

Monitoring Daya Listrik Pada Panel Surya Berbasis *Internet of Things (IoT)* Menggunakan Aplikasi Telegram

Desi Arista Ratnasari¹, Bambang Suprianto², Farid Baskoro³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, 60231, Indonesia

¹desi.18017@mhs.unesa.ac.id

²bambangsuprianto@unesa.ac.id

³faridbaskoro@unesa.ac.id

Abstrak

Pada era saat ini sudah dilakukan pengembangan alat kontrol dan monitoring energi listrik menggunakan basis Internet of Things. Penelitian ini bertujuan untuk memonitoring pemakaian daya listrik pada panel surya berbasis Internet Of Things menggunakan aplikasi telegram sebagai interface serta ESP32 sebagai mikrokontroler dan Pzem-004t sebagai sensor. Metode yang digunakan yaitu jenis pendekatan eksperiment dengan pengambilan data dilakukan melalui pengujian tanpa beban dan pengujian berbeban. Hasil pengukuran pada panel surya diperoleh hasil rata - rata tegangan panel sebesar 13,70 Volt dan nilai arus panel rata – rata sebesar 7A. Sedangkan pada pengujian berbeban hasil penelitian sensor yang dilakukan sebanyak 6 kali dengan, menetapkan bahwa tingkat kesalahan saat mengukur tegangan dengan error rata-rata sebesar 0,5%, pada pengukuran arus sebesar 7%, pada pengukuran daya sebesar 4,2%. Nilai kesalahan pada sensor rendah yang artinya sangat baik dalam mengukur tegangan dan arus listrik. Jadi secara keseluruhan sistem monitoring daya listrik ini dapat bekerja dengan baik dan menampilkan nilai hasil pembacaan sensor dengan cukup akurat.

Kata kunci: ESP32, monitoring daya, internet of things, panel surya, telegram

Abstract

In the current era, the development of electrical energy control and monitoring tools using the Internet of Things basis has been carried out. This study aims to monitor electrical power consumption on Internet of Things-based solar panels using the Telegram application as an interface and ESP32 as a microcontroller and Pzem-004t as a sensor. The method used is an experimental approach with data collection carried out through no-load testing and load testing. The measurement results on the solar panel obtained the average panel voltage of 13.70 volts and the average panel current value of 7A. while on the load test the results of the sensor research were carried out 6 times with, determined that the error rate when measuring voltage with an average error of 0.5%, on current measurement of 7%, on power measurement of 4.2%. the error value on the sensor is low which means it is very good at measuring voltage and electric current. So overall this electrical power monitoring system can work well and display the sensor readings quite accurately.

Keywords: ESP32, Power monitoring, Internet of things, Solar panels, Telegram

I. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, jumlah penduduk dunia semakin meningkat, khususnya di Indonesia sehingga terciptanya beberapa peralatan elektronik yang lebih canggih. Dengan perkembangan ini menyebabkan kebutuhan akan energi listrik semakin naik seiring dengan perubahan pada gaya hidup masyarakat Indonesia saat ini.

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, di Indonesia saat ini energi yang digunakan berupa energi konvensional dan energi baru terbarukan

(EBT). Energi Konvensional adalah energi yang ketersediaannya dalam jumlah yang terbatas, dimana jika digunakan secara terus – menerus akan habis. Selain itu penggunaan energi dalam jangka waktu panjang akan menimbulkan kerusakan pada lingkungan. Karena itu untuk memenuhi kebutuhan akan energi listrik Perlu dikembangkan energi alternatif yang ramah bagi lingkungan. Salah satunya adalah pengembangan energi baru dan terbarukan (EBT).

Pemanfaatan energi matahari sangat berpotensi untuk pembuatan pembangkit listrik

tenaga surya (PLTS). Energi surya ini dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, dengan menggunakan teknologi fotovoltaik. Teknologi ini merupakan teknologi yang memanfaatkan energi sinar matahari dengan cara mengkonversikan energi sinar matahari menjadi arus listrik dengan piranti semikonduktor yang disebut sel surya.

Disisi lain penggunaan energi alternatif juga perlu dikontrol dan dimonitoring agar penggunaan energi alternatif dapat tepat sesuai dengan kebutuhan. Adanya permasalahan tersebut diperlukan sebuah sistem monitoring yang digunakan untuk mengawasi perkembangan dan kondisi perangkat listrik yang terkadang dalam penggunaan listrik harian tanpa disadari berlebihan, oleh karena itu dengan digunakannya *Internet of Things* dapat dilakukan pemantauan penggunaan listrik harian. Penelitian ini membahas bagaimana perancangan sistem monitoring daya listrik pada panel surya berbasis *Internet of Things* menggunakan aplikasi Telegram.

Era revolusi industri 4.0 ini membuat perkembangan penggunaan internet semakin banyak. *Internet of Things* ialah sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas koneksi internet yang selalu aktif. Istilah *Internet of Things* ini diusulkan pertama kali di tahun 1999 serta banyak dikenal lewat *Auto-ID Center* untuk pemantauan online real – time listrik tiga fase menggunakan teknologi *Internet of Things* (Ashton, 2019).

ESP32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh *Espressif System* yang merupakan perkembangan dari sistem monitoring ESP8266. Mikrokontroler ini sudah memiliki modul WiFi di dalam chipnya, sehingga sangat berguna untuk membuat sistem aplikasi internet (Muliadi, dkk, 2020).

Sensor *PZEM-004t* merupakan sensor yang dapat mengukur nilai arus, tegangan, daya dan energi dari penggunaan listrik AC dengan tingkat akurasi pengukuran yang cukup baik. Sensor *PZEM-004t* yang dapat dikontrol menggunakan mikrokontroler ESP32 dan bisa diintegrasikan dengan Aplikasi Telegram sehingga data monitoring dapat disampaikan serta dapat menjadi sistem informasi yang praktis dan efisien.

