

Air Conditioner Power Consumption Monitoring System with Spreadsheet Based Data Storage

[Sistem Monitoring Konsumsi Daya Air Conditioner dengan Penyimpanan Data Berbasis Spreadsheet]

Moh. Nurush Shobah¹⁾, Arief Wisaksono, Ir., MM.²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: ariefwisaksono@umsida.ac.id

Abstract. *Uncontrolled use of air conditioners leads to energy wastage and high electricity costs. Many users have not realized the power consumption pattern due to the lack of monitoring system. This research develops an AC power monitoring system using NodeMCU ESP32 and PZEM-004T sensor. Data is sent and displayed to a spreadsheet and I2C LCD in real-time, for alerts using a buzzer and Telegram notification when consumption exceeds the limit. This system helps users save energy, reduce operational costs, and increase awareness of electricity consumption..*

Keywords - Spreadsheet; Power Consumption; Monitoring; NodeMCU ESP32; PZEM-004T; Telegram

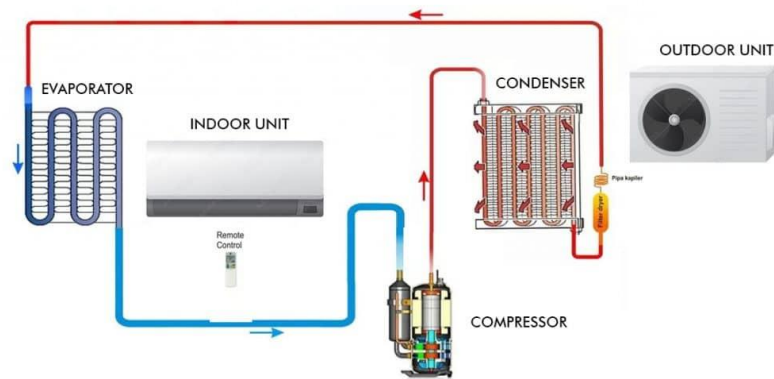
Abstrak. *Penggunaan AC yang tidak terkontrol menyebabkan pemborosan energi dan biaya listrik tinggi. Banyak pengguna belum menyadari pola konsumsi daya karena kurangnya sistem monitoring. Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan daya AC menggunakan NodeMCU ESP32 dan sensor PZEM-004T. Data dikirim dan ditampilkan ke spreadsheet dan LCD I2C secara real-time, untuk peringatan menggunakan buzzer dan notifikasi Telegram saat konsumsi melebihi batas. Sistem ini membantu pengguna menghemat energi, menekan biaya operasional, dan meningkatkan kesadaran konsumsi listrik.*

Kata Kunci – Spreadsheet; Konsumsi Daya; Monitoring; NodeMCU ESP32; PZEM-004T; Telegram

I. PENDAHULUAN

Mesin pendingin adalah perangkat yang berfungsi menurunkan suhu atau membekukan dengan cara mengeluarkan panas dari suatu area, menciptakan lingkungan yang lebih dingin. Proses ini melibatkan siklus pendinginan yang terdiri dari kompresor, evaporator, kondensor, expansion valve dan refrigerant (freon). [1] Kompresor memompakan refrigerant, evaporator menyerap panas dari ruangan dan menghasilkan udara dingin, sementara kondensor membuang panas ke lingkungan luar. Berbagai jenis mesin pendingin mencakup AC untuk mendinginkan udara, kulkas untuk menyimpan makanan, freezer untuk membekukan, water chiller untuk pendinginan menggunakan air, dan cold storage untuk menyimpan barang mudah rusak. Fungsi mesin pendingin sangat penting karena memberikan kenyamanan, mengatur kelembapan, menyaring udara, menjaga kesegaran barang, dan mencegah overheating pada mesin industri [2][3]. Dengan demikian, mesin pendingin memiliki peranan vital dalam kehidupan sehari-hari di rumah tangga maupun industri[4].

Air conditioner (AC) adalah perangkat yang dirancang untuk mendinginkan dan mengatur kelembapan udara di dalam ruangan dengan cara mengeluarkan panas dari udara ke luar[5][6]. Beberapa komponen penting terlibat dalam proses ini. Beberapa di antaranya adalah koil evaporator yang menyerap panas, kompresor yang meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran, dan koil kondensor yang membuang panas ke udara.[7]. Saat udara hangat melewati evaporator, refrigeran menguap dan menyerap panas, kemudian dipadatkan oleh kompresor sebelum dialirkan ke kondensor untuk dibuang[8]. Selain mendinginkan, AC juga mengurangi kelembapan dengan mengondensasi uap air dari udara, sehingga meningkatkan kualitas udara dan kenyamanan. Meskipun AC sangat penting di daerah beriklim panas, kurangnya pemeliharaan rutin dapat menurunkan kinerjanya dan dapat merusak komponen pada AC, sementara keterbatasan dalam pemantauan menyulitkan deteksi masalah yang dapat menyebabkan inkonsistensi dan meningkatkan biaya listrik[9].



