

STUDI PERBANDINGAN EFISIENSI ENERGI DAN BIAYA OPERASIONAL KOMPOR INDUKSI DAN LPG BERBASIS IOT

A.Andriani¹, H.C Soetanto², G.K. Sandy³, I. N. S. Kumara⁴, W. G. Ariastina⁵

^{1,2,3}Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{4,5}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Kec. Kuta Sel., Kabupaten Badung, Bali

astridandriani02@gmail.com¹, hendy22clarence@gmail.com²,

gregoriuskrisnasandy@gmail.com³, satya.kumara@unud.ac.id⁴, w.ariastina@unud.ac.id⁵

ABSTRAK

Penelitian ini merancang sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk kompor induksi 2 kW dan kompor LPG 2 kW guna mendukung kebijakan transisi energi Indonesia menuju *Net Zero Emission* 2060. Sistem ini menggunakan Arduino Mega 2560 dengan ESP8266, sensor PZEM-004T, termokopel tipe K, load cell, dan *platform* Blynk. Data tegangan, arus, daya, suhu, massa gas, serta waktu operasi dipantau secara real-time, disimpan ke SD card, ditampilkan di LCD, dan dikirim ke aplikasi daring untuk analisis. Fitur keamanan berupa pemutusan listrik atau gas jarak jauh dan notifikasi saat kompor aktif juga diimplementasikan. Pengujian menunjukkan kompor induksi lebih efisien, memanaskan 400 ml minyak goreng dalam 193 detik dengan 0,06 kWh, sedangkan kompor LPG memerlukan 281 detik dengan 19,18 gram gas. Analisis biaya operasi menegaskan kompor induksi lebih ekonomis (Rp 101,97) dibanding LPG bersubsidi (Rp 159,87), mengindikasikan investasi jangka panjang kompor induksi lebih menguntungkan.

Kata Kunci: Sistem *monitoring*, IoT, Kompor induksi, Kompor LPG, Efisiensi energi, Analisis biaya.

ABSTRACT

This study designs an Internet of Things (IoT)-based monitoring system for 2 kW induction and 2 kW LPG stoves, supporting Indonesia's 2060 Net Zero Emission energy transition policy. Utilizing Arduino Mega 2560 with ESP8266, PZEM-004T sensor, K-type thermocouple, load cell, and Blynk platform, the system provides real-time monitoring of voltage, current, power, temperature, gas mass, and operating time. Data is accessible via a mobile application and stored on an SD card for analysis. Safety features include remote electricity/gas cut-off and active stove notifications. Testing reveals the induction stove's higher efficiency, heating 400 ml of cooking oil in 193 seconds with 0.06 kWh, compared to the LPG stove's 281 seconds with 19.18 grams of gas. Operational cost analysis indicates the induction stove is more economical (Rp 101.97) than subsidized LPG (Rp 159.87), suggesting a more favorable long-term investment for induction technology. By facilitating data collection, remote control, and review, the proposed system allows for evaluation of both technical and economic efficiencies. This study offers an IoT based technical solution and economic assessment that support the national policy shift toward induction stove.

Keywords: Monitoring system, IoT, Induction stove, LPG stove, Energy efficiency, Cost analy

1. PENDAHULUAN

Perkembangan Teknologi modern telah mengubah peralatan rumah tangga, di mana kompor LPG dan kompor induksi menjadi pilihan utama. Kompor LPG unggul karena biaya awal dan ketersediaannya, namun berisiko kebocoran dan emisi. Sebaliknya, kompor induksi lebih efisien dan

aman karena tidak menggunakan api, meskipun investasinya lebih mahal dan butuh peralatan khusus [1], [2].

Kebutuhan akan efisiensi dan keamanan memicu pengembangan sistem *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT). IoT memungkinkan pemantauan konsumsi energi (listrik/gas), suhu, dan potensi

bahaya secara *real-time* [3]. Data ini penting untuk mengoptimalkan penggunaan energi, mendeteksi masalah, dan membantu pengguna membuat keputusan finansial yang lebih baik.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan merancang sistem *monitoring* IoT untuk kompor induksi dan LPG. Sistem ini akan mengumpulkan data sensor, mengirimkannya ke *cloud*, dan menampilkannya melalui aplikasi seluler. Studi ini juga akan membandingkan biaya operasi dan investasi kedua kompor untuk memberikan panduan bagi konsumen, dengan harapan dapat mewujudkan rumah tangga yang lebih efisien, aman, dan cerdas.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Mutakhir

Perkembangan sistem *monitoring* kompor dan transisi energi menunjukkan tren penggunaan teknologi IoT, seperti LoRaWAN atau NB-IoT, untuk pemantauan konsumsi energi secara efisien dan personal [4], [5]. Inovasi ini didorong oleh kebijakan *Net Zero Emission* [6] yang mendorong integrasi perangkat rumah tangga dengan *smart grid*. Meskipun menghadapi tantangan privasi dan keamanan siber, teknologi sensor terus berkembang. Adopsi kompor induksi juga meningkat berkat material panci yang lebih terjangkau dan kesadaran masyarakat [6]. Penelitian ini memperluas kajian sebelumnya dengan menggabungkan *monitoring* kompor induksi dan LPG, serta analisis biaya komprehensif.