Perangkat lunak Telegram ini merupakan *software* perpesanan dengan berfokus pada keamanan dan kecepatannya sangat cepat, simpel, dan gratis. Kelebihan telegram juga dapat difungsikan dibanyak perangkat mobile secara bersamaan. Pada penelitian ini menggunakan fitur Bot API Telegram yang merupakan salah satu fitur yang dimiliki oleh aplikasi Telegram.

BotAPI (*Application Programming Interface*) adalah aplikasi pihak ketiga yang beroperasi di dalam Aplikasi Telegram. *User* dapat berinteraksi dengan bot dengan mengirimkan pesan pada Bot yang berupa perintah yang telah diatur oleh *user* Bot.

Daya listrik diartikan berupa laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Daya listrik AC (*alternating current*) ada beberapa jenis bentuk daya, yaitu daya reaktif, daya semu, daya aktif.

Faktor daya diartikan sebagai selisih antara daya aktif (Watt) dan daya reaktif (VA). Dilambangkan dengan $\cos \phi$. Faktor daya kerap difungsikan sebagai parameter baik atau buruknya suplai daya pada sebuah sistem. Nilai aspek daya tidak akan lebih dari 1. Maka semakin dekat nilai faktor daya dari 1, semakin baik untuk sistem (Hudan, 2019).

Beban listrik ialah hal yang harus dipikul bagi pembangkit listrik. Pada aktivitas sehari – hari beban listrik diilustrasikan sebagai segala bentuk peralatan listrik yang memanfaatkan daya listrik akan bisa berfungsi (Prasetyo, 2017:1).

Terdapat beberapa penelitian yang membahas tentang sistem monitoring daya listrik berbasis *internet of things* telah dilakukan sebelumnya. Pada umumnya, penelitian yang dilakukan berfokus untuk memanfaatkan teknologi ESP32 sehingga dapat memonitoring daya listrik pada panel surya berbasis IoT dengan lebih efektif. Penelitian yang memanfaatkan IoT sebagai sistem monitoring daya listrik pada panel surya sudah sangat banyak, namun masih kurang efektif dalam penerapan sehari-hari.

Penelitian paling mendasar yang memanfaatkan sistem berbasis IoT ini adalah penelitian oleh (Hudan, 2019) yang berjudul “*Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya listrik pada Kamar Kos Berbasis Internet of Thing* “, membahas sistem monitoring daya berbasis IoT untuk memonitoring penggunaan

listrik kamar kos dengan menggunakan sensor tegangan ZMPT101 dan sensor arus ACS712 dengan menggunakan mikrokontroler arduino UNO R3 dan wemos D1 mini dan dapat dimonitoring melalui jaringan internet dengan tampilan grafik server *thingspeak*. Meskipun aplikasi *thingspeak* dapat diunduh melalui *platform Playstore*, namun perlu dikembangkan kembali suatu sistem IoT yang dapat memantau dan mengontrol suatu sistem menggunakan aplikasi perpesanan yang telah banyak digunakan. Penelitian yang dilakukan oleh (Nugraha, dkk 2016:1) dengan penelitian berjudul “*Desain Sistem Monitoring Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)*” yang mengukur nilai tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dan untuk servernya memakai *thingspeak*. Selain itu juga menggunakan router Global System Mobile (GSM) sehingga perangkat tidak perlu terhubung ke koneksi wifi.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kurniawan,2020) dengan penelitian berjudul “*Rancang Bangun Sistem Smart Power Untuk Mengontrol Dan Memonitoring Energi Listrik Berbasis Internet Of Things (IoT)*” membahas tentang sebuah sistem monitoring daya listrik dengan sensor *PZEM – 004t* yang berguna untuk mengukur besar arus, tegangan, dan daya pada listrik. Untuk server dan untuk melihat data hasil monitoring menggunakan *website* dan mikrokontroler dengan *NodeMCU*.

Adapun penelitian yang menggunakan aplikasi Android seperti penelitian yang dilakukan oleh (Jokanan,2022) dimana pada penelitiannya yang berjudul “*Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT menggunakan Firebase dan Aplikasi Android*” pada penelitian ini menjelaskan sebuah sistem monitoring daya listrik menggunakan sensor *PZEM-004t*. Dengan menggunakan sistem *google database* dan dapat dipantau menggunakan aplikasi android. Kekurangan pada penelitian ini ialah aplikasinya hanya dapat diakses oleh user smartphone Android, serta aplikasi yang digunakan pada sistem tersebut masih tidak dapat diakses oleh semua pengguna, sehingga dinilai kurang efisien. Didapatkan bahwa sudah banyak sekali penelitian yang membahas suatu sistem monitoring daya listrik yang memanfaatkan teknologi berbasis IoT tetapi masih belum efisien dikarenakan interface yang digunakan adalah *website* sehingga diperlukan

komputer/PC yang harus selalu aktif karena masih memanfaatkan database server dari website yang digunakan.

Pada penelitian ini dikembangkan sistem monitoring daya listrik pada panel surya berbasis *Internet of Things* menggunakan telegram yang dapat memonitoring penggunaan daya listrik AC pada panel surya dengan menggunakan sensor *PZEM-004t* serta Bot Telegram sebagai interface dan ESP32 sebagai mikrokontrolernya. Dengan memanfaatkan Bot Telegram sistem monitoring ini dapat di akses dengan mudah oleh user aplikasi Telegram selama user memiliki aplikasi tersebut. Pada aplikasi telegram dapat menampilkan nilai dari tegangan, arus, daya listrik, energi, *power faktor*, dan frekuensi.