Gambar 1. Siklus Pendinginan Air Conditioner

Sangat penting untuk mengawasi konsumsi energi penggunaan *Air Conditioner* (AC), terutama di daerah dengan iklim panas. Meskipun memberikan kenyamanan, konsumsi daya yang tinggi dari AC dapat menyebabkan biaya operasional yang signifikan bagi pengguna. Banyak individu dan perusahaan tidak menyadari berapa banyak energi yang sebenarnya digunakan oleh perangkat ini, sehingga sulit untuk mengelola pengeluaran dengan efektif [10]. Dampak tingginya biaya konsumsi penggunaan AC dapat menyebabkan sejumlah efek negatif yang signifikan. Pertama, pengguna sering kali mengalami stres finansial akibat tagihan listrik yang membengkak, terutama di musim panas ketika penggunaan AC meningkat. Hal ini dapat mengganggu anggaran rumah tangga dan mengurangi kemampuan untuk memenuhi kebutuhan lainnya. Selain itu, penggunaan energi yang tidak efisien dari AC berkontribusi pada peningkatan emisi karbon, memperburuk masalah perubahan iklim dan pencemaran lingkungan. Di tingkat makro, jika banyak pengguna menghadapi masalah yang sama, hal ini dapat menyebabkan lonjakan permintaan energi yang berlebihan. Situasi ini akan memberikan tekanan tambahan pada infrastruktur listrik dan berisiko meningkatkan kemungkinan terjadinya pemadaman listrik. Selain itu, kurangnya sistem monitoring yang efisien membuat pengguna tidak dapat memantau dan menganalisis pola konsumsi daya AC mereka secara real-time. Hal ini berpotensi mengakibatkan pemborosan energi dan biaya yang tidak perlu [11].

Oleh karena itu, sistem monitoring konsumsi daya AC dengan penyimpanan data berbasis spreadsheet sangat penting untuk membantu pengguna memahami dan mengontrol biaya konsumsi listrik mereka, serta mendorong penggunaan energi yang lebih efisien [12]. Dengan sistem ini, pengguna dapat menerima alarm dan peringatan notifikasi telegram ketika konsumsi daya AC mencapai ambang batas tertentu yang telah ditentukan, sehingga dapat mengambil tindakan untuk mengurangi penggunaan atau mematikan perangkat. Selain itu, konsumsi energi dapat disimpan dan dianalisis dalam bentuk data real-time spreadsheet, memungkinkan pengguna untuk melihat pola penggunaan dan biaya secara lebih jelas. Dengan demikian, pengguna akan lebih sadar akan pengeluaran mereka dan dapat melakukan langkah-langkah efisiensi energi yang diperlukan untuk mengurangi biaya operasional AC mereka [13][14].