2.2 Kompor Induksi

Kompor induksi adalah jenis kompor listrik yang memanaskan peralatan masak secara langsung menggunakan induksi elektromagnetik [7]. Keunggulannya adalah efisiensi energi yang tinggi, pemanasan cepat, dan keamanan karena permukaan kompor tidak ikut panas secara signifikan. Namun, kompor induksi memerlukan peralatan masak khusus yang kompatibel dengan induksi [8].

2.3 Kompor LPG

Kompor LPG (*Liquid Petroleum Gas*) adalah kompor yang menggunakan gas

elpiji sebagai bahan bakar [9]. Kompor ini umum karena ketersediaan gas dan biaya awal yang terjangkau. Meskipun demikian, penggunaan kompor LPG memerlukan perhatian khusus terhadap risiko kebocoran gas yang dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan, serta emisi gas buang [10].

2.4 Arduino Mega 2560 Built-In ESP8266

Arduino Mega 2560 *Built-In* ESP8266 merupakan mikrokontroler yang menggabungkan kemampuan pemrosesan kuat dari Arduino Mega 2560 dengan modul Wi-Fi ESP8266 [11]. Kombinasi ini menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi IoT yang membutuhkan banyak pin I/O dan konektivitas nirkabel.

2.5 Perhitungan Pemakaian Energi Listrik dan Gas

Persamaan yang akan digunakan untuk mengetahui perbedaan dalam penggunaan kompor LPG dan kompor induksi dalam penelitian ini yaitu antara lain:

1. Biaya Pemakaian Listrik

Untuk menghitung besarnya biaya pemakaian listrik pada penggunaan kompor induksi selama uji coba seperti persamaan 1 sebagai berikut [12]:

$$\text{Biaya} = \text{Energi listrik terpakai (kWh)} \times \text{Tarif Listrik (Rp/kWh)} \dots \dots \dots (1)$$

2. Biaya Pemakaian Gas

Untuk menghitung besarnya biaya pemakaian gas pada penggunaan kompor induksi selama uji coba seperti persamaan 2 [13].

$$\text{Biaya} = (M_{\text{Awal}} - M_{\text{Akhir}}) \times \frac{Rp_{\text{Gas}}}{M_{\text{Gas}}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana,

M_{Awal} : Massa awal gas sebelum penggunaan (kg)

M_{Akhir} : Massa akhir gas setelah penggunaan (kg)

Rp_{Gas} : Harga tabung gas dipasaran (Rp)

M_{Gas} : Berat bersih tabung gas dipasaran (kg)

2.6 Perbandingan Biaya Operasi dan Investasi

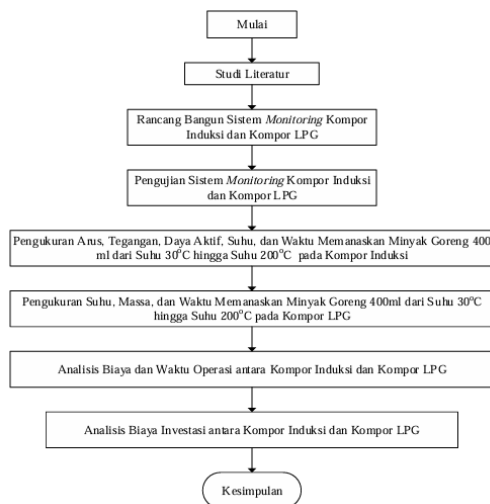
Analisis finansial ini mengevaluasi pengeluaran awal (investasi) dan biaya berkelanjutan (operasi) dari dua atau lebih pilihan [14]. Ini krusial dalam pengambilan keputusan strategis terkait pemilihan kompor, mempertimbangkan harga beli, biaya listrik/gas, dan perawatan [14].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan eksperimental untuk merancang, membangun, menguji sistem *monitoring* kompor induksi dan LPG berbasis IoT, serta melakukan analisis komparatif biaya operasi dan investasi.

3.1 Tahapan Penelitian

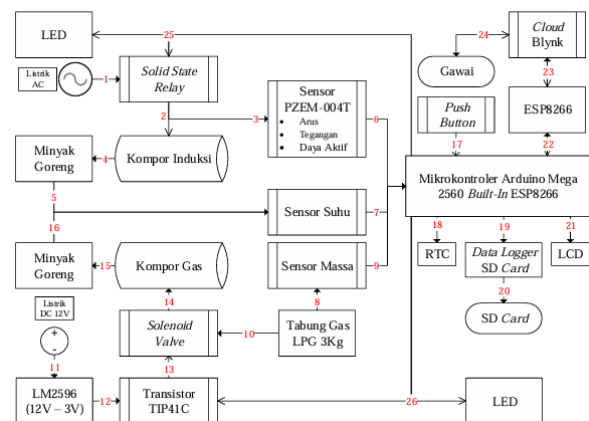
Penelitian ini mengadopsi pendekatan eksperimental untuk merancang, membangun, menguji sistem *monitoring* kompor induksi dan LPG berbasis IoT, serta melakukan analisis komparatif biaya operasi dan investasi.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