II. METODE PENELITIAN

A. Analisis Penelitian

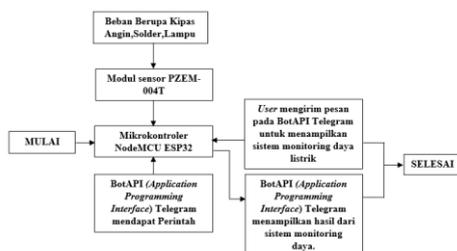
Metode yang diterapkan adalah jenis pendekatan eksperimen serta melakukan studi literatur dengan referensi yang sudah ada seperti melalui jurnal dan skripsi berdasarkan penelitian yang relevan terhadap alat yang akan dibuat, kemudian membuat desain alat yang akan dibuat, selanjutnya pengumpulan komponen dan dilakukan pembuatan alat. Kemudian melakukan pengujian serta pengambilan data. Pengujian sistem monitoring daya listrik pada panel surya berbasis *Internet Of Things* menggunakan aplikasi telegram ini dilakukan dengan pengujian tanpa memberi beban dan pengujian dengan memberikan beban. Tahapan terakhir yaitu menganalisis data yang didapatkan dari hasil pengujian alat. Alur dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur rancangan penelitian.

B. Desain Alat

Gambar 2 merupakan rancangan sistem monitoring daya listrik panel surya berbasis *Internet of Things* (IoT). Dalam perancangan tersebut memiliki beberapa komponen utama yaitu sensor *PZEM-004t* yang berfungsi sebagai pengukur nilai tegangan, arus dan daya serta Nodemcu ESP 32 sebagai mikrokontrolernya dan mengirimkan data perhitungan sensor menuju aplikasi Telegram, selanjutnya Bot Telegram sebagai *interface* pada sistem monitoring ini dapat di akses dengan mudah oleh *user* aplikasi Telegram selama *user* memiliki aplikasi Telegram.



Gambar 2. Desain sistem monitoring daya listrik pada panel surya berbasis Internet of Things menggunakan aplikasi Telegram.

1. Desain Hardware

Desain pada penelitian ini menggunakan *tools box* dari bahan plastik dan pada bagian dalam terdapat inverter, *solar charger controller*, pengkabelan untuk rangkaian elektrik pada PLTS, serta accumulator jenis *deep cycle gel battery 65Ah*. Untuk alur dari panel suryanya adalah ketika panel surya terkena sinar matahari akan menghasilkan tegangan dan arus yang besar sehingga sebelum disimpan oleh baterai akan melewati SCC yang berfungsi untuk mengontrol tegangan yang akan masuk ke baterai untuk pengoptimalan pengisian baterai dan supaya baterai tidak cepat rusak. Setelah melalui SCC tegangan yang dihasilkan pada panel surya ini akan disimpan pada baterai. Output dari panel surya yang disimpan pada baterai ini masih DC. Pada alat monitoring daya ini penggunaan PLTS hanya sebagai sumber atau suplai pada beban. Sehingga output panel surya tersebut akan masuk melalui inverter untuk diubah menjadi tegangan AC, kemudian tegangan AC ini akan dialirkan pada stop kontak dan stop kontak akan diberikan beban berupa kipas angin, solder, *charger hp*. Output dari beban AC ini yang akan dipantau menggunakan alat monitoring daya listrik berbasis IoT dengan menggunakan aplikasi telegram.

Alat monitoring daya berbasis IoT ini menggunakan perangkat mikrokontroler ESP32 dan aplikasi telegram sebagai media *massanger*

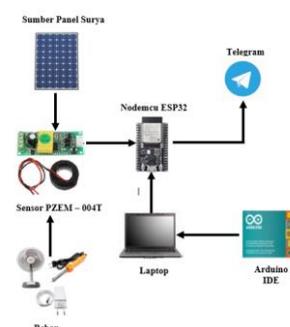
dengan memanfaatkan fitur BotAPI (*Application Programming Interface*). BotAPI adalah aplikasi pihak ketiga yang beroperasi di dalam Aplikasi Telegram. *User* dapat melakukan interaksi dengan bot dengan mengirimkan pesan pada Bot yang berupa perintah yang telah diatur oleh *user* Bot.

Mikrokontroler ESP32 ini digunakan sebagai pusat pemrosesan data pada keseluruhan sistem dan digunakan sebagai modul *WiFi* untuk menghubungkan koneksi internet. Ketika sensor *PZEM-004t* diberi beban maka sensor akan membaca nilai arus, tegangan, daya, energi, *power factor* dan frekuensi listrik tersebut. Nilai sensor ini dibaca oleh mikrokontroler ESP32 yang akan ditampilkan pada Bot telegram. Data yang diperoleh dari pembacaan sensor *PZEM-004t* akan dikirim pada aplikasi telegram dengan menggunakan koneksi *WiFi* yang sudah terhubung pada ESP32.

Pada Bot Telegram diberi nama *PLTSmonitoring_bot*. tampilan pada aplikasi telegram terdapat beberapa menu, yaitu.

1. */all_status*
2. */tegangan*
3. */arus*
4. */daya*
5. */power_factor*
6. */frekuensi*
7. */energy*

Untuk *user Bot* jika ingin mengetahui data monitoring dapat mengirimkan perintah : */start* maka akan mendapatkan pesan balasan berupa beberapa menu yang ada pada *PLTSmonitoring_bot*. Untuk dapat mengetahui data semua menu, dapat mengirimkan perintah berupa */all_status* maka bot telegram akan mengirimkan semua status kondisi monitoring. Diagram desain sistem monitoring daya ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram desain sistem monitoring daya listrik pada panel surya berbasis *internet of things* menggunakan aplikasi telegram.