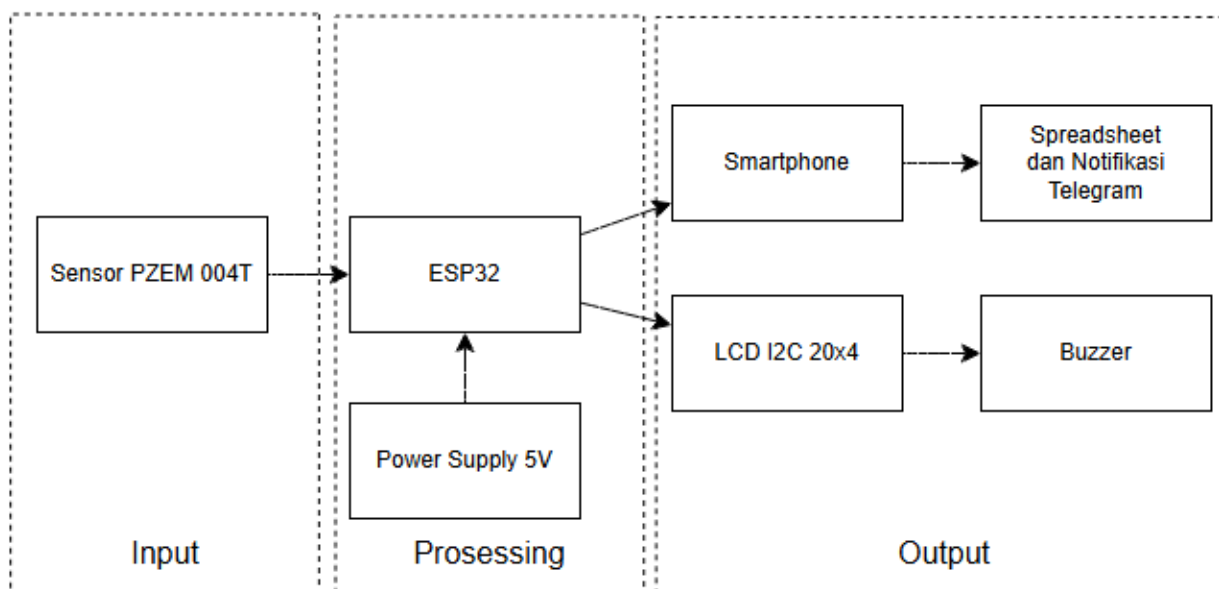
II. METODE

Dalam penelitian ini, peneliti menerapkan pendekatan Research and Development (R&D), yaitu metode penelitian yang berfokus pada proses pengembangan dan evaluasi suatu produk. Pendekatan ini digunakan untuk menentukan tingkat efektivitas produk tersebut serta memastikan produk tersebut dapat mencapai tujuan yang telah ditetapkan. [15]. Beberapa tahapan dalam metode penelitian R&D adalah sebagai berikut :

1. Identifikasi Masalah : mengidentifikasi permasalahan, yaitu penggunaan AC yang tidak terkontrol dapat menyebabkan pemborosan energi dan meningkatkan biaya operasional. Selain itu, masih banyak pengguna yang belum memiliki sistem untuk memantau konsumsi daya secara real-time maupun fitur pengaturan batas penggunaan secara efisien.
2. Studi Literatur : Mengumpulkan sumber informasi yang relevan dengan penelitian saat ini melalui buku, jurnal, karya ilmiah dan sumber-sumber lain dari penelitian terkait untuk mengkaji komponen dan cara kerja alat seperti sensor PZEM 004T, NodeMCU ESP32, Internet of Things, dan aplikasi Spreadsheet secara mendalam sebagai acuan dalam proses penelitian.

3. Perancangan Alat : Perancangan alat ini meliputi penggunaan sensor daya listrik untuk mengukur arus dan tegangan, serta Google Spreadsheet dan notifikasi Telegram untuk memantau konsumsi energi AC, guna mengurangi lonjakan biaya operasional dan pemborosan energi.
4. Pengujian Alat : Pengujian terhadap reliabilitas dan akurasi bertujuan untuk menjamin kinerja alat sesuai dengan sasaran penelitian. Pengujian dilakukan secara berulang untuk memastikan konsistensi hasil dengan variabel yang sama sehingga didapatkan hasil yang konsisten. Hasil pengujian lalu dianalisis dan dilakukan pembahasan secara lebih mendalam.
5. Analisa dan Verifikasi : Dalam hal ini, data dikumpulkan dan dianalisis guna memperoleh informasi yang relevan. Hasil analisis tersebut kemudian dijadikan dasar dalam mengevaluasi performa perangkat yang telah dirancang.
6. Kesimpulan dan Saran : Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan, aktivitas pengumpulan serta pengolahan data, dan pengujian alat, dapat disimpulkan bahwa temuan tersebut dapat menjadi acuan bagi pembaca untuk melakukan perbaikan dan pengembangan lebih lanjut. Hal ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan rekomendasi yang diberikan, yang disesuaikan dengan kelemahan-kelemahan alat yang telah teridentifikasi.