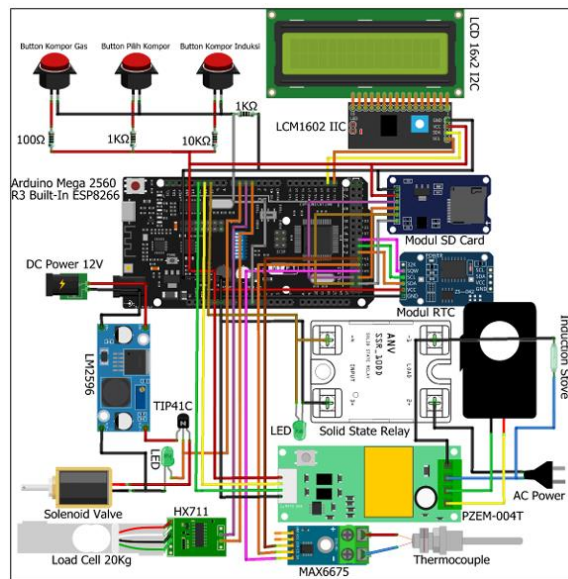
Berdasarkan gambar 1 terkait *flow* diagram penelitian. Jenis dan analisisnya, penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk

mengumpulkan dan mengkaji informasi dari berbagai sumber, sehingga terbentuk landasan teori yang kuat. Setelah itu, peneliti merancang dan membangun sistem monitoring yang mampu mengumpulkan data dari kompor induksi dan kompor LPG. Sistem yang telah dibuat kemudian diuji untuk memastikan keakuratannya sebelum digunakan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Skematik Rancangan Sistem Monitoring pada Kompor Induksi dan Kompor LPG

Proses pengumpulan data dilakukan melalui dua skenario terpisah. Untuk kompor induksi, peneliti mengukur arus, tegangan, daya aktif, suhu, dan waktu saat memanaskan 400 ml minyak goreng dari suhu 30°C hingga 200°C. Sementara itu, untuk kompor LPG, parameter yang diukur adalah suhu, massa bahan bakar, dan waktu untuk proses pemanasan yang sama. Massa diukur untuk menghitung konsumsi gas yang digunakan selama percobaan sesuai dengan skema perancangan pada gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Alat Sistem Monitoring Kompor Induksi dan Kompor LPG Berbasis IoT

Seluruh data yang berhasil dikumpulkan kemudian dianalisis. Analisis pertama adalah perbandingan biaya dan waktu operasional antara kedua kompor untuk melihat mana yang lebih efisien dalam penggunaan sehari-hari. Analisis kedua berfokus pada perbandingan biaya investasi awal, seperti harga beli kompor dan perlengkapannya. Tahap akhir dari penelitian ini adalah merumuskan kesimpulan yang komprehensif berdasarkan hasil dari kedua analisis tersebut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem *monitoring* kompor induksi dan kompor LPG berbasis IoT dirancang untuk memantau dan merekam secara *real-time* parameter saat memanaskan 400 ml minyak goreng dari 30°C hingga 200°C dengan parameter yang dicatat meliputi tegangan, arus, daya aktif, suhu, massa, dan waktu, yang kemudian dianalisis untuk mengetahui biaya dan waktu operasi serta investasi dari kedua jenis kompor. Sistem ini menggunakan Arduino Mega 2560 dengan ESP8266 sebagai pengolah data dari sensor dan modul, serta terhubung dengan aplikasi Blynk untuk *monitoring* dan kontrol *online*.

4.1 Desain Sistem *Monitoring* Kompor Induksi dan LPG Berbasis IoT

Sistem *monitoring* dirancang dan diimplementasikan untuk kedua jenis kompor. Skema rancangannya secara umum dapat dilihat pada Gambar 2. Sementara itu, Gambar 3 menunjukkan detail implementasi pada kompor induksi, di mana sensor PZEM-004T terintegrasi pada jalur catu daya utama untuk memantau tegangan, arus, dan daya listrik secara *real-time*. Untuk kompor LPG, konsumsi gas diukur secara akurat menggunakan load cell yang diletakkan di bawah tabung gas. Kedua subsistem ini juga dilengkapi dengan termokopel tipe K untuk mengukur suhu cairan atau minyak goreng yang dipanaskan.

Data dari sensor-sensor ini diakuisisi oleh mikrokontroler Arduino Mega 2560 built-in ESP8266. Mikrokontroler kemudian memproses data dan mengirimkannya secara nirkabel ke *platform* Blynk [16], [43]. Melalui aplikasi Blynk di *smartphone*, pengguna dapat memantau data secara *real-time*, melihat riwayat penggunaan, dan menganalisis pola konsumsi. Selain fungsi *monitoring*, sistem ini dilengkapi fitur keamanan: kontrol jarak jauh melalui Blynk memungkinkan pemutusan aliran listrik (untuk kompor induksi melalui SSR) atau

aliran gas (untuk kompor LPG melalui *solenoid valve*) secara instan. Notifikasi juga dikirimkan ke aplikasi saat kompor aktif atau terdeteksi anomali.

4.2 Uji Fungsi Sistem Monitoring Kompor Induksi dan LPG Berbasis IoT

Sistem *monitoring* kompor induksi dan kompor LPG berbasis IoT diuji dengan memantau pemanasan 400 ml minyak goreng dari 30°C hingga 200°C menggunakan kedua jenis kompor. Tujuan pengujian adalah untuk mengevaluasi kinerja sistem *monitoring* yang terdiri dari sensor PZEM-004T, *load cell* 20 kg, termokopel tipe K, dengan

membandingkannya terhadap alat ukur lain untuk mengetahui persentase penyimpangan. Selain itu, pengujian dilakukan pada modul penyimpanan data SD card dan *platform* Blynk untuk memastikan sistem bekerja sesuai algoritma yang dirancang.

