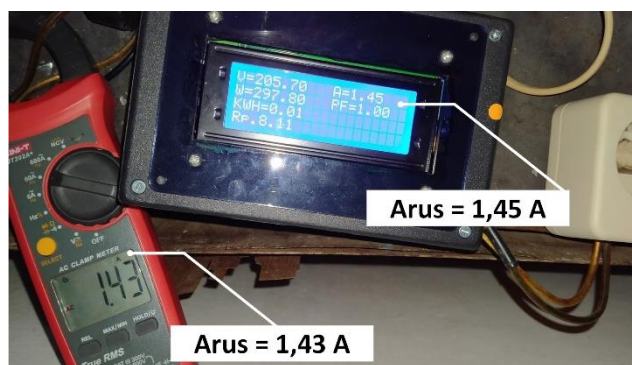
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Tegangan Hasil Alat Monitoring dan Alat Ukur

Hasil pengujian pada Gambar 4.4 menunjukkan sensor tegangan pada PZEM004T dapat mencatat tegangan AC dengan nilai tegangan terendah yaitu sebesar 204,1V dan nilai tegangan tertinggi sebesar 217,6V. Rata-rata tegangan yang tercatat pada pengujian tegangan menggunakan PZEM004T yaitu 210,75V

Error pada pengukuran pada sensor tegangan PZEM004T dan multimeter digital memiliki rata-rata persen kesalahan tegangan sebesar 0.18%, persentase kesalahan dapat diakibatkan resolusi pembacaan antara sensor tegangan AC dengan alat ukur yang berbeda, dan dapat juga disebabkan ketidakstabilan tegangan saat proses pengukuran sehingga terdapat selisih pembacaan yang masih dalam tahap wajar. Persentase kesalahan dalam mengukur tegangan pada alat monitoring ini sebesar 0.18% dan dapat dikategorikan sebagai alat ukur cermat atau presisi.

4.2.2.2 Pengujian Arus

Pengujian arus ini bertujuan untuk mendapatkan nilai arus efektif yang diambil secara berkala dan diolah untuk dilakukan perbandingan dengan hasil pembacaan oleh tang meter. Pengamatan perbandingan arus menggunakan tang amper dan alat monitoring arus dapat dilihat pada Gambar 4.5.

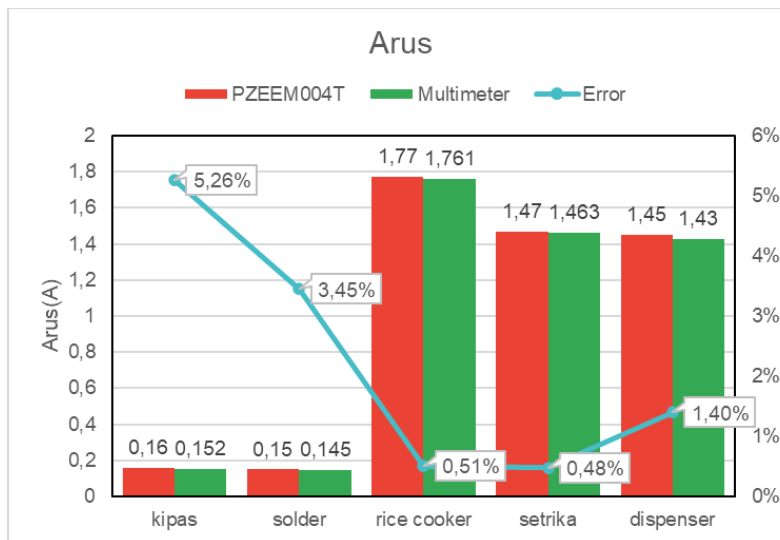


Gambar 4. 5 Pengamatan Perbandingan Arus Hasil Alat Monitoring dan Alat Ukur

Data yang terlihat Gambar 4.5 merupakan hasil perbandingan pada salah satu pengujian arus pada dispenser sebagai bebannya. Nilai tegangan yang terbaca oleh

PZEM004T yaitu sebesar 1,45A, sedangkan nilai tegangan yang terbaca oleh multimeter yaitu sebesar 1,43. Nilai tegangan antara PZEM004T dan multimeter memiliki selisih sebesar 0,02A.

Alat monitoring ini membaca arus yang dipakai oleh beban peralatan listrik rumah tangga. Grafik hasil pengujian dari pembacaan arus dengan menggunakan PZEEM004T dan tang meter dengan menggunakan beban yang berbeda-beda dapat dilihat pada Gambar 4.6. Perbandingan ini dilakukan untuk melihat seberapa besar penyimpangan pembacaan arus yang dilakukan oleh alat monitoring tersebut.



Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Arus Hasil Alat Monitoring dan Alat Ukur

Gambar 4.6 menampilkan grafik hasil pengujian sensor arus menggunakan PZEM004T dan Multimeter kemudian dilakukan perbandingan hasil data dari keduanya. Hasil pengujian pada Gambar 4.6 menunjukkan sensor tegangan pada PZEM004T dapat mencatat arus perangkat listrik rumah tangga dengan nilai arus terendah yaitu berasal dari solder dengan nilai arus sebesar 0,15A dan nilai arus tertinggi yaitu berasal dari *rice cooker* dengan nilai arus sebesar 1,47A. Nilai rata-rata *error* perbandingan nilai arus menggunakan PZEM004T dan multimeter yaitu sebesar 2%, pada hasil pengujian

PZEEM004T diatas masih terdapat selisih nilai, hal ini terjadi disebabkan terbatasnya sensitifitas pembacaan dari sensor maupun alat ukur yang digunakan.