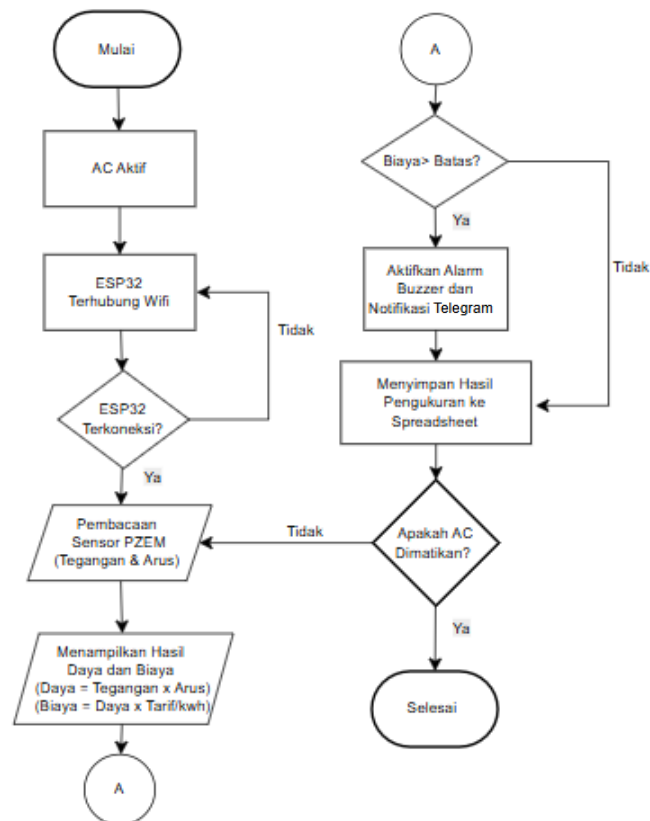
A. Diagram Blok



Gambar 2. Diagram Blok

Dalam penelitian ini, sistem dirancang menggunakan sensor PZEM-004T, yang memiliki fungsi untuk membaca data konsumsi daya listrik *Air Conditioner* (AC), termasuk arus, tegangan, dan daya, kemudian mengirimkan data tersebut ke NodeMCU ESP32 melalui komunikasi serial dan disupply adaptor 5V untuk mengaktifkan. NodeMCU ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengolah data dari sensor, menghitung parameter seperti total konsumsi daya dan biaya listrik, serta mengirimkan data tersebut ke smartphone dan LCD I2C untuk di teruskan secara otomatis ke Alarm Buzzer dan spreadsheet menggunakan koneksi Wi-Fi melalui protokol HTTP atau API. Spreadsheet cloud kemudian menyimpan data secara real-time dalam format tabel untuk memudahkan analisis dan pelaporan, sekaligus menyediakan akses bagi pengguna [16]. Melalui smartphone, pengguna dapat memantau data yang tersimpan di spreadsheet secara langsung, serta menerima notifikasi Telegram jika konsumsi daya melebihi batas yang telah ditentukan.

B. FlowChart

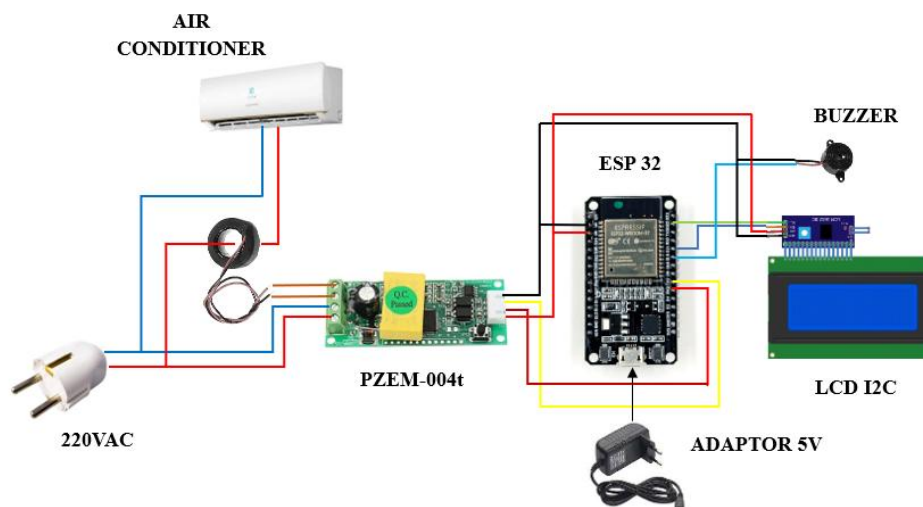


Gambar 3. FlowChart Sistem

Flowchart tersebut menggambarkan alur kerja sistem monitoring konsumsi daya listrik *Air Conditioner* AC secara otomatis menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM. Proses dimulai saat AC dinyalakan, kemudian ESP32 mencoba terhubung ke jaringan WiFi. Jika koneksi berhasil, sistem melanjutkan dengan membaca data tegangan dan arus dari sensor PZEM. Dari data tersebut, sistem menghitung daya listrik menggunakan rumus $\text{Daya} = \text{Tegangan} \times \text{Arus}$, lalu menghitung estimasi biaya berdasarkan rumus $\text{Biaya} = \text{Daya} \times \text{Tarif per kWh}$. Hasil perhitungan daya dan biaya kemudian ditampilkan di LCD I2C. Selanjutnya, sistem memeriksa apakah biaya listrik yang terhitung sudah melampaui ambang batas yang ditetapkan. Jika ya, maka sistem akan mengaktifkan alarm, *buzzer*, serta mengirimkan notifikasi melalui Telegram sebagai peringatan. Setelah itu, data hasil pengukuran disimpan ke spreadsheet untuk pencatatan dan analisis lebih lanjut. Sistem terus memantau hingga mendeteksi bahwa AC telah dimatikan, yang kemudian mengakhiri proses monitoring. Jika AC masih menyala, maka sistem kembali membaca sensor dan proses monitoring berlangsung secara terus-menerus.