Pengujian fungsionalitas dilakukan secara komprehensif untuk memastikan setiap komponen dan keseluruhan sistem bekerja sesuai spesifikasi. Pengujian PZEM-004T dilakukan saat memanaskan 400 ml minyak goreng dari 30°C hingga 200°C selama 180 detik. Hasil pengukuran dibandingkan dengan AVO meter dan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor PZEM-004T dengan AVO Meter

Waktu (Detik)	Tegangan (V)		Arus (A)		Daya (W)	
	AVO Meter	Sensor	AVO Meter	Sensor	AVO Meter	Sensor
00	220	222,1	4,02	4,20	884,4	928,8
20	220	221,5	5,17	5,37	1137,4	1185,9
40	220	221,6	5,14	5,35	1130,8	1181,8
60	220	221,7	5,18	5,40	1139,6	1192,3
80	220	221,3	5,15	5,36	1133,0	1183,1
100	220	221,4	5,13	5,35	1128,6	1180,5
120	219	220,1	5,22	5,41	1184,8	1185,8
140	220	221,4	5,13	5,36	1128,6	1183,0
160	220	221,3	5,15	5,31	1133,0	1173,6
180	219	220,9	5,17	5,40	1132,2	1189,6

Dari data hasil pengujian pada Tabel 1, untuk mendapatkan persentase penyimpangan digunakan persamaan 1 [13]. dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Penyimpangan} = \left| \frac{\text{nilai pembacaan sensor} - \text{nilai alat ukur}}{\text{nilai pembacaan alat ukur}} \right| \times 100$$

$$\text{Penyimpangan} = \left| \frac{222,1 \text{ V} - 220 \text{ V}}{220 \text{ V}} \right| \times 100$$

$$\text{Penyimpangan} = \left| \frac{2,1 \text{ V}}{220 \text{ V}} \right| \times 100$$

$$\text{Penyimpangan} = 0,0095 \times 100$$

$$\text{Penyimpangan} = 0,95\%$$

Dengan perhitungan diatas, maka hasil persentase penyimpangan sensor PZEM-004T dalam satu kali pengujian memanaskan minyak goreng 400 ml dari suhu 30°C hingga 200°C selama 180 detik terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Persentase Penyimpangan Sensor PZEM-004T dengan AVO Meter

PERSENTASE PENYIMPANGAN (%)			
Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
00	0,955	4,478	5,020
20	0,682	3,868	4,264
40	0,727	4,086	4,510
60	0,773	4,247	4,624
80	0,591	4,078	4,422
100	0,636	4,288	4,599
120	0,502	3,640	0,084
140	0,636	4,483	4,820
160	0,591	3,107	3,583
180	0,868	4,449	5,070
Rata-rata	0,696	4,072	4,100
Rata-rata Keseluruhan	1,956		

Berdasarkan Tabel 2, persentase penyimpangan pengukuran PZEM-004T terhadap AVO meter adalah 0,6% untuk tegangan, 4% untuk arus, dan 4,1% untuk daya, dengan rata-rata penyimpangan 1,95%. Hasil ini menunjukkan bahwa PZEM-004T memiliki akurasi yang cukup baik

dalam mengukur parameter listrik dibandingkan AVO meter. Perbedaan kecil yang muncul kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan sensor, alat ukur, atau metode pengambilan data. Namun demikian, PZEM-004T tetap layak digunakan untuk pemantauan daya secara *real-time*, dengan mempertimbangkan faktor koreksi error.

Pengujian fungsional *load cell* 20 kg dilakukan satu kali dengan berbagai variasi beban, kemudian hasil pengukuran dibandingkan dengan timbangan digital. Selisih massa dihitung dan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian dan Perhitungan Perbedaan Massa pada Sensor *Load Cell* 20 kg dengan Timbangan

Massa (g)		
Timbangan	Sensor	Penyimpangan
250,7	249,43	1,27
290,1	289,14	0,96
428,0	426,99	1,01
500,2	497,28	2,92
750,2	748,92	1,28
1.000,0	997,05	2,95
1.044,5	1.043,36	1,14
1.950,0	1.947,15	2,85
Rentang Penyimpangan Massa		0,96 – 2,95

Berdasarkan Tabel 3, penyimpangan massa tertinggi antara timbangan digital dan *load cell* 20 kg adalah 2,95 g. Mengacu pada spesifikasinya, *load cell* 20 kg memiliki toleransi penyimpangan 0,1% dari kapasitas maksimum (20 g). Karena hasil pengujian menunjukkan penyimpangan maksimum 2,95 g, jauh di bawah batas toleransi, maka dapat disimpulkan bahwa sensor *load cell* 20 kg akurat dan berfungsi dengan baik dalam pengujian ini.

Pengujian fungsional termokopel tipe K dilakukan satu kali dengan memanaskan air menggunakan *water heater*. Pada suhu tertentu, hasil pengukuran dibandingkan antara thermometer *water heater* dan sensor termokopel tipe K. Selisih suhu dihitung dan ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian dan Perhitungan Perbedaan Suhu pada Sensor Termokopel Tipe K dengan Thermometer pada *Water Heater*

Suhu (°C)		Perbedaan Suhu (°C)
Thermometer	Sensor	
45	45	0
50	50,25	0,25
55	55	0
60	59	1
70	70,5	0,5
76	76	0
80	80,25	0,25
87	86	1
91	91	0
96	96,75	0,75
Rentang Penyimpangan Suhu		0 – 1

Berdasarkan Tabel 4, penyimpangan suhu tertinggi antara termokopel tipe K dan thermometer *water heater* adalah 1°C. Mengacu pada spesifikasinya, termokopel tipe K memiliki akurasi standar $\pm 2,2^\circ\text{C}$ atau $\pm 0,75\%$. Karena hasil pengujian menunjukkan penyimpangan maksimum hanya 1°C, maka dapat disimpulkan bahwa termokopel tipe K akurat dan berfungsi dengan baik dalam pengujian ini.