4.3 Pengujian *Software*

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan Wemos D1R1 ke internet melalui *software* Arduino IDE dengan dilengkapi instalasi *library* yang digunakan untuk alat monitoring. *Library Firebase* pada program ini bertujuan untuk menggunakan 2 sumber internet yaitu Wi-Fi dan *hotspot* yang akan terhubung dengan alat monitoring. *Library Google Sheets* difungsikan untuk menggunakan *Google Sheets* sebagai penyimpanan data alat monitoring, sedangkan untuk menjalankan *Bot Telegram* pada alat monitoring ini menggunakan *library Universal Bot Telegram*. Komunikasi antara *Bot Telegram* dan alat monitoring menggunakan beberapa perintah sesuai informasi yang dibutuhkan.

Pengujian *software* ini terdiri dari pengujian *Google Sheets* sebagai *Database* dan pengujian *bot Telegram*, dalam pengujian *Google Sheets*, dilakukan pengecekan terhadap kemampuan *Google Sheets* dalam menyimpan data dari alat monitoring. Sedangkan dalam pengujian *bot Telegram*, bertuju pada kemampuan interaksi antara *bot Telegram* dan alat monitoring, serta kemampuan *bot Telegram* dalam memberikan informasi dan menerima perintah dari pengguna melalui *bot Telegram*.

4.3.1 Hasil Pengujian *Google Sheets* sebagai *Database*

Pengujian ini bertujuan untuk mengimplementasikan *Google Sheets* sebagai penyimpanan data alat monitoring. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Google Sheets* sebagai *platform* yang menangani aliran data secara terus-menerus dari alat monitoring, pengujian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kendala atau hambatan yang timbul dalam penggunaan *Google Sheets* sebagai database. Selama pengujian, data konsumsi energi listrik rumah tangga telah dikumpulkan menggunakan sensor PZEM004T. Data ini mencakup besaran tegangan, arus, daya, kWh dan biaya yang terukur secara berkala. Setiap hasil pengukuran

disimpan dalam *Google Sheets* dengan interval pengukuran yang telah diatur sebelumnya, yaitu setiap 30 detik.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Date	Time	Tegangan	Arus	Daya	PF	kWh	Biaya
11472	25/07/2023	18.09.14	202.60	1.34	235.70	0.87	0.13	174.41
11473	25/07/2023	18.09.57	201.60	1.35	236.70	0.87	0.13	178.46
11474	25/07/2023	18.10.41	202.10	1.36	237.70	0.87	0.14	182.52
11475	25/07/2023	18.11.24	206.50	1.40	251.80	0.87	0.14	186.58
11476	25/07/2023	18.12.04	205.70	1.50	265.50	0.86	0.14	190.63
11477	25/07/2023	18.12.47	202.80	1.41	245.00	0.86	0.14	194.69
11478	25/07/2023	18.13.29	202.00	1.39	241.10	0.86	0.15	198.74
11479	25/07/2023	18.14.11	202.90	1.37	240.20	0.86	0.15	202.80
11480	25/07/2023	18.14.53	199.70	1.36	232.00	0.86	0.15	206.86
11481	25/07/2023	18.15.37	201.40	1.37	236.40	0.86	0.16	210.91
11482	25/07/2023	18.16.21	202.80	1.63	291.00	0.88	0.16	214.97
11483	25/07/2023	18.17.04	202.80	1.54	276.10	0.88	0.16	219.02
11484	25/07/2023	18.17.46	198.80	1.62	282.60	0.88	0.17	224.43
11485	25/07/2023	18.18.27	198.10	1.56	272.40	0.88	0.17	228.49
11486	25/07/2023	18.19.09	198.20	1.64	284.90	0.88	0.17	232.54
11487	25/07/2023	18.19.49	199.50	1.66	290.20	0.88	0.17	236.60
11488	25/07/2023	18.20.31	197.70	1.51	264.50	0.88	0.18	240.66

Gambar 4. 7 Tampilan *Database* pada *Google Sheets*

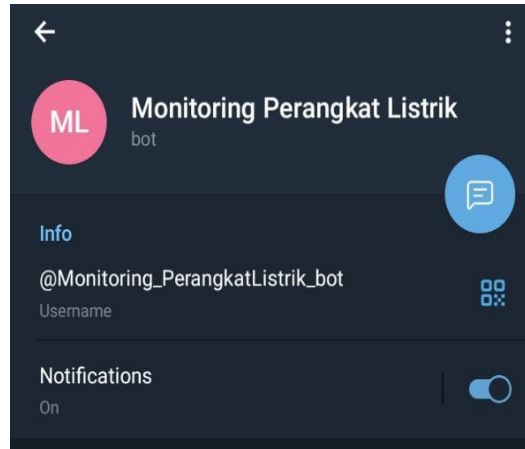
Data yang terlihat Gambar 4.7 merupakan hasil pengujian *Google Sheets* sebagai *database* monitoring konsumsi energi listrik pada rumah tangga. Data terdiri dari beberapa parameter yaitu Date sebagai tanggal pencatatan data, Time sebagai waktu data tercatat, arus, daya, fakyor daya, kWh serta estimasi biaya konsumsi energi listrik.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Google Sheets* dapat mengintegrasikan dan menyimpan data monitoring dengan baik. *Google Sheets* juga mampu mempertahankan konsistensi data selama seluruh periode pengujian. pengujian *Google Sheets* untuk penyimpanan data monitoring ini telah berhasil dilaksanakan.