C. Wiring Diagram

Wiring diagram dari alat yang dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Wiring Diagram Alat

Wiring diagram tersebut menunjukkan sistem pemantauan penggunaan energi listrik *Air Conditioner* (AC) yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sumber listrik 220VAC, AC, sensor PZEM-004T, mikrokontroler ESP32, LCD I2C, buzzer, dan adaptor 5V. Sumber listrik 220VAC mengalir ke AC melalui jalur fase dan netral, dan sensor PZEM-004T dipasang untuk mengetahui parameter tegangan dan arus listrik yang mengalir ke AC. Sensor ini menggunakan CT (Current Transformer) yang melingkar pada kabel fase untuk mengukur arus secara non-intrusif, sementara pengukuran tegangan dilakukan langsung dari kabel input. Data dari PZEM-004T dikirim ke ESP32 melalui komunikasi serial UART (TX dan RX), dan ground dari kedua modul disambungkan untuk menyamakan referensi tegangan. ESP32 berfungsi sebagai pusat pemrosesan, menghitung daya dan biaya listrik berdasarkan data dari PZEM, lalu menampilkan hasilnya melalui LCD I2C yang terhubung menggunakan jalur komunikasi SDA dan SCL serta suplai VCC dan GND. Jika biaya listrik melebihi ambang batas yang ditentukan, ESP32 akan mengaktifkan *buzzer* melalui salah satu pin digital sebagai alarm. Seluruh sistem mendapatkan suplai daya melalui adaptor 5V yang menghidupkan ESP32 secara terus-menerus. Dengan rangkaian ini, sistem mampu memantau penggunaan daya AC secara real-time dan memberikan peringatan otomatis saat terjadi konsumsi berlebih.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor PZEM 004T

Pengujian sensor PZEM-004T dilakukan untuk mengecek keakuratan pengukuran pembacaan dari sensor dalam mendeteksi nilai arus dan tegangan pada stop kontak. Alat standar pengukuran ampere dan voltage yang digunakan sebagai komparator adalah Multimeter Hioki. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada sensor PZEM-004T.

Tabel 1. Pengujian Pengukuran Nilai Tegangan dari Sensor PZEM-004T

Pengujian ke-	Sensor PZEM-004T (V)	Nilai Multimeter (V)	Selisih (V)	Error Pengukuran (%)
1.	242	241	1	0.41
2.	242.4	241.7	0.7	0.28
3.	243.2	242.3	0.9	0.37
4.	240	241	1	0.41
5.	242.2	241.6	0.6	0.24
Rata – rata Error			0.84	

Tabel 1 menunjukkan perbandingan nilai pembacaan tegangan dari sensor PZEM-004T dan multimeter standar. Hasilnya, PZEM-004T menunjukkan rata-rata error 0.84% pada PZEM-004T yang terpasang di stopkontak. Implikasi dari hasil pengujian ini adalah, sensor PZEM-004T terbilang reliable untuk mengukur nilai tegangan.

Tabel 2. Pengujian Pembacaan Arus oleh Sensor PZEM-004T

Pengujian ke-	Sensor PZEM-004T (A)	Nilai Multimeter (A)	Selisih (A)	Error Pengukuran(%)
1.	1.0	1.0	0	0
2.	0.9	1.0	0.1	0.1
3.	1.1	1.0	0.1	0.1
4.	1.0	0.9	0.1	0.1
5.	1.1	1.1	0	0
Rata – rata Error			0.6	

Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai pembacaan arus dari sensor PZEM-004T dan multimeter standar. Hasilnya, PZEM-004T menunjukkan rata-rata error 0.6% pada PZEM-004T yang terpasang di beban stopkontak. Implikasi dari hasil uji coba ini adalah, sensor PZEM-004T terbilang reliable untuk mengukur nilai ampere pada suatu beban.

B. Pengujian LCD I2C 20x4

Pengujian LCD I2C 20x4 untuk memastikan bahwa data pembacaan sensor PZEM-004T dapat tampil dengan baik dan dibaca dengan jelas oleh pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD I2C 20x4 dapat menampilkan 4 baris data teks dan angka. Semua angka pembacaan ditampilkan dalam bentuk desimal.



Gambar 5. Hasil Tampilan pada LCD I2C 20x4

Gambar 5 merupakan tampilan yang menunjukkan hasil pengukuran konsumsi listrik secara real-time. Baris pertama menampilkan nilai tegangan 237.3 V dan arus 4.20 A. Baris kedua menampilkan daya (Power) sebesar 966.4 Watt, yaitu hasil perkalian antara tegangan dan arus. Baris ketiga menampilkan energi (Energy) sebesar 51 Wh (Watt-hour), yang merupakan akumulasi penggunaan daya terhadap waktu. Baris keempat menunjukkan biaya (Cost) sebesar Rp. 74, yaitu estimasi biaya listrik berdasarkan tarif yang telah ditentukan dalam program (misalnya Rp. 1.450 per kWh).

C. Pengujian Pengiriman Data ke Google Spreadsheet

Pengujian pengiriman data hasil pembacaan alat ke Google Spreadsheet ditujukan untuk mengetahui delay antara waktu pembacaan dengan pengiriman.