4.3 Uji Pemanasan 400 ml Minyak dari Suhu 30°C ke 200°C pada Kompor Induksi dan LPG

Pengujian dilakukan dengan memanaskan 400 ml minyak goreng dari suhu awal 30°C hingga 200°C menggunakan sistem *monitoring*, secara bergantian pada kompor induksi (2 kW) dan kompor LPG (*heat input* 2 kW). Untuk memperoleh data akurat, pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan hasil pada Tabel 5. Setelah setiap pengujian, panci didinginkan hingga kembali ke suhu 30°C dengan menyiram air, agar kondisi awal pengujian berikutnya tetap sama, baik pada kompor induksi maupun LPG.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Memanaskan Minyak Goreng 400 ml dari suhu 30°C hingga suhu 200°C pada Kompor Induksi dan Kompor LPG

	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3		Pengujian 4		Pengujian 5	
	Energi	Waktu	Energi	Waktu	Energi	Waktu	Energi	Waktu	Energi	Waktu
Kompor Induksi	0,06 kWh	3 Menit 0 Detik	0,06 kWh	3 Menit 15 Detik	0,06 kWh	3 Menit 22 Detik	0,06 kWh	3 Menit 15 detik	0,06 kWh	3 Menit 15 Detik
Kompor LPG	21,46 g	4 Menit 47 Detik	23,87 g	4 Menit 32 Detik	16,47 g	4 Menit 38 Detik	16,61 g	4 Menit 46 Detik	17,51 g	4 Menit 44 Detik

Hasil pengujian menunjukkan kompor induksi secara konsisten menggunakan energi sebesar 0,06 kWh dengan waktu pemanasan 180–202 detik, sedangkan kompor LPG mengkonsumsi gas 16,47 g–23,87 g dengan waktu pemanasan lebih lama, yakni 272–287 detik. Dari segi efisiensi waktu, kompor induksi lebih unggul dibandingkan LPG.

4.3.1 Analisis Biaya dan Waktu Operasi pada Kompor Induksi

Dari hasil pengujian yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian pada kompor induksi yang terdapat pada Tabel 6, data tersebut dilakukan perhitungan

menggunakan persamaan 1. dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Biaya} = \text{Energi listrik terpakai (kWh)} \times \text{Tarif Listrik} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{kWh}} \right) \dots (1)$$

$$\text{Biaya} = 0,06 \text{ kWh} \times \text{Rp. 1.352,00}$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp. 81,12}$$

Tabel 6. Hasil Analisis Biaya dan Waktu Operasi pada Kompor Induksi.

Pengujian	Energi (kWh)	Biaya Operasi			Waktu Operasi
		900 VA Rp. 1.352,00/kWh	1300 - 2200 VA Rp. 1.444,70/kWh	3.500 - 5.500 VA Rp. 1.699,53/kWh	
1	0,06	Rp. 81,12	Rp. 86,68	Rp. 101,97	3 Menit 0 Detik
2	0,06	Rp. 81,12	Rp. 86,68	Rp. 101,97	3 Menit 15 Detik
3	0,06	Rp. 81,12	Rp. 86,68	Rp. 101,97	3 Menit 22 Detik
4	0,06	Rp. 81,12	Rp. 86,68	Rp. 101,97	3 Menit 15 Detik
5	0,06	Rp. 81,12	Rp. 86,68	Rp. 101,97	3 Menit 15 Detik
Rata-rata	0,06	Rp. 81,12	Rp. 86,68	Rp. 101,97	3 Menit 13 Detik

Berdasarkan Tabel 6, rata-rata konsumsi daya listrik untuk memanaskan minyak goreng dari 30°C hingga 200°C adalah 0,06 kWh dengan waktu operasi 193 detik (3 menit 13 detik). Sehingga Biaya operasional kompor induksi pada listrik:

- 900 VA (Rp 1.352,00/kWh): Rp 81,12
- 1.300–2.200 VA (Rp 1.444,70/kWh): Rp 86,68

- 3.500–5.500 VA non-subsidi (Rp 1.669,53/kWh): Rp 101,97

4.3.2 Analisis Biaya dan Waktu Operasi pada Kompor LPG

Berdasarkan hasil 5 kali pengujian pada kompor LPG yang ditampilkan pada Tabel 7, data tersebut dihitung menggunakan persamaan 2. Contoh dan hasil perhitungannya disajikan untuk

menunjukkan konsumsi gas dan biaya operasional kompor LPG dalam proses pemanasan minyak goreng dari 30°C hingga 200°C.

$$\text{Biaya} = 21,46 \text{ g} \times \text{Rp. } 8,33/\text{g}$$

$$\text{Biaya} = \text{Rp. } 178,83$$

$$\text{Biaya} = (M_{\text{Awal}} - M_{\text{Akhir}}) \times \frac{\text{Rp}_{\text{Gas}}}{M_{\text{Gas}}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Biaya} = (6.578,40 \text{ g} - 6.556,94 \text{ g}) \times \frac{\text{Rp. } 25.000,00}{3.000 \text{ g}}$$

Tabel 7. Hasil Analisis Biaya dan Waktu Operasi pada Kompor LPG.