4.3.2 Hasil Pengujian *Bot Telegram*

Bot Telegram akan menjalankan perintah dengan baik apabila *device mobile* dan alat monitoring telah terkoneksi dengan internet, jika salah satu tidak terkoneksi maka

perintah dari bot tidak dapat dijalankan. Pengguna dapat mencari akun bot pada aplikasi telegram dengan menggunakan username bot yang tertera pada bio akun bot seperti pada Gambar 4.8 berikut.



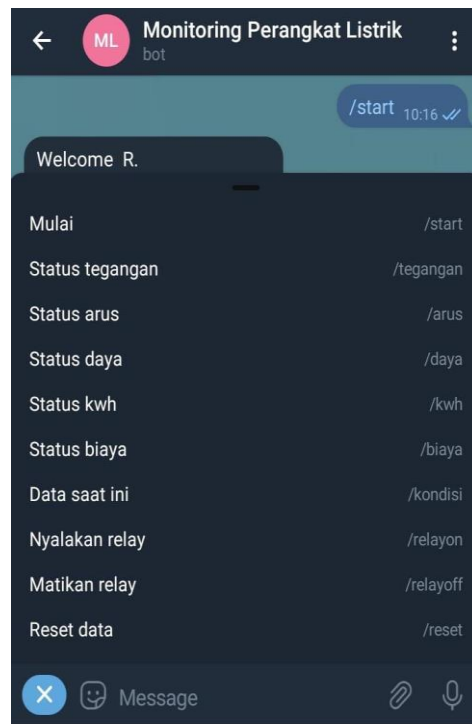
Gambar 4. 8 Tampilan Bio Akun Bot pada Aplikasi Telegram

Bot Telegram juga memiliki fitur menu yang dapat membantu pengguna untuk memilih perintah yang diinginkan. Pengguna bot menggunakan beberapa pesan perintah untuk mendapatkan informasi data monitoring terkini. Gambar 4.9 merupakan perintah-perintah yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4. 9 Tampilan Pesan Perintah “/start” pada *Bot Telegram*

Bot Telegram menyediakan tombol untuk memudahkan pengguna menjalankan perintah bot dengan alat monitoring. Pada Gambar 4.10 berikut merupakan tombol-tombol yang digunakan sebagai perintah bot.



Gambar 4. 10 Tampilan Tombol Alternatif Pesan Perintah *Bot Telegram*



Gambar 4. 11 Tampilan Monitoring perparameter pada *Bot Telegram*

Gambar 4.11 merupakan tampilan respon atau pesan balasan *bot Telegram* dari pesan perintah /tegangan untuk status/informasi tegangan dan /arus untuk status/informasi arus saat alat terpasang pada beban listrik dan terhubung dengan koneksi internet.



Gambar 4. 12 Tampilan Pesan Perintah Reset pada *Bot Telegram*

Gambar 4.12 merupakan tampilan respon atau pesan balasan bot telegram dari pesan perintah /reset. Pesan perintah /reset digunakan untuk mengatur ulang data yang telah tercatat menjadi kembali seperti awal, sehingga alat dapat mencatat ulang data yang dibutuhkan.



Gambar 4. 13 Tampilan Pesan Perintah Kendali pada *Bot Telegram*

Gambar 4.13 merupakan tampilan respon atau pesan balasan *bot Telegram* dari pesan perintah /relayon dan /relayoff. Pesan perintah tersebut digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay. Jika relay diaktifkan maka *bot Telegram* akan mengirimkan pesan balasan “Relay ON” dan sebaliknya jika relay dinonaktifkan maka *bot Telegram* akan mengirimkan pesan balasan “Relay OFF”.