2. Desain Software

Untuk perancangan *software* ini menggunakan aplikasi Arduino IDE untuk

membuat program yang akan digunakan pada board ESP32. Perancangan pemrograman dibentuk agar mikrokontroler ESP32 dapat bekerja sesuai dengan yang di inginkan sebagai monitoring daya listrik.

Dalam perancangan software dimulai dari pembacaan data tegangan, arus, daya, power factor, frekuensi dan energi di baca oleh sensor *PZEM-004t*. Data hasil pemacaan kemudian diproses oleh mikrokontroler Nodemcu ESP32 dan mendapatkan output berupa nilai tegangan, arus, daya, *power factor*, frekuensi.

C. Pengembangan

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian – penelitian yang dilakukan sebelumnya. Pada penelitian terdahulu masih banyak yang memanfaatkan aplikasi *blynk* sebagai media komunikasi antara alat dan juga *user*, namun tidak semua masyarakat menggunakan atau memiliki aplikasi tersebut, sehingga perlu dikembangkan media komunikasi yang memanfaatkan aplikasi perpesanan yang umum dan dapat diakses dengan mudah oleh pengguna, salah satunya dengan menggunakan aplikasi telegram.

Penelitian ini terbagi dalam 3 (tiga) bagian. Pertama tahap persiapan, yang terdiri dari perancangan desain alat yang terbagi menjadi desain *hardware* dan desain *software*. Tahap selanjutnya merupakan tahap perancangan pada alat monitoring serta pemasangan koneksi internet pada alat dan Bot Telegram. Pada tahap terakhir, akan dilakukan pengujian alat pada sistem kerja monitoring daya, hingga analisis pada hasil yang didapat dari proses pengambilan data.

Pengambilan data pada penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan alat ukur multimeter dan juga pengambilan data menggunakan alat yang dibuat melalui sensor *PZEM-004t*.



Gambar 4. Flowchart Perancangan Alat.

Hasil penelitian dari monitoring daya listrik pada panel surya berbasis *Internet of Things*

menggunakan aplikasi telegram ini menghasilkan sebuah sistem monitoring daya listrik yang menampilkan data berupa tegangan, arus, daya, energi, faktor daya dan frekuensi yang dapat diakses melalui aplikasi telegram. Hasil rancangan alat monitoring daya listrik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Alat Monitoring Daya Listrik Panel Surya Berbasis *Internet of Thing* Menggunakan Aplikasi Telegram.

D. Implementasi

Sistem monitoring ini menggunakan mikrokontroler ESP 32 dan Bot Telegram sebagai media monitoring. Sebelum melakukan proses pembacaan data dari sensor, ESP 32 dan aplikasi telegram harus telah terkoneksi dengan Wi-Fi terlebih dahulu.

Saat sensor *PZEM-004t* diberi beban maka sensor akan membaca nilai arus, tegangan, daya, energi, *power factor* dan frekuensi listrik tersebut. Nilai sensor ini dibaca oleh mikrokontroler ESP32 yang akan ditampilkan pada Bot telegram. Data yang didapat dari pembacaan sensor *PZEM-004t* akan dikirim pada aplikasi telegram dengan menggunakan koneksi *WiFi* yang sudah terhubung pada ESP32. Untuk *user Bot* jika ingin mengetahui data monitoring dapat mengirimkan perintah pada Bot maka Bot Telegram akan otomatis mengirimkan hasil monitoring daya pada *user*. Terdapat nilai indikator berbentuk angka pada tampilan aplikasi, berupa nilai tegangan, arus, daya, power factor, energi dan frekuensi. Apabila ESP32 dan aplikasi Telegram tidak terkoneksi internet maka esp32 tidak dapat mengirim data pada Telegram sehingga data tidak dapat ditampilkan. Gambar 6 merupakan tampilan sistem monitoring daya pada bot telegram.



Gambar 6. Tampilan Pada Bot Telegram

E. Evaluasi

Pada tahap ini akan diujicobakan untuk mengetahui kinerja sistem monitoring daya listrik yang telah dirancang. Data-data yang dihasilkan pada perancangan sistem monitoring daya pada panel surya berbasis IoT ini berupa tegangan, arus, daya, energi dan frekuensi. Alat ini dapat bekerja jika mikrokontroler ESP 32 dan bot telegram terkoneksi dengan *WiFi*, jika tidak terhubung dengan jaringan internet maka nilai yang terbaca pada sensor PZEM-004t tidak dapat dikirimkan pada bot telegram.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Pada Panel Surya.

Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan mengenai tegangan dan arus pada panel surya dalam kondisi tanpa beban yang ditampilkan pada Tabel 1 ialah tabel pengukuran tegangan dan arus pada hari pertama, Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran tegangan dan arus pada panel surya hari kedua, dan pada Tabel 3 hasil pengukuran tegangan dan arus hari ketiga.

TABEL 1
Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus pada Panel Surya Hari Pertama.

Waktu	Panel Surya	
	V(volt)	I (Ampere)
09.00	13,45	0,69
10.00	13,42	0,78
11.00	13,37	0,81
12.00	13,38	0,79
13.00	13,42	0,65
14.00	13,42	0,54

Tabel 1, merupakan hasil dari tegangan dan arus yang dihasilkan dari panel surya. Saat pengambilan data kondisi cuaca dalam keadaan cerah berawan. Pengambilan data dilakukan mulai dari pukul 09.00 WIB sampai dengan pukul 14.00 WIB dengan interval waktu selama satu jam. Nilai rata – rata tegangan sebesar 13,41 volt dan rata – rata arus sebesar 0,71A.

TABEL 2
Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus pada Panel Surya Hari Kedua.