Pengujian	Massa (g)	Biaya Operasi			Waktu Operasi
		3 kg Rp. 25.000,00 (subsidi)	5,5 kg Rp. 96.000,00	12 kg Rp. 204.000,00	
1	21,46	Rp.178,83	Rp.374,57	Rp.364,82	4 Menit 47 Detik
2	23,87	Rp.198,92	Rp.416,64	Rp.405,79	4 Menit 32 Detik
3	16,47	Rp.137,25	Rp.287,48	Rp.279,99	4 Menit 38 Detik
4	16,61	Rp.138,42	Rp.289,92	Rp.282,37	4 Menit 46 Detik
5	17,51	Rp.145,92	Rp.305,63	Rp.297,67	4 Menit 44 Detik
Rata-rata	19,18	Rp.159,87	Rp.334,85	Rp.326,13	4 Menit 41 Detik

Berdasarkan Tabel 7, rata-rata konsumsi LPG untuk memanaskan minyak goreng dari 30°C hingga 200°C adalah 19,18 g dengan waktu operasi 281 detik (4 menit 41 detik). Biaya operasional kompor LPG dalam pengujian ini adalah:

- LPG subsidi 3 kg (Rp 25.000,00 / 3 kg): Rp 159,87
- LPG 5,5 kg (Rp 96.000,00 / 5,5 kg): Rp 334,85

- LPG 12 kg (Rp 204.000,00 / 12 kg): Rp 326,13.

4.3.3 Perbandingan Hasil Analisis Biaya dan Waktu Operasi

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 6 dan Tabel 7 dapat disimpulkan bahwa rata-rata biaya operasi dari 5 kali pengujian memanaskan minyak goreng dari 30°C hingga 200°C pada kompor induksi dan kompor LPG dirangkum dalam Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Perbandingan Hasil Analisis Biaya dan Waktu Operasi pada Kompor Induksi dan Kompor LPG

Kompor Induksi				Kompor LPG			
900 VA	1300 – 2200 VA	3.500 - 5.500 VA	Waktu	3 kg (subsidi)	5,5 kg	12 kg	Waktu
Rp. 81,12	Rp. 86,68	Rp. 101,97	3 Menit 13 Detik	Rp.159,87	Rp.334,85	Rp.326,13	4 Menit 41 Detik

Berdasarkan Tabel 8, kompor induksi memiliki biaya operasi lebih rendah dibandingkan kompor LPG. Pada listrik 900 VA, biaya rata-rata hanya Rp 81,12, sedangkan LPG subsidi 3 kg memerlukan Rp 159,87. Untuk listrik 1.300–2.200 VA, biaya operasi Rp 86,68, dan pada listrik non-subsidi 3.500–5.500 VA mencapai Rp 101,97. Sementara itu, LPG non-subsidi 5,5

kg memerlukan Rp 334,85, dan LPG 12 kg sebesar Rp 326,13.

Dari sisi waktu, kompor induksi memanaskan minyak dari 30°C hingga 200°C hanya dalam 193 detik (3 menit 13 detik), sedangkan kompor LPG membutuhkan 281 detik (4 menit 41 detik). Hal ini menunjukkan bahwa kompor induksi lebih unggul dalam efisiensi biaya dan waktu operasi dibandingkan kompor LPG.

Perbandingan efisiensi antara kedua kompor dalam 5 kali pengujian dapat dihitung dengan persamaan 4, dengan contoh dan hasil perhitungannya dijelaskan sebagai berikut.

1. Perbandingan Listrik 900 VA dan LPG 3 kg

$$\text{selisih} = \left(\frac{159,87 - 81,12}{159,87} \right) \times 100\%$$

$$\text{persentase penghematan} = \left(\frac{78,75}{159,87} \right) \times 100\%$$

$$\text{persentase penghematan} = 49,27\%$$

2. Perbandingan Listrik 1.300 VA – 2.200 VA dan LPG 5,5 kg

$$\text{selisih} = \left(\frac{334,85 - 86,68}{334,85} \right) \times 100\%$$

$$\text{persentase penghematan} = \left(\frac{248,17}{334,85} \right) \times 100\%$$

$$\text{persentase penghematan} = 74,10\%$$

3. Perbandingan Listrik 3.500 VA – 5.500 VA dan LPG 12 kg

$$\text{selisih} = \left(\frac{326,13 - 101,97}{326,13} \right) \times 100\%$$

$$\text{persentase penghematan} = \left(\frac{224,16}{326,13} \right) \times 100\%$$

$$\text{persentase penghematan} = 68,74\%$$

Kompor induksi terbukti lebih hemat biaya dengan efisiensi 49%–74% dibandingkan kompor LPG, baik subsidi maupun non-subsidi. Dengan biaya lebih rendah dan waktu pemanasan lebih cepat, kompor induksi unggul secara ekonomi dan operasional.

4.3.4 Analisis Biaya Investasi pada Kompor Induksi dan Kompor LPG

Analisis biaya adalah proses evaluasi penggunaan sumber daya keuangan untuk mengendalikan biaya dan meningkatkan profitabilitas, sedangkan analisis investasi bertujuan menilai kelayakan investasi dengan mempertimbangkan risiko dan potensi keuntungan. Analisis biaya investasi mencakup evaluasi semua biaya terkait investasi, mulai dari biaya awal hingga biaya tambahan lainnya, untuk membantu pengambilan keputusan yang sesuai dengan tujuan dan kondisi finansial.