Gambar 4. 14 Tampilan Data Monitoring pada *Bot Telegram*

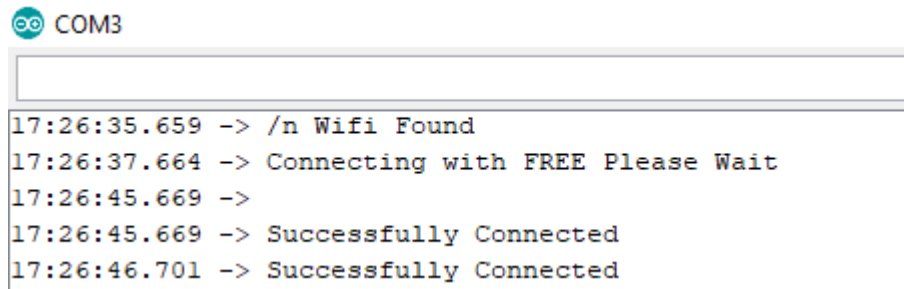
Gambar 4.14 merupakan tampilan respon atau pesan balasan *bot Telegram* dari pesan perintah /kondisi. Pesan perintah /kondisi digunakan untuk mengirimkan informasi data monitoring seluruh parameter serta disediakan tautan yang menuju ke *database* di *Google Sheets*. Berdasarkan Gambar 4.15 data yang tercatat pada bot telegram yaitu nilai tegangan 199V, nilai arus 0,95A, nilai daya 158W, nilai kWh 175, 15 dan estimasi biaya yaitu Rp. 236.797, dalam pesan balasan dilampirkan tautan ke halaman *database* pada *Google Sheets*. Hal ini menunjukkan bahwa *Bot Telegram* mampu memonitoring dan mengendalikan dari jarak jauh. Koneksi internet sangat mempengaruhi pengoperasian sistem. Respons dan kinerja sistem tergantung pada kualitas koneksi internet. Koneksi yang lambat dapat mengakibatkan penundaan atau bahkan ketidakresponsifan sistem terhadap perintah.

4.4 Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan merupakan pengujian yang mencakupi *hardware* dan *software*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat monitoring yang terhubung dengan

telegram sudah berkerja dengan baik dan sesuai yang diharapkan. Pada pengujian ini alat monitoring dihubungkan dengan sumber arus listrik dengan beban listrik AC yang berupa peralatan listrik rumah tangga seperti kipas angin, lampu, dispenser dan setrika. Beban dihubungkan melalui stop kontak yang terdapat pada alat monitoring sehingga sistem dapat membaca nilai-nilai tegangan, arus, daya, energi serta biaya yang terpakai.

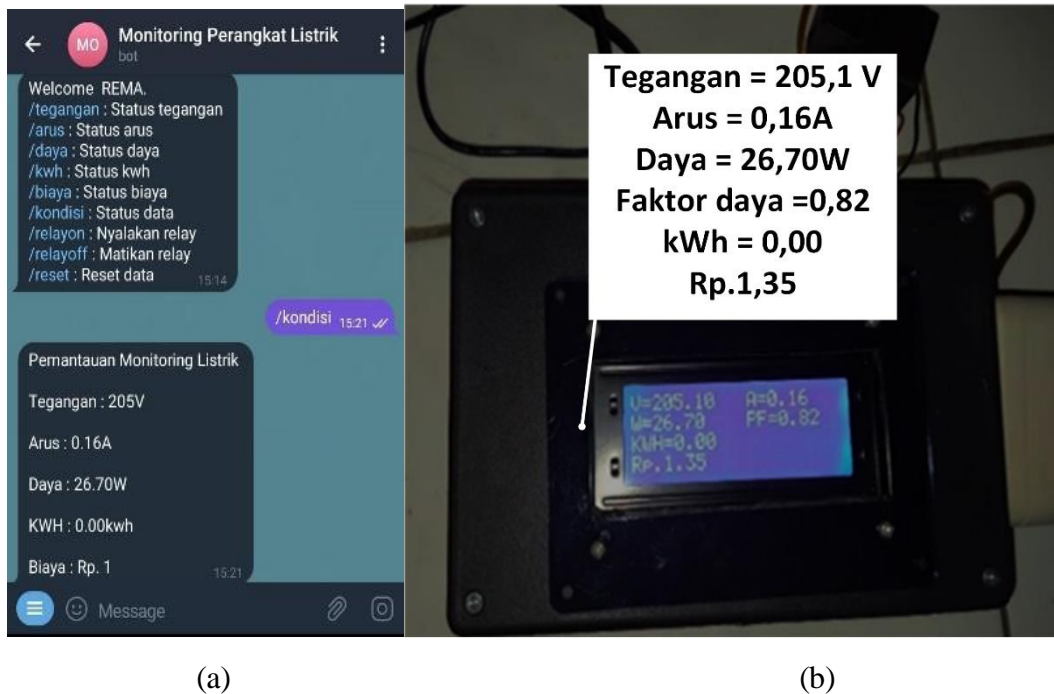
Pengujian ini dimulai dengan memastikan sistem telah terhubung dengan jaringan internet yang dapat dipastikan dengan melihat LCD yang menampilkan kata “*Connected*” atau dapat memberikan perintah *Bot Telegram* pada *smartphone*. Saat sistem telah terhubung internet, perintah bot yang dikirimkan akan mendapatkan respon dengan mengirimkan balasan sesuai perintahnya namun apabila sistem tidak terhubung internet maka perintah yang telah dikirimkan sebelumnya tidak akan mendapatkan respon.



```
COM3
17:26:35.659 -> /n Wifi Found
17:26:37.664 -> Connecting with FREE Please Wait
17:26:45.669 ->
17:26:45.669 -> Successfully Connected
17:26:46.701 -> Successfully Connected
```

Gambar 4. 15 Tampilan Serial Monitor pada Arduino IDE saat Internet telah Terhubung dengan Alat Monitoring Kendali

