

BAB I

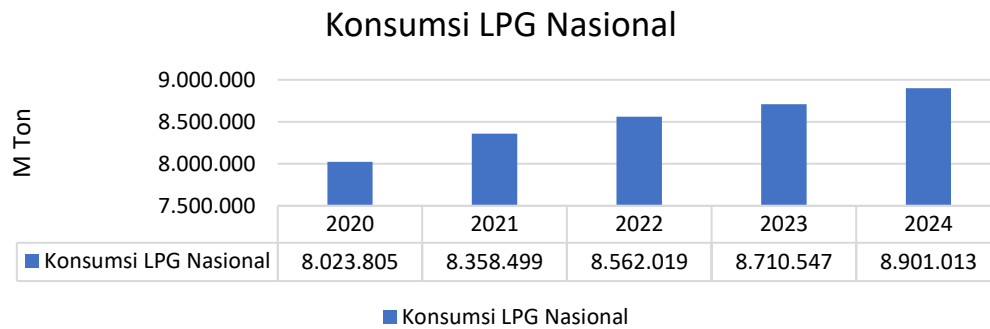
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) merupakan salah satu sektor yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia melalui penyerapan tenaga kerja, peningkatan aktivitas ekonomi masyarakat, serta kontribusinya terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB). Salah satu sektor UMKM yang terus berkembang adalah usaha kuliner, termasuk gerai roti panggang yang banyak dijumpai di wilayah perkotaan. Dalam menjalankan aktivitas usahanya, pelaku UMKM kuliner memerlukan pasokan energi yang memadai untuk menunjang proses produksi maupun pengoperasian berbagai peralatan sehingga keberlangsungan usaha sangat dipengaruhi oleh ketersediaan sumber energi yang digunakan.

Sebagai implementasi dari kondisi tersebut, penelitian ini mengambil studi kasus pada salah satu Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) yang bergerak di bidang kuliner. Objek penelitian ini merupakan gerai roti panggang yang beroperasi menggunakan gerobak pada malam hari. Dalam aktivitas operasional sehari-hari, proses pemanggangan masih menggunakan kompor gas LPG sebagai sumber panas utama, sedangkan kebutuhan listrik untuk penerangan masih bergantung pada jaringan listrik PLN yang diperoleh dari lokasi berjualan. Kondisi tersebut menyebabkan pelaku usaha bergantung pada dua sumber energi konvensional sekaligus, yaitu LPG dan listrik PLN. Ketergantungan tersebut membatasi fleksibilitas gerobak apabila berpindah lokasi usaha karena tetap memerlukan akses terhadap sumber energi listrik.

Salah satu sumber energi yang paling banyak digunakan oleh UMKM kuliner adalah *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) tabung 3 kg. Berdasarkan Statistik Minyak dan Gas Bumi Tahun 2024 yang diterbitkan Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, total konsumsi LPG nasional sejak tahun 2020 hingga Tahun 2024 mencapai sekitar 42,55 juta metrik ton (Ditjen Migas, 2024). Data tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan masyarakat terhadap LPG sebagai sumber energi utama masih sangat tinggi. Data konsumsi LPG nasional disajikan pada Gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1. 1 Grafik konsumsi LPG Nasional

Sumber: Dokumen Penelitian diadaptasi dari Ditjen Migas, 2024

Selain itu, berdasarkan Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Migas Tahun 2024, Realisasi penyaluran LPG tabung 3 kg selama periode 2020 hingga 2024 mencapai 38,67 juta metrik ton, sehingga mendominasi konsumsi LPG nasional (Ditjen Migas, 2024). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar rumah tangga maupun pelaku UMKM masih sangat bergantung pada LPG tabung 3 kg sebagai sumber energi utama dalam aktivitas memasak. Rekapitulasi konsumsi LPG nasional dan realisasi tabung 3 kg disajikan pada Tabel 1.1, sedangkan proporsi penggunaannya ditunjukkan pada Gambar 1.2 di bawah ini.

Tabel 1. 1 Rekapitulasi konsumsi dan realisasi LPG 3 kg

Tahun	Konsumsi LPG Nasional (M Ton)	Realisasi LPG Tabung 3 kg (M Ton)
2020	8.023.805	7.137.000
2021	8.358.449	7.456.000
2022	8.562.019	7.807.000
2023	8.710.547	8.046.000
SM 1 2024	8.901.013	8.230.000
Jumlah	42.555.833	38.676.000

Diadaptasi dari sumber Ditjen Migas, 2024



Gambar 1. 2 Grafik presentase konsumsi LPG 3 kg

Sumber: Dokumen Penelitian diadaptasi dari Ditjen Migas, 2024

Tingginya ketergantungan terhadap LPG menyebabkan operasional UMKM rentan terhadap berbagai permasalahan distribusi, pasokan, maupun fluktuasi harga energi. Berdasarkan hasil pengawasan Ditjen Migas (2024) masih ditemukan penyimpangan dalam distribusi LPG 3 kg berupa pengurangan isi tabung dan penyalahgunaan LPG bersubsidi oleh pihak yang tidak berhak. Selain itu, fenomena kelangkaan LPG 3 kg yang terjadi di berbagai daerah dalam beberapa tahun terakhir juga mengakibatkan terganggunya aktivitas operasional pelaku UMKM (CNBC Indonesia, 2025; DetikFinance, 2025; Kompas, 2025). Di sisi lain, penggunaan listrik PLN tetap menambah biaya operasional karena kebutuhan listrik usaha harus dipenuhi selama jam operasional berlangsung. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pelaku UMKM masih memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap energi konvensional sehingga diperlukan sumber energi alternatif yang mandiri, stabil, dan berkelanjutan.