1	TANGGAL	JAM	VOLTASE	ARUS	DAYA	KWH	BIAYA
253	02/07/2025	22:18:20	236.20	4.27	983.80	0.95	Rp1371.70
254	02/07/2025	22:18:34	236.30	4.28	984.70	0.95	Rp1378.95
255	02/07/2025	22:18:47	236.30	4.28	984.20	0.95	Rp1384.75
256	02/07/2025	22:19:02	236.00	4.28	983.10	0.96	Rp1390.55
257	02/07/2025	22:19:16	236.00	4.28	982.80	0.96	Rp1396.35
258	02/07/2025	22:19:29	235.90	4.28	983.70	0.97	Rp1400.70
259	02/07/2025	22:19:43	235.90	4.27	981.80	0.97	Rp1406.50
260	02/07/2025	22:19:57	236.30	4.28	985.40	0.97	Rp1412.30
261	02/07/2025	22:20:11	236.30	4.28	983.50	0.98	Rp1416.65
262	02/07/2025	22:20:26	236.40	4.27	983.40	0.98	Rp1423.90
263	02/07/2025	22:20:41	236.30	4.26	980.50	0.99	Rp1428.25
264	02/07/2025	22:20:55	236.20	4.26	980.40	0.99	Rp1434.05
265	02/07/2025	22:21:08	236.80	4.27	982.50	0.99	Rp1439.85
266	02/07/2025	22:21:24	236.50	4.27	982.50	1.00	Rp1445.65
267	02/07/2025	22:21:38	236.70	4.27	982.30	1.00	Rp1451.45

Gambar 6. Hasil Tampilan pada Spreadsheet

Gambar 6 tersebut menunjukkan tabel hasil pemantauan konsumsi listrik AC secara berkala, yang mencatat tanggal, waktu dan nilai-nilai kelistrikan seperti tegangan (V), arus (A), daya (W), energi terpakai (kWh), dan total biaya listrik.. Setiap baris merepresentasikan data pada satu waktu tertentu, di mana energi yang digunakan terus bertambah dan biaya listrik dihitung otomatis berdasarkan pemakaian kWh.

Tabel 3. Pengujian Pengiriman Data ke Google Spreadsheet

Pengujian ke-	Kondisi Data	Waktu Tunggu(s)	Kecepatan Respon
1.	Sent	10	CEPAT
2.	Sent	9	CEPAT
3.	Sent	11	CEPAT
4.	Sent	13	SEDANG
5.	Sent	14	SEDANG
6.	Sent	10	CEPAT
7.	Sent	11	CEPAT
8.	Sent	11	CEPAT
9.	Sent	13	SEDANG
10.	Sent	14	SEDANG
Rata – rata Delay			12

Tabel 3 menunjukkan rata-rata delay antara pembacaan alat yang tampil pada LCD I2C 20x4 dengan penerimaan data dari Google Spreadsheet yaitu kurang dari 10 detik yang tergolong cepat sehingga memudahkan pengguna untuk mendapatkan data real-time dengan cukup akurat.

D. Pengujian Pengiriman Tampilan pada Telegram



Gambar 7. Tampilan Notifikasi Alarm Telegram

Gambar 7 merupakan tampilan dari aplikasi Telegram yang menerima notifikasi jika konsumsi daya melebihi batas yang telah ditentukan dari pengguna. User hanya menerima notifikasi dari Bot Telegram tersebut jika sudah melewati ambang batas yang ditentukan dan mengirimkan ke user tanpa user meminta.

E. Hasil Pengujian Alat

Tabel 4. Data Hasil Monitoring pada Google Spreadsheet

No	Waktu			Hasil			
	Tanggal	Jam	Lama Pemakaian	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (kWh)	Biaya (Rp)
1	02/07/2025	21.17	1 jam	236 V	4.27 A	1 kWh	Rp.1451.45
2	06/07/2025	00.46	2 jam	237 V	4.12 A	1.67 kWh	Rp2425.85
3	06/07/2025	02.46	4 jam	239 V	4.12 A	3.22 kWh	Rp4676.25
4	06/07/2025	04.46	6 jam	235 V	4.06 A	4.73 kWh	Rp.6854.15
5	06/07/2025	06.46	8 jam	238 V	3.98 A	6.17 kWh	Rp8952.30
6	06/07/2025	08.46	10 jam	239 V	4.08 A	7.69 kWh	Rp11144.70
7	06/07/2025	10.46	12 jam	237 V	4.16 A	9.26 kWh	Rp.13432.80
8	06/07/2025	12.46	14 jam	237 V	3.99 A	10.80 kWh	Rp15657.10
9	06/07/2025	14.46	16 jam	239 V	4.15 A	12.38 kWh	Rp17952.90
10	06/07/2025	18.46	20 jam 16 menit	240 V	4.09 A	15.47 kWh	Rp.22424.25