Berdasarkan hasil analisis biaya operasi, kompor induksi 2 kW lebih hemat dibandingkan kompor LPG 2 kW, baik pada skema subsidi maupun non-subsidi. Namun, dari sisi biaya investasi awal, kompor induksi memiliki harga pembelian yang lebih tinggi dibandingkan kompor LPG konvensional sebagaimana ditunjukkan pada Tabel.

Perbandingan biaya investasi kompor induksi dan kompor LPG dijabarkan sebagai berikut.

- 1) Biaya Investasi Awal pada Kompor Induksi dan Kompor LPG

Dalam biaya investasi awal, selain pembelian unit kompor, kompor induksi memerlukan panci/wajan *ferromagnetic* dan kemungkinan penambahan daya listrik jika kapasitas rumah tidak mencukupi. Sedangkan kompor LPG memerlukan tabung, selang, dan regulator LPG. Rincian biaya investasi awal untuk kedua kompor pada pengujian ini ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Biaya Investasi Awal pada Kompor Induksi dan Kompor LPG

Keterangan	Kompor Induksi	Kompor LPG
Harga Kompor	Leuse JD-0006 (Rp. 300.000,00)	Hachi (Rp. 99.000,00)
Harga Peralatan Khusus	Panci / Wajan <i>ferromagnetic</i> (Rp. 40.000,00)	<ul style="list-style-type: none"> • Selang LPG (Rp. 7.000,00) • Regulator LPG (Rp. 30.000,00)
Total Biaya Investasi Awal	Rp. 340.000,00	Rp. 136.000,00

Berdasarkan Tabel 9, biaya investasi awal kompor induksi lebih mahal dibandingkan kompor LPG. Kompor induksi Leuse JD-0006 (2,2 kW) seharga Rp 300.000,00 ditambah panci *ferromagnetic* Rp 40.000,00, total menjadi Rp 340.000,00. Sementara itu, kompor LPG Hachi (2 kW) seharga Rp 99.000,00, ditambah regulator Rp 30.000,00 dan selang Rp 7.000,00, total menjadi Rp 136.000,00.

- 2) Biaya Operasi Selama 5 Tahun pada Kompor Induksi dan Kompor LPG.

Berdasarkan biaya operasi kompor induksi dan kompor LPG, dengan asumsi 3 kali pengujian per hari, maka dalam periode 5 tahun (1.825 hari) total biaya operasional dirangkum pada Tabel 10. Sebagai contoh, kompor induksi 900 VA (subsidi) dengan biaya Rp 81,12 per pengujian memerlukan biaya operasi sebagai berikut.

Biaya Operasi 5 Tahun = (Biaya Operasi × 3) × 1.825

Biaya Operasi 5 Tahun = Rp. 444.132,00

Biaya Operasi 5 Tahun = (Rp. 81,12 × 3) × 1.825

Biaya Operasi 5 Tahun = Rp. 243,36 × 1.825

Tabel 10. Biaya Operasi Selama 5 Tahun pada Kompor Induksi dan Kompor LPG

Biaya Operasi 5 Tahun					
Kompor Induksi			Kompor LPG		
900VA	1300 - 2200VA	3.500 - 5.500VA	3kg (subsidi)	5,5kg	12kg
Rp. 444.132,00	Rp. 474.573,00	Rp. 558.285,75	Rp. 875.288,25	Rp. 1.833.303,75	Rp. 1.785.561,75

Mengacu pada Tabel 10, biaya operasi selama 5 tahun pada kompor induksi adalah:

- Rp 444.132,00 (listrik 900 VA),
- Rp 474.573,00 (listrik 1.300–2.200 VA),
- Rp 558.285,25 (listrik 3.500–5.500 VA).

Sementara kompor LPG memerlukan:

- Rp 875.288,25 (LPG subsidi 3 kg),
- Rp 1.833.303,75 (LPG 5,5 kg),
- Rp 1.785.561,75 (LPG 12 kg).

Dengan demikian, kompor induksi lebih hemat biaya operasi selama 5 tahun dibandingkan kompor LPG, baik pada skema subsidi maupun non-subsidi.

3) Total Biaya Selama 5 Tahun pada Kompor Induksi dan Kompor LPG.

Berdasarkan biaya investasi awal dan biaya operasi selama 5 tahun yang ditampilkan pada Tabel 9 dan Tabel 10, total biaya penggunaan kompor induksi dan kompor LPG selama 5 tahun dihitung dengan menjumlahkan kedua komponen biaya tersebut. Hasil total biaya ini dirangkum dalam Tabel 11, dengan contoh perhitungan untuk kompor induksi 900 VA sebagai berikut.