Waktu	Panel Surya	
	V(volt)	I (Ampere)
09.00	13,30	0,65
10.00	13,46	0,79
11.00	13,70	0,8
12.00	13,89	0,76
13.00	13,87	0,64
14.00	13,75	0,59

Tabel 2 merupakan hasil pengukuran dari tegangan dan arus yang dihasilkan dari panel surya didapatkan nilai rata – rata tegangan sebesar 13,66 Volt dan rata – rata arus sebesar

0,7A. Pengambilan data ini saat kondisi cuaca dalam keadaan cerah dan berawan.

TABEL 3
Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus pada Panel Surya Hari Ketiga.

Waktu	Panel Surya	
	V(volt)	I (Ampere)
09.00	13,46	0,67
10.00	13,64	0,76
11.00	13,73	0,82
12.00	13,86	0,74
13.00	13,82	0,68
14.00	13,70	0,60

Tabel 3, Merupakan hasil pengukuran dari tegangan dan arus yang dihasilkan dari panel surya. Pengukuran ini dilakukan selama 6 jam didapatkan nilai rata – rata tegangan sebesar 13,70 volt dan nilai rata – rata arus sebesar 0,7A.

B. Hasil Pengujian dengan Memberikan Beban.

Pengujian menggunakan beban pada alat monitoring daya yang dibuat ini diterapkan dengan membandingkan hasil pengukuran alat monitoring daya listrik berbasis IoT serta hasil pembacaan besaran listrik dengan menggunakan multimeter dan melakukan percobaan selama 6 kali dengan interval waktu selama 10 menit dapat dilihat pada tabel berikut. Berikut ini merupakan tabel yang menjelaskan mengenai pengujian menggunakan beban kipas angin yang ditampilkan pada Tabel 4.

TABEL 4
Hasil Pengujian dengan Beban Kipas Angin.

Time (Menit)	Multimeter		Hasil Pembacaan Sensor PZEM-004T					
	V(volt)	I(Ampere)	V (Volt)	I(Ampere)	P	Pf(%)	E	f (Hz)
10	217	0,224	217,5	0,23	44,60	0,89	0,08	49,40
20	217	0,222	217,5	0,23	44,40	0,88	0,09	49,40
30	217	0,222	217,5	0,23	44,40	0,89	0,09	49,40
40	217	0,219	217,5	0,23	44,30	0,88	0,09	49,40
50	217	0,218	217,5	0,23	44,20	0,88	0,09	49,40
60	217	0,217	217,5	0,23	44,00	0,88	0,09	49,40

Pada Tabel 4, ditunjukkan hasil pengujian dengan pemberian beban berupa kipas angin menggunakan pengukuran multimeter dan sensor Pzem-004t dengan interval waktu selama 10 menit dalam 1 jam. Hasil pengukuran menggunakan multimeter dan pembacaan melalui sensor Pzem-004t per 10 menit sekali di dapatkan nilai tegangan yang stabil, pada pengukuran multimeter sebesar 217 volt dan pada pembacaan sensor Pzem-004t sebesar 217,5 volt. Untuk pengukuran nilai arus pada sensor Pzem-004t didapatkan sebesar 0,23 ampere sedangkan pada pengukuran multimeter nilai arus yang

terbaca sekitar 0,217 A – 0,224 A. Pengukuran daya pada sensor Pzem-004t nilai paling besar terbaca sebesar 44,60 Watt. Untuk rata – rata energi sebesar 0,08kWh. Dan untuk nilai *power factor* didapatkan rata – rata sebesar 0,88 %. Sedangkan untuk nilai rata – rata frekuensi sebesar 49,40 Hz. Data ini merupakan pengujian dengan beban solder yang ditampilkan pada Tabel 5.

TABEL 5
Hasil Pengujian dengan Beban Solder

Time (Menit)	Multimeter		Hasil Pembacaan Sensor PZEM - 004T					
	V(volt)	I(Ampere)	V(Volt)	I(Ampere)	P	PF(%)	E	f(Hz)
10	218	0,170	218,7	0,18	28,90	0,75	0,09	49,40
20	218	0,160	218,7	0,17	28,20	0,75	0,09	49,40
30	218	0,150	218,7	0,17	28,10	0,75	0,09	49,40
40	218	0,154	218,7	0,17	28,20	0,75	0,09	49,40
50	218	0,154	218,7	0,17	28,30	0,76	0,10	49,40
60	218	0,154	218,7	0,17	28,40	0,76	0,10	49,40

Tabel 5, merupakan hasil pengukuran menggunakan multimeter dan menggunakan sensor Pzem-004t dengan pemberian beban berupa solder pada interval waktu selama 10 menit dalam 1 jam. Didapatkan hasil pengukuran untuk tegangan pada pembacaan multimeter rata – rata sebesar 218 volt, dan untuk pengukuran dengan sensor Pzem-004t didapatkan nilai tegangan sebesar 218,7 volt. Pada pengukuran arus per 10 menit sekali untuk perhitungan multimeter didapatkan nilai arus antara 0,154 A – 0,17A dan pada sensor Pzem-004t nilai arus yang terbaca pada 10 menit pertama sebesar 0,18 A dan pada 10 menit selanjutnya terbaca sebesar 0,17A. Untuk nilai daya yang terbaca memiliki rata – rata sebesar 28,35 watt. Untuk rata – rata energi sebesar 0,093 kWh. Dan untuk nilai *power factor* didapatkan rata – rata sebesar 0,75 %. Sedangkan untuk nilai rata – rata frekuensi sebesar 49,40 Hz. Berikut merupakan hasil pengujian dengan pemberian beban charger hp. Dapat dilihat pada tabel 6.