Tabel 4 tersebut merupakan hasil pemantauan sistem konsumsi daya listrik dari unit *Air Conditioner* (AC) yang mencatat data secara berkala berdasarkan waktu penggunaan. Informasi yang ditampilkan meliputi tanggal dan jam penggunaan, durasi pemakaian AC, tegangan listrik (V), arus listrik (A), jumlah daya yang dikonsumsi (kWh), dan biaya pemakaian listrik dalam Rupiah (Rp). Dari data tersebut terlihat bahwa semakin lama AC digunakan, konsumsi daya listrik (kWh) dan biaya yang ditimbulkan ikut meningkat. Tegangan berada di kisaran 235–240 volt dan arus berkisar antara 3.98–4.27 ampere, yang menunjukkan bahwa sistem kelistrikan relatif stabil selama periode penggunaan. Daya listrik yang tercatat terus bertambah sesuai akumulasi durasi, dari 1 kWh hingga lebih dari 15 kWh pada penggunaan paling lama. Biaya listrik yang dikeluarkan pun meningkat seiring pertambahan waktu penggunaan.

Sistem monitoring konsumsi daya AC yang dikembangkan terbukti mampu mengukur dan mengirimkan data tegangan, arus, dan daya listrik ke Google Spreadsheets secara real-time dengan tingkat akurasi yang baik. Data harga penggunaan daya juga terintegrasi dengan baik ke dalam sistem monitoring. Konektivitas WiFi menjadi faktor penting dalam kecepatan pengiriman data. Dengan jaringan yang stabil, data dapat dikirim dengan rata-rata delay kurang dari 10 detik. Fungsi *buzzer* dan notifikasi Telegram bekerja dengan efektif memberikan peringatan saat daya sudah mencapai ambang batas tertentu, sesuai dengan skenario perancangan.

Dengan Google Spreadsheets, data dapat diakses secara fleksibel, tanpa batasan waktu dan tempat. Selain itu, fitur pencatatan historis memungkinkan untuk memeriksa pola penggunaan AC secara berkala. Oleh karena itu, sistem Pemantauan seperti ini sangat bermanfaat untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan AC, membantu pengguna mengendalikan pemakaian energi secara tepat guna, dan memperkirakan biaya listrik dengan lebih akurat.



TANGGAL	JAM	VOLTASE	ARUS	DAYA	KWH	BIAYA
06/07/2025	19:00:03	240.60	04.03	928.20	15.43	Rp22367.70

Gambar 8. Perbandingan tampilan LCD, *Digital Clamp* dan Spreadsheet

Gambar 8 tersebut menunjukkan perbandingan hasil pengukuran antara alat monitoring konsumsi daya AC dengan tampilan LCD I2C, multimeter digital clamp, dan data rekap otomatis pada spreadsheet. Tampilan LCD I2C menunjukkan pembacaan secara langsung, mencakup tegangan 240.6 V, arus 4.64 A, serta daya 920.5 W, energi 15.421 kWh, dan biaya Rp22.367,70. Multimeter digital clamp mencatat tegangan 240.0 V dan arus 4.08 A, namun tidak menunjukkan data daya, energi, atau biaya. Sementara itu, spreadsheet mencatat data serupa dengan LCD I2C, yaitu tegangan 240.60 V, arus 4.03 A, daya 928.20 W, energi 15.43 kWh, dan biaya yang sama sebesar Rp22.367,70. Hasil ini menunjukkan bahwa alat monitoring dan sistem pencatatan otomatis bekerja cukup akurat dan konsisten, meskipun terdapat sedikit perbedaan nilai arus dibanding multimeter.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian dan pengujian menunjukkan bahwa sistem pengawasan konsumsi daya *Air Conditioner* (AC) berbasis ESP32 dan sensor PZEM-004T, yang menggunakan Google Spreadsheets sebagai penyimpan data, dirancang dan berfungsi dengan baik. Sistem ini mampu membaca parameter tegangan, arus, dan daya AC secara realtime dan mengirimkan data tersebut secara akurat dan stabil ke Google Spreadsheets.