Tampilan serial monitor pada Arduino IDE di Gambar 4.15 merupakan tampilan awal ketika alat monitoring kendali telah terhubung dengan koneksi internet setelah perangkat dinyalakan. Pengguna tetap dapat memantau penggunaan energi listrik yang terpakai melalui tampilan dari LCD ketika koneksi tidak terhubung dengan baik. Tampilan dari LCD dan aplikasi Telegram dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Tampilan pada *Bot Telegram* (a) dan LCD (b)

Gambar 4.16 (a) merupakan tampilan respon atau pesan balasan bot telegram dari pesan perintah /kondisi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan alat dalam memantau dan berkomunikasi dengan *bot Telegram*. Gambar 4.16(b) menunjukkan data yang tercatat *bot Telegram* yaitu tegangan sebesar 205V, arus 0,16A, daya 26,7W, 0 kW, sedangkan Gambar 4.16(b) menunjukkan data yang tercatat pada LCD yaitu tegangan sebesar 205,1V, arus 0,16, daya 26,7W, dan 0 kWh. Data yang terlihat pada *bot Telegram* ditampilkan dalam bentuk bilangan bulat. Hal ini menunjukkan bahwa *bot Telegram* mampu. Koneksi internet sangat mempengaruhi pengoperasian sistem. Respons dan kinerja sistem tergantung pada kualitas koneksi internet. Koneksi yang lambat dapat mengakibatkan penundaan atau bahkan ketidakresponsifan sistem terhadap perintah.

4.4.1 Hasil Pengujian Beban Listrik

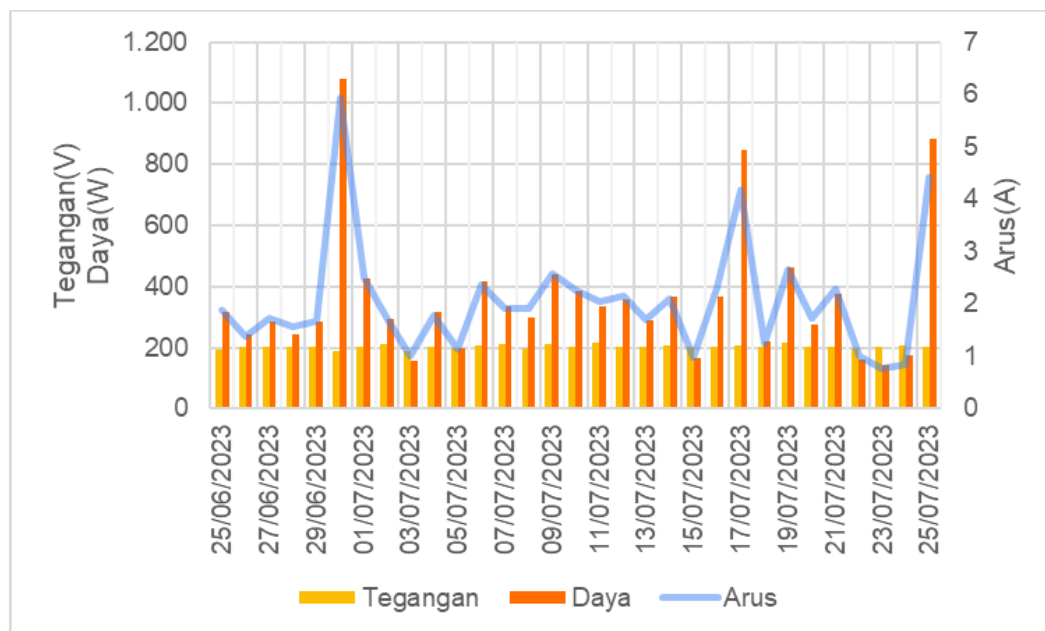
Pengujian ini dilakukan terhadap beberapa beban listrik berupa peralatan listrik rumah tangga. Data yang diperoleh dari pengujian ini adalah tegangan, arus, daya kWh,

dan faktor daya pada setiap beban. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Beban Listrik (1 Jam)

No.	Perangkat	V	I	Cos ϕ	P
1	Kipas	202,2	0,15	0,86	26,4
2	Lampu	202,6	0,04	0,34	3
3	Setrika	205,2	1,69	1	345,9
4	Rice Cooker	198,8	0,07	0,9	12,8

Tabel 4.1 menampilkan hasil pengujian beban listrik beberapa perangkat rumah tangga yang umum digunakan sehari-hari. Waktu masing-masing perangkat rumah tangga dalam pengujian ini yaitu selama 1 jam. Data yang tercantum mencakup tegangan, arus, faktor daya dan daya. Tabel 4.1 diketahui bahwa beban lampu memiliki faktor daya terendah dengan nilai sebesar 0,34. Sedangkan faktor daya terbaik dengan nilai 1. Nilai faktor daya yang baik terdapat pada jenis beban yang bersifat induktif karena hal ini disebabkan oleh induktor yang lebih dominan.