TABEL 6
Hasil Pengujian dengan Beban Charger Hp

Time (Menit)	Multimeter		Hasil Pembacaan Sensor PZEM - 004T					
	V(volt)	I(Ampere)	V(Volt)	I(Ampere)	P	PF(%)	E	f(Hz)
10	219	0,11	218,5	0,11	7,40	0,30	0,09	49,40
20	219	0,11	218,5	0,11	7,40	0,30	0,09	49,40
30	219	0,12	218,5	0,11	7,50	0,30	0,09	49,40
40	219	0,11	218,5	0,11	7,50	0,30	0,09	49,40
50	219	0,12	218,5	0,11	7,40	0,30	0,09	49,40
60	219	0,12	218,5	0,11	7,20	0,30	0,09	49,40

Pada Tabel 6, merupakan hasil pengukuran menggunakan multimeter dan menggunakan sensor Pzem-004t dengan pemberian beban berupa charger hp pada interval waktu selama 10 menit dalam 1 jam. Untuk nilai pengukuran tegangan dengan multimeter sebesar 219 volt dan

untuk pengukuran dengan sensor Pzem-004t sebesar 281,5 volt. Pada pengukuran arus dengan menggunakan multimeter didapatkan rata – rata nilai arus sebesar 0,11A, sedangkan untuk perhitungan dengan sensor Pzem-004t didapatkan nilai arus sebesar 0,11A. nilai rata – rata daya yang terbaca oleh pengukuran menggunakan sensor Pzem-004t sebesar 7,4 watt. Untuk rata – rata energi sebesar 0,09 kWh. Dan untuk nilai *power factor* didapatkan rata – rata sebesar 0,30 %. Sedangkan untuk nilai rata – rata frekuensi sebesar 49,40 Hz. Data ini merupakan hasil dari pengujian dengan memberikan beban penuh yang ditampilkan pada tabel 7.

TABEL 7
Hasil Pengujian dengan Beban Penuh.

Time (Menit)	Multimeter		Hasil Pembacaan Sensor PZEM - 004T					
	V(volt)	I(Ampere)	V(Volt)	I(Ampere)	P	PF(%)	E	f(Hz)
10	217	0,39	215,70	0,41	83,70	0,95	0,04	49,50
20	217	0,39	215,80	0,41	83,70	0,95	0,04	49,40
30	217	0,38	215,90	0,41	84,40	0,96	0,04	49,50
40	217	0,39	216,00	0,41	85,10	0,96	0,05	49,50
50	217	0,38	216,10	0,41	85,30	0,96	0,05	49,40
60	217	0,39	215,60	0,43	90,00	0,97	0,05	49,40

Pada Tabel 7, ditunjukkan hasil pengujian dengan pemberian beban secara penuh menggunakan pengukuran multimeter dan sensor Pzem-004t dengan interval waktu selama 10 menit dalam 1 jam. Hasil pengukuran menggunakan multimeter dan pembacaan melalui sensor Pzem-004t per 10 menit sekali di dapatkan nilai tegangan yang stabil, pada pengukuran multimeter sebesar 217 volt dan pada pembacaan sensor Pzem-004t didapatkan rata – rata tegangan sebesar 216 volt. Untuk pengukuran nilai arus pada sensor Pzem-004t didapatkan nilai rata – rata sebesar 0,41 ampere sedangkan pada pengukuran multimeter nilai arus rata – rata sebesar 0,38 ampere. Pengukuran daya pada sensor Pzem-004t nilai paling besar terbaca sebesar 90Watt. Untuk rata – rata energi sebesar 0,045kWh. Dan untuk nilai *power factor* didapatkan rata – rata sebesar 0,95 %. Sedangkan untuk nilai rata – rata frekuensi sebesar 49,40 Hz.

Selanjutnya data-data tersebut akan dikirimkan oleh NodeMCU ESP32 menuju ke Bot Telegram. Data tersebut akan dibaca dan ditampilkan pada aplikasi telegram dengan menggunakan koneksi *WiFi* yang sudah terhubung pada ESP32. Untuk *user Bot* jika ingin mengetahui data monitoring dapat mengirimkan perintah pada Bot maka Bot Telegram akan otomatis mengirimkan hasil monitoring daya pada *user*. Pada tampilan aplikasi terdapat nilai indikator berbentuk angka untuk nilai tegangan, arus, daya, *power factor*, energi dan frekuensi.

Tampilan pada telegram dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan dari hasil pengukuran oleh sensor Pzem-004t pada Bot Telegram.

C. Hasil Perhitungan Nilai APE (Absolute Percentage Error).

Berdasarkan data dari hasil pengujian dengan memberikan beban pada tabel 4 sampai dengan tabel 7 diatas maka dapat dicari nilai presentase error dari nilai tegangan, arus dan daya pada sensor PZEM-004t dengan menggunakan rumus APE (Absolute Percentage Error). Dengan perhitungan menggunakan persamaan 1.

$$APE = \frac{\text{nilai sensor} - \text{nilai akurat}}{\text{nilai akurat}} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan menggunakan rumus diatas, maka perhitungan presentase error pada alat yang dibuat didapatkan hasil dari perhitungan sebagai berikut yang ditampilkan pada tabel berikut. Pada Tabel 8 adalah hasil perhitungan Error beban kipas angin. Tabel 9 menampilkan hasil perhitungan Error beban solder. Untuk Tabel 10 berupa tampilan hasil dari perhitungan error beban charger Hp. Dan Tabel 10 berupa tampilan hasil perhitungan dengan memberikan beban penuh pada alat yang dibuat.

TABEL 8
Hasil Perhitungan Error Beban Kipas Angin.

Time (Menit)	V Error (%)	I Error (%)	P Error (%)
10	0,23	2,6	6
20	0,23	3,6	6,5
30	0,23	3,6	12
40	0,23	5	10,7
50	0,23	5,5	10,7
60	0,23	5,9	10,7

TABEL 9
Hasil Perhitungan Error Beban Solder.