Fitur alarm *buzzer* dan notifikasi pesan Telegram berhasil memberikan peringatan jika sudah mencapai ambang batas yang ditentukan oleh pengguna, sehingga mencegah pemborosan energi berlebihan pada AC. Konektivitas WiFi berperan penting dalam kecepatan pengiriman data, dengan rata-rata delay kurang dari 13 detik. Sistem ini sangat mendukung transparansi dan efisiensi penggunaan konsumsi daya AC Split wall di industri maupun rumahan, serta dapat dijadikan solusi untuk manajemen konsumsi energi terintegrasi melalui sistem Internet of Things.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam mendukung pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga memberikan apresiasi tinggi kepada Laboratorium IMEI Team atas penyediaan sarana dan fasilitas yang sangat membantu selama berlangsungnya penelitian. Ucapan terimakasih turut ditujukan kepada dosen pembimbing serta semua anggota IMEI Team atas segala bentuk dukungan dan partisipasi, baik bersifat material maupun non-material. Segala bentuk bantuan dan kerja sama yang diberikan sangat mendukung kelancaran dan keberhasilan penelitian ini hingga dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] P. Akhir, T. Udara, J. T. Mesin, and P. N. Bali, "PENGEMBANGAN KONTROL AC TIPE SPLIT DENGAN SENSOR INFRAMERAH DAN IOT," 2023.
- [2] G. Gunawan, E. Setiyadi, H. Maulana, M. Amin Bakri, and S. Supratno, "Sistem Monitoring Air Berbasis Internet of Things," *Natl. Conf. Ind. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 103–107, 2022.
- [3] H. Isyanto, W. Ibrahim, and P. Mashuri, "Rancang Bangun Smart AC Portable Berbasis Internet of Things (IoT)," vol. 4, no. 2, pp. 137–146.
- [4] Danang Danang and Mat Toyib, "Analisa Trouble Shooting Air Conditioner Nippon Denso Pada Unit Scania P380 Menggunakan Microcontroler," *J. Publ. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 34–44, 2021, doi: 10.55606/jupti.v1i1.93.
- [5] Wisaksono, Arief, Hardimentis Marwan, and Rimni Alogo. "Dasar–Dasar Air Conditioner (AC) Split."

- Umsida Press (2024): 1-57.
- [6] I. M. M. Parwita, "Sistem Monitoring Kondisi AC untuk Menentukan Waktu Servis Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor," pp. 148–158, 2024.
 - [7] A. Fakhruddin, S. Supriyadi, and A. Burhanudin, "Sistem Kerja Mesin Pendingin Sebagai Media Pembelajaran Praktikum Teknik Refrigerasi," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 21, no. 1, pp. 28–33, 2021.
 - [8] G. Agatha, A. Setyawan, and T. Sutandi, "Simulasi Pengaruh Variasi Temperatur Evaporasi Terhadap Kinerja Sistem Air Conditioning dengan Refrigeran R-410a Menggunakan Aplikasi Coolpack," *Pros. 11th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 26–27, 2020.
 - [9] Wisaksono, Arief, and Rachmad Aditya Pratama. "Kontrol Kursi Roda menggunakan Sinyal Suara melalui Bluetooth." *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol. 1. No. 1. 2023
 - [10] M. A. Rozaq, I. H. B. Sukoco, and D. Nugroho, "ANALISA PENGARUH SETTING SUHU AIR CONDITIONER TERHADAP KONSUMSI ENERGI LISTRIK PADA AIR CONDITIONER KAPASITAS 5 PK TYPE PSF 5001," pp. 354–369, 2019.
 - [11] Tukadi, W. Widodo, M. Ruswiensari, and A. Qomar, "Monitoring Pemakaian Daya Listrik Secara Realtime Berbasis Internet Of Things," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. VII 2019*, pp. 581–586, 2019, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/download/659/468>
 - [12] H. Rahman and D. Handaya, "Prototype Sistem Monitoring Energi Listrik untuk AC Split Berbasis NodeMCU dan Internet of Things," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 6, no. 1, p. 25, 2021, doi: 10.31544/jtera.v6.i1.2021.25-30.
 - [13] J. Lianda, D. Handarly, and A. Adam, "Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Jarak Jauh Berbasis Internet of Things," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 4, no. 1, p. 79, 2019, doi: 10.31544/jtera.v4.i1.2019.79-84.
 - [14] Hadidjaja, D., et al. "Bluetooth implementation on automation of Android-based gate doors." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 1098. No. 4. IOP Publishing, 2021.
 - [15] D. S. Ruhansih, "EFEKTIVITAS STRATEGI BIMBINGAN TEISTIK UNTUK PENGEMBANGAN RELIGIUSITAS REMAJA (Penelitian Kuasi Eksperimen Terhadap Peserta Didik Kelas X SMA Nugraha Bandung Tahun Ajaran 2014/2015)," *QUANTA J. Kaji. Bimbing. dan Konseling dalam Pendidik.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2017, doi: 10.22460/q.v1i1p1-10.497.
 - [16] W. A. Prasetyo, A. Wisaksono, and I. Sulistiyowati, "Google Sheet-based Monitoring of Screw Turbine Pico Hydro Power Plant on Masangan Wetan Village's River Flow," *Procedia Eng. Life Sci.*, vol. 3, no. December, 2023, doi: 10.21070/pels.v3i0.1348.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.