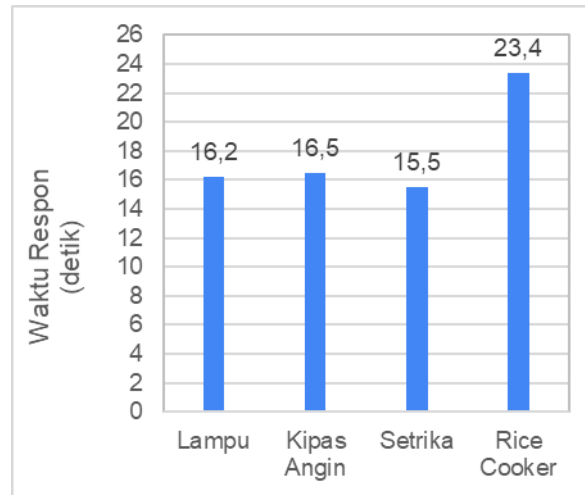
Gambar 4. 17 Grafik Hasil Pengujian Beban Listrik Rumah selama 1 Bulan

Gambar 4. 17 menampilkan hasil pengujian beban listrik pada rumah tangga selama 1 bulan dengan pemasangan alat pada MCB. Data yang ditampilkan pada grafik pada Gambar 4.17 yaitu tegangan, arus dan daya. Pada tanggal 25 Juni 2023 data yang tercatat tegangan yaitu sebesar 192,08 V, arus 1,88 A dan daya 307,20W. Terjadi peningkatan data setiap harinya yang menunjukkan dinamika penggunaan beban listrik. Tanggal 30 Juni 2023 terjadi lonjakan arus yang sangat signifikan, dengan nilai daya yang tercatat mencapai 1079,90W. puncak daya ini disebabkan oleh kombinasi tegangan dan arus pada level tertinggi dalam periode pengamatan. Pada tanggal 17 Juli 2023, terlihat data yang tercatat yaitu daya sebesar 874W dengan tegangan 206,9V dan arus 4,17A. pada tanggal 25 Juli 2023 merupakan akhir pengujian monitoring beban listrik pada rumah tangga nilai yang tercatat yaitu tegangan 204,1V, arus 4,42A dan daya 884W. Lonjakan nilai daya dapat dipengaruhi oleh penggunaan peralatan listrik rumah tangga dengan daya tinggi atau aktivitas lain yang membutuhkan daya besar pada saat pengamatan.

4.4.2 Hasil Pengujian Kendali Beban Listrik

Pengujian dilakukan dengan cara pengguna mengirim perintah melalui *Bot Telegram* untuk mengendalikan atau memantau sistem, pada pengujian ini, evaluasi dilakukan terhadap kemampuan alat monitoring untuk mengendalikan perangkat listrik seperti lampu, kipas angin, setrika, dan *rice cooker*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat monitoring mampu mengendalikan perangkat listrik sesuai dengan perintah yang diberikan melalui Telegram.

Selama pengujian, dicatat waktu yang diperlukan dari saat perintah dikirimkan melalui Telegram hingga perangkat listrik benar-benar berubah status (*ON* atau *OFF*). Berikut adalah lama delay yang diukur dalam detik:



Gambar 4. 18 Hasil Pengujian Kendali Beban Listrik

Gambar 4.18 merupakan grafik hasil pengujian kendali beban listrik dengan menggunakan *bot Telegram*. Beban listrik yang digunakan pada pengujian ini yaitu perangkat listrik rumah tangga seperti lampu, kipas angin, setrika, dan *rice cooker*. Waktu respon tercepat yaitu pada pengujian setrika dengan waktu selama 15,5 detik, dan waktu respon terlama yaitu *rice cooker* dengan waktu selama 23,4 detik. Rata-waktu respon yang tercatat adalah 17,9 detik pada pengujian ini wajar dan dapat diterima untuk kendali perangkat listrik dalam rumah tangga.

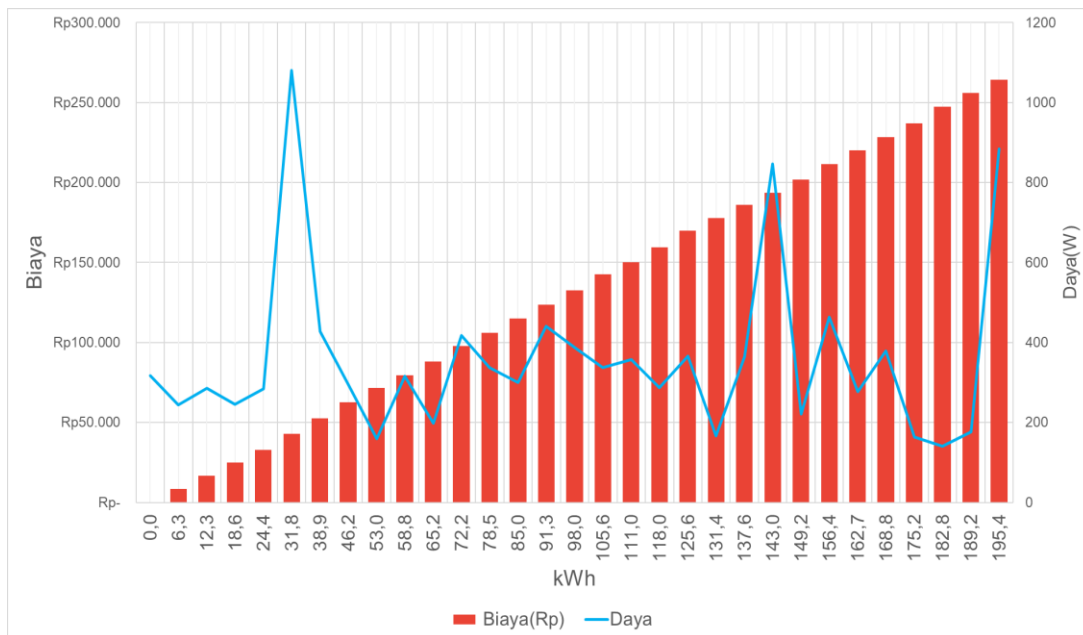
Lama *delay* yang diukur dalam pengujian kendali adalah waktu yang dibutuhkan oleh alat monitoring untuk merespons perintah dan mengendalikan perangkat listrik. *Delay* ini terjadi karena beberapa proses termasuk pengiriman perintah melalui Telegram, penerimaan perintah oleh alat monitoring, dan aktivasi relay untuk mengubah status perangkat listrik. Hal ini membuktikan pengguna dapat mengendalikan perangkat listrik jarak jauh melalui *bot Telegram*.