Time (Menit)	V Error (%)	I Error (%)	P Error (%)
10	0,321	5,8	6
20	0,321	6	6,5
30	0,321	13	12
40	0,321	10	10,7
50	0,321	10	10,7
60	0,321	10	10,7

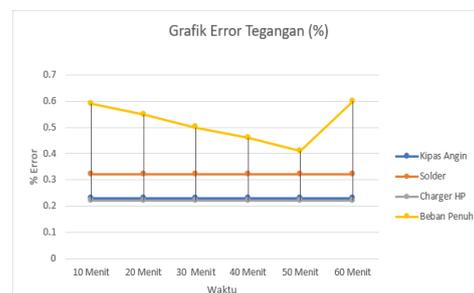
TABEL 10
Hasil Perhitungan Error Beban Charger Hp.

Time (Menit)	V Error (%)	I Error (%)	P Error (%)
10	0,22	0	0,228
20	0,22	0	0,228
30	0,22	8	8,5
40	0,22	0	0,228
50	0,22	8	8,5
60	0,22	8	8,5

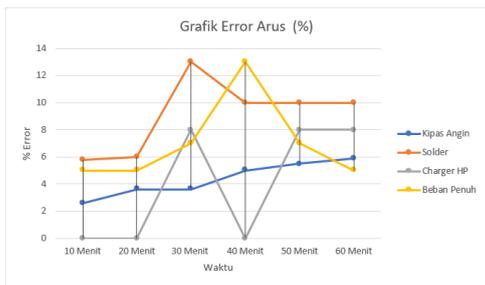
TABEL 11
Hasil Perhitungan Error Beban Penuh.

Time (Menit)	V Error (%)	I Error (%)	P Error (%)
10	0,59	5	4,49
20	0,55	5	4,5
30	0,5	7	7
40	0,46	13	4,6
50	0,41	7	7
60	0,6	5	9

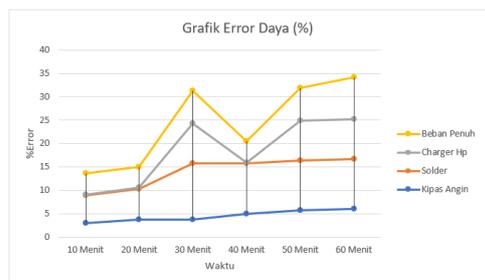
Setelah melakukan perhitungan menggunakan persamaan 1 didapatkan hasil perhitungan berupa nilai error tegangan, arus dan daya dari masing – masing beban, maka dapatkan grafik nilai error. Pada Gambar 8 merupakan grafik nilai error pada tegangan. Untuk grafik nilai error pada arus ditampilkan pada Gambar 9. Dan grafik nilai error daya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 8. Grafik Nilai Error Tegangan pada Pengujian Berbeban.



Gambar 9. Grafik Nilai Error Arus Pengujian Berbeban.



Gambar 10. Grafik Nilai Error Daya Pengujian Berbeban.

D. Hasil Perhitungan Nilai MAPE (Mean Absolute Percentage).

Dari nilai error yang sudah dihitung menggunakan persamaan 1. Maka dapat mencari nilai MAPE (Mean Absolute Percentage) dengan menggunakan perhitungan persamaan 2.

$$MAPE = \frac{\Sigma APE}{\text{Jumlah data}} \quad (2)$$

Hasil perhitungan menggunakan rumus MAPE, dengan mencari nilai error pada persamaan 1, maka perhitungan rata – rata presentase error pada alat yang dibuat didapatkan hasil yang ditampilkan pada tabel 12.

TABEL 12
Hasil Perhitungan MAPE Beban Kipas Angin

Time (Menit)	V Error (%)	I Error (%)	P Error (%)
10	0,23	2,6	2,9
20	0,23	3,6	3,8
30	0,23	3,6	3,8
40	0,23	5	5
50	0,23	5,5	5,7
60	0,23	5,9	6
ΣAPE	1,38	22,6	27,2
MAPE (%)	0,23	3,76	4,53

Pada Tabel 8 dan Tabel 12, ditunjukkan hasil pengujian dengan pemberian beban kipas angin dengan interval waktu selama 10 menit dalam 1 jam dan didapatkan nilai ΣAPE pada tegangan sebesar 1,38%, pada arus sebesar 22,6% serta pada daya sebesar 27,2%. Sedangkan perhitungan MAPE (%) pada tegangan sebesar 0,23%, pada arus sebesar 3,76% dan daya sebesar 4,53%. Data ini merupakan hasil dari perhitungan

nilai MAPE (Mean Absolute Percentage) dengan beban solder yang ditampilkan pada tabel 13.

TABEL 13
Hasil Perhitungan MAPE Beban Solder.

Time (Menit)	V Error (%)	I Error (%)	P Error (%)
10	0,321	5,8	6
20	0,321	6	6,5
30	0,321	13	12
40	0,321	10	10,7
50	0,321	10	10,7
60	0,321	10	10,7
ΣAPE	1,926	54,8	56,6
MAPE (%)	0,321	9,13	9,43

Pada Tabel 9 dan Tabel 13, ditunjukkan hasil pengujian dengan pemberian beban solder dengan interval waktu selama 10 menit dalam 1 jam dan didapatkan nilai ΣAPE pada tegangan sebesar 1,926%, pada arus sebesar 54,8% serta pada daya sebesar 56,6%. Sedangkan perhitungan MAPE (%) pada tegangan sebesar 0,321%, pada arus sebesar 9,13% dan daya sebesar 9,43%. Data ini merupakan hasil dari perhitungan nilai MAPE dengan beban charger Hp yang ditampilkan pada tabel 14.