Total Biaya 5 Tahun = Biaya Investasi Awal + Biaya Operasi 5 Tahun

Total Biaya 5 Tahun = Rp. 340.000,00 + Rp. 444.132,00

Total Biaya 5 Tahun = Rp. 784.132,00

Tabel 11. Total Biaya Selama 5 Tahun pada Kompor Induksi dan Kompor LPG

Total Biaya 5 Tahun					
Kompor Induksi			Kompor LPG		
900VA	1300 - 2200VA	3.500 - 5.500VA	3kg (subsidi)	5,5kg	12kg
Rp. 784.132,00	Rp. 814.573,00	Rp. 898.285,75	Rp. 1.011.288,25	Rp. 1.969.303,75	Rp. 1.921.561,75

Berdasarkan Tabel 11, total biaya penggunaan kompor induksi selama 5 tahun berkisar antara Rp 784.132,00 – Rp 898.285,75, lebih rendah dibandingkan kompor LPG yang memerlukan biaya Rp 1.011.288,25 – Rp 1.969.303,75, baik untuk LPG subsidi maupun non-subsidi.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil mengimplementasikan sistem *monitoring* kompor berbasis IoT yang diuji untuk

memanaskan minyak goreng. Berdasarkan data dan analisis dari pengujian tersebut, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Berdasarkan implementasi dan pengujian sistem *monitoring* IoT, ditemukan bahwa sistem yang dirancang memiliki kinerja fungsional yang sangat baik. Semua sensor yang digunakan seperti PZEM-004T, *load cell*, dan Termokopel Tipe K, menunjukkan akurasi tinggi. Sistem ini juga berhasil menyimpan data ke SD *card* dan

mengirimkannya secara *real-time* ke *platform cloud* Blynk, sehingga memungkinkan pemantauan dan notifikasi jarak jauh melalui *smartphone*.

Hasil perbandingan kinerja menegaskan keunggulan kompor induksi. Kompor ini terbukti lebih efisien, memanaskan minyak lebih cepat (193 detik) dengan konsumsi energi yang jauh lebih rendah (0,06 kWh) dibandingkan kompor LPG (281 detik dan 19,18 gram gas). Secara finansial, kompor induksi juga lebih ekonomis, dengan potensi penghematan biaya operasional hingga 49%-74%, menjadikannya investasi jangka panjang yang lebih menguntungkan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 28 Tahun 2021 tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara," [Online]. Tersedia: https://jdih.esdm.go.id/storage/document/permen/2021/permen_28_2021.pdf.
- [2] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta, 2014. [Online]. Tersedia: https://books.google.co.id/books/about/Metode_Penelitian_Kuantitatif_Kualitatif.html.
- [3] Anwar, S., Artono, T. dan A.Fadli, N.D. (2019) "Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T," Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe, 3(1), hal. 1–5.
- [4] Lumenta, S. dan Rangan, A.S. (2015) "Prototipe Sistem Kontrol Peralatan Listrik Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things Menggunakan Raspberry Pi," Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, 4(1), hal. 10–19
- [5] Susanto, H. dan Gunawan, D. (2022) "Studi Komparatif Efisiensi Energi Kompor Listrik Induksi dan Kompor Gas LPG untuk Rumah Tangga," Jurnal Rekayasa Energi Elektrik, 4(1), hal. 1–8.
- [6] Aprilianto, R.A. dan Ariefianto, R.M. (2021) "Peluang Dan Tantangan Menuju Net Zero Emission (NZE) Menggunakan Variable Renewable Energy (VRE) Pada Sistem Ketenagalistrikan Di Indonesia," Jurnal Paradigma, 2(2), hal. 1–13. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/357448042>.
- [7] Azzahra, S., Azis, H., Sitorus, M.T.B. dan Pawenary, P. (2020) "Uji Performa Kompor Induksi dan Kompor Gas Terhadap Pemakaian Energi dan Aspek Ekonomisnya," Energi & Kelistrikan, 12(2), hal. 149–155. Tersedia pada: <https://doi.org/10.33322/energi.v12i2.1009>.
- [8] Hadi, I.M. (2021) "Peralihan Kompor LPG ke Kompor Induksi Mendukung Program Net Zero Emission 2060," Jurnal Manajemen Energi, 1(1), hal. 1–10.
- [9] CNN Indonesia (2022) Kronologi Kompor Listrik Batal Gantikan LPG 3 Kg, Komisi VII DPR Soroti Hal Ini. Tersedia pada: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/20221216174751-85-888496/kronologi-kompor-listrik-batal-gantikan-lpg-3-kg-komisi-vii-dpr-soroti-hal-ini>.
- [10] Chhetri, R., Chhoedron, D., Sunwar, T. dan Robinson, D.D. (2017) "Analysis on Integrated LPG Cook Stove and Induction Cooktop for Cooking Purposes in Bhutan," International Journal of Science and Research (IJSR), 6(9), hal. 23–26. Tersedia pada: <https://doi.org/10.21275/1071706>
- [11] Ramdhan, D.I. dan Ansori, M. (2022) "Sistem Kendali Smart Home dengan Blynk pada Perangkat Arduino Mega dan ESP8266," Jurnal RESTI

- (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi), 6(1), hal. 20–27.
- [12] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 28 Tahun 2021 tentang Tarif Tenaga Listrik yang Disediakan oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara," [Online]. Tersedia: https://jdih.esdm.go.id/storage/document/permen/2021/permen_28_2021.pdf.
- [13] Hasanah, A.W. dan Handayani, O. (2016) "Perbandingan Efisiensi Energi dan Biaya pada Kompor Induksi Terhadap Kompor Listrik dan Kompor LPG," SUTET, 2(2), hal. 1–70. Tersedia pada: <https://media.neliti.com/media/publications/538984-none-16a665fa.PDF>.
- [14] M. Indra, T. Anggono, C. Anditya, I. Ruslan, and D. Galuh, "Energy for Sustainable Development Assessing the feasibility of a migration policy from LPG cookers to induction cookers to reduce LPG subsidies," *Energy Sustain. Dev.*, vol. 70, pp. 239–246, 2022, doi: 10.1016/j.esd.2022.08.003