Peningkatan kecepatan koneksi internet dan optimalisasi perangkat keras serta perangkat lunak dapat membantu mengurangi lama *delay* ini, memastikan respon yang lebih cepat terhadap perintah yang diberikan oleh pengguna melalui *bot Telegram*.

4.4.3 Hasil Pengujian Monitoring Energi dan Estimasi Biaya

Pengujian Monitoring kWh pada alat monitoring ini bertujuan untuk dapat menentukan estimasi biaya dari konsumsi daya yang digunakan pada peralatan rumah tangga. Pengujian ini dilakukan di rumah golongan tarif R-1M/TR batas daya 900VA dengan biaya per-kWh sebesar Rp.1.352/kWh. Pengamatan dalam pengujian alat monitoring ini mengumpulkan data dengan selang waktu setiap 30 detik yang akan otomatis tercatat pada *database* di *Google Sheets*.

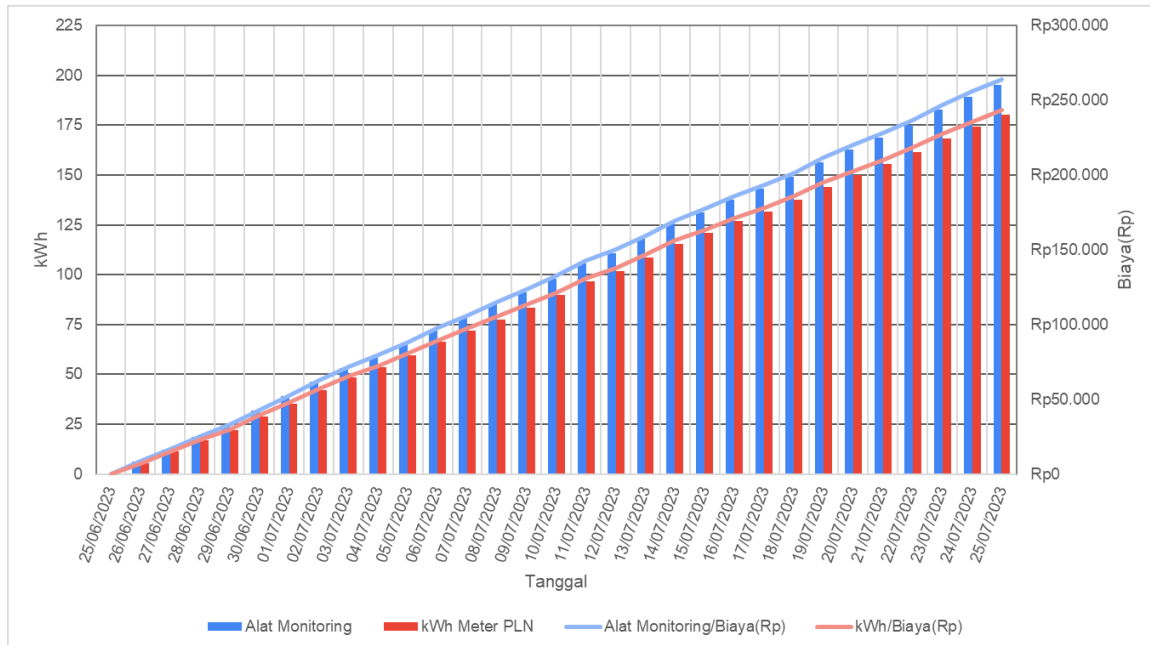
Alat monitoring ini dapat mengetahui estimasi biaya untuk konsumsi energi yang digunakan oleh peralatan listrik rumah tangga. Tarif yang digunakan dalam estimasi biaya ini sesuai dengan standar tarif PLN yang berlaku di masyarakat. Dalam pengujian ini dilakukan perhitungan estimasi biaya konsumsi daya oleh beberapa beban peralatan rumah tangga. Adapun diantaranya dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 19 Grafik Daya dan Estimasi Biaya Penggunaan Energi Listrik dalam Waktu 1 Bulan

Berdasarkan data yang diperoleh pada Gambar 4.19 merupakan hasil pengujian monitoring energi selama 1 bulan. Monitoring dilakukan dari tanggal 25/06/2023 sampai

25/07/2023. Peningkatan nilai kWh pada grafik terus meningkat setiap harinya. Konsumsi daya tertinggi pada periode ini yaitu pada tanggal 30/06/2023 dengan daya tercatat yaitu 1079,90W dan kWh tercatat yaitu 31,8. Daya tertinggi kedua yaitu pada tanggal 17/07/2023 dengan daya tercatat yaitu 847W dan kWh tercatat yaitu 143,03. Konsumsi daya terendah pada periode ini yaitu pada tanggal 03/07/2023 dengan daya tercatat yaitu 158,9W dan kWh tercatat yaitu 53. Konsumsi daya terendah juga terjadi pada tanggal 23/07/2023 dengan daya tercatat yaitu 141W dan kWh tercatat yaitu 182,8. Grafik menunjukkan bahwa pada tanggal 25/06/2023, konsumsi energi adalah 0 kWh, sebagai waktu awal pemasangan alat monitoring, namun, terjadi peningkatan konsumsi energi secara bertahap hingga mencapai puncaknya pada tanggal 25/07/2023. Hal ini mungkin disebabkan oleh peningkatan aktivitas rumah tangga dan penggunaan perangkat selama periode ini. Estimasi biaya yang berbeda pada setiap harinya menunjukkan variasi dalam penggunaan energi selama hari. Peningkatan konsumsi energi seiring berjalannya waktu dapat berdampak pada biaya listrik yang dibayarkan oleh pengguna. Terlihat bahwa biaya listrik meningkat seiring dengan peningkatan konsumsi energi. Grafik pada Gambar 4.20 menyatakan bahwa terjadi peningkatan nilai kWh seiring berjalannya waktu. Hal ini disebabkan karena konsumsi daya yang dilakukan secara terus-menerus dengan sifat konsumsi daya yang dinamis. Selama adanya konsumsi daya pada beban peralatan rumah tangga, maka alat monitoring ini akan mencatat nilai kWh. Beban yang mengkonsumsi daya besar maka akan menghasilkan kWh yang sebanding lurus dengan tarif yang harus dibayarkan oleh pelanggan. Penggunaan peralatan rumah tangga yang boros energi akan memperbesar biaya tagihan.



Gambar 4. 20 Grafik Perbandingan Nilai kWh PLN dan Alat Monitoring

Gambar 4.20 memperlihatkan grafik perbandingan nilai kWh dan estimasi biaya antara alat monitoring dan kWh meter milik PLN, selama 1 bulan. Grafik menunjukkan terdapat selisih nilai kWh antara alat monitoring kendali dan kWh meter milik PLN. Pada Pemantauan dilakukan dari tanggal 25 Juni 2023 hingga 25 Juli 2023 dengan pemasangan alat monitoring kendali pada MCB rumah. Nilai awal saat pengukuran yaitu 0 kWh dengan biaya Rp. 0, pada tanggal-tanggal berikutnya terdapat perbedaan nilai kWh dan estimasi biaya antara kedua alat tersebut. Nilai *error* berkisar antara 0,08 hingga 0,10, yang menunjukkan perbedaan yang cukup kecil dalam pengukuran. Alat monitoring menunjukkan nilai kWh dan estimasi biaya yang berbeda dengan kWh meter PLN, seperti pada tanggal 26 Juni 2023 dengan nilai kWh 6,34 dan estimasi biaya Rp. 8573 untuk alat monitoring, sedangkan untuk kWh meter PLN mencatat 5,3 dengan estimasi biaya RP.7166. Perbedaan terjadi dalam rentang tanggal pengukuran berikutnya, menunjukkan variasi hasil antar kedua alat tersebut dalam membaca penggunaan energi listrik rumah tangga.

Meskipun *error* ini relatif kecil dalam persentase, penting untuk diingat bahwa dalam jumlah besar, perbedaan ini dapat berdampak signifikan pada tagihan listrik. Oleh karena itu, pemeliharaan dan kalibrasi yang teratur pada alat monitoring menjadi penting untuk memastikan akurasi pengukuran yang konsisten. Penyebab dari perbedaan kecil ini, dapat berasal dari karakteristik sensor pada alat monitoring, yang dapat berbeda dengan karakteristik sensor pada kWh Meter PLN. Selain itu, faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban juga dapat memengaruhi hasil pengukuran. Untuk meningkatkan akurasi Alat Monitoring, langkah-langkah perbaikan perlu dipertimbangkan. Ini dapat mencakup kalibrasi yang lebih sering, pemantauan lingkungan sekitar yang lebih ketat, dan pemeliharaan rutin pada perangkat tersebut.

Analisis data ini menunjukkan bahwa alat ini memiliki nilai selisih yang cukup kecil dengan kWh meter tradisional, alat ini dapat dianggap sebagai solusi alternatif untuk pemantauan energi pada listrik rumah tangga. Evaluasi lebih lanjut dan pemeliharaan yang tepat diperlukan untuk memastikan bahwa alat ini dapat memenuhi berjalan dengan baik dan lancar.