TABEL 14
Hasil Perhitungan MAPE Beban Charger Hp.

Time (Menit)	V Error (%)	I Error (%)	P Error (%)
10	0,22	0	0,228
20	0,22	0	0,228
30	0,22	8	8,5
40	0,22	0	0,228
50	0,22	8	8,5
60	0,22	8	8,5
ΣAPE	1,32	24	26,18
MAPE (%)	0,22	4	4,36

Pada Tabel 10 dan Tabel 14, ditunjukkan hasil pengujian dengan pemberian beban charger HP dengan interval waktu selama 10 menit dalam 1 jam dan didapatkan nilai ΣAPE pada tegangan sebesar 1,32%, pada arus sebesar 24% serta pada daya sebesar 26,18%. Sedangkan perhitungan MAPE (%) pada tegangan sebesar 0,22%, pada arus sebesar 4% dan daya sebesar 4,36%. Pada Tabel 15 merupakan data perhitungan nilai rata – rata dengan pemberian beban penuh.

TABEL 15
Hasil Perhitungan MAPE Beban Penuh.

Time (Menit)	V Error (%)	I Error (%)	P Error (%)
10	0,59	5	4,49
20	0,55	5	4,5
30	0,5	7	7
40	0,46	13	4,6
50	0,41	7	7
60	0,6	5	9
ΣAPE	3,11	42	36,59
MAPE (%)	0,5	7	6

Pada Tabel 11 dan Tabel 15, ditunjukkan hasil pengujian dengan pemberian beban penuh dengan interval waktu selama 10 menit dalam 1 jam dan didapatkan nilai Σ APE pada tegangan sebesar 3,11 %, pada arus sebesar 42% serta pada daya sebesar 36,59%. Sedangkan perhitungan MAPE (%) pada tegangan sebesar 0,5%, pada arus sebesar 7% dan daya sebesar 6%.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan dan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat monitoring daya listrik pada panel surya berbasis *Internet of Things* menggunakan aplikasi telegram ini bisa berfungsi dengan baik. Alat monitoring ini dapat membaca arus, daya, *power factor*, frekuensi dan energi dari arus yang mengalir ke beban, lalu mengirimkan data secara real-time serta dapat diamati melalui aplikasi Telegram.

Hasil penelitian dengan pengukuran menggunakan sensor dan pemberian beban yang dilakukan sebanyak 6 kali percobaan dalam interval waktu 10 menit selama 1 jam, didapatkan nilai *error* rata – rata (MAPE) pada beban kipas angin untuk tegangan sebesar 0,23%, untuk nilai arus sebesar 3,76% dan pada *error* rata – rata daya sebesar 4,53 %.

Pada pengujian dengan pemberian berupa beban solder didapatkan nilai *error* rata – rata tegangan sebesar 0,321% dan untuk arus sebesar 9,13%, pada daya 9,43%.

Dengan pengujian menggunakan beban berupa charger hp didapatkan nilai rata – rata *error* pada tegangan sebesar 0,22%. Nilai rata – rata *error* pada arus sebesar 4 % dan pada beban ini nilai rata- rata *error* daya sangat besar yaitu 4,36%. Pada perhitung *error* daya pada beban charger menghasilkan nilai MAPE yang besar hal ini disebabkan karena pada beban *charger* hp nilai arus yang terbaca pada sensor Pzem-004t sangat kecil.

Pengujian dengan beban penuh hasil perhitungan MAPE untuk tegangan sebesar 0,5%, untuk rata – rata *error* pada arus sebesar 7% dan pada daya nilai MAPE yaitu 6%.

Monitoring daya listrik pada panel surya berbasis *internet of things* menggunakan aplikasi telegram dengan pemakaian sensor PZEM-004t ini kurang cocok untuk pembacaan nilai arus yang kecil karena akan menghasilkan nilai *error* yang besar, sedangkan pada pembacaan sensor dengan nilai arus yang besar akan menghasilkan *error* yang kecil atau hampir mendekati nilai pengukuran.

REFERENSI

Alipudin, Asep Muhammad, Notosudjono. Didik, dan Fiddiansyah. Dimas Bangun. 2018. *Rancang Bangun Alat Monitoring Biaya Listrik Terpakai Berbasis Internet Of Things (IoT)*. Jurnal SISKOM Universitas Pakuan Bogor, Vol. 1(1).

Ashton, Kevin, dan McFarlane. Duncan. 2003. *Auto ID systems and intelligent manufacturing control*. Jurnal Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 16(4), pp. 365-376.

Hudan. Ivan Safril. 2019. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis Internet Of Things (IoT)*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya, Vol. 8(1), pp. 91-99.

Jokanan. James William. 2022. *Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase Aplikasi Android*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya, Vol 11(1), pp. 47-55.

Kurniawan. Bima. 2020. *Rancang Bangun Sistem Smart Power Untuk Mengontrol Dan Memonitor Energi Listrik Berbasis Internet Of Things (IoT)*. Jurnal Teknik Elektro S1 ITN Malang, Vol. 1(1).

Muliadi, Imran. Al, dan Rasul, Muh. 2020. *Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32*. Jurnal Media Elektrik, Vol. 17(2), pp. 2721–9100.

Nugraha. Azis Wisnu Widhi, Rosyadi. Imron, Nugroho. Fajar Surya Tri, dan Winasis, 2016. *Design Sistem Monitoring Sistem Photovoltaic Berbasis Internet of Things (IoT)*. Jurnal JNTETI Universitas Gajah Mada Bandung, Vol. 5(4).

Prasetyo, Erwan Eko. 2017. *Aplikasi Internet Of Things (Iot) Untuk Pemantauan Dan Pengendalian Beban Listrik Di Ruangan*. Jurnal Teknik STTKD, Vol. 4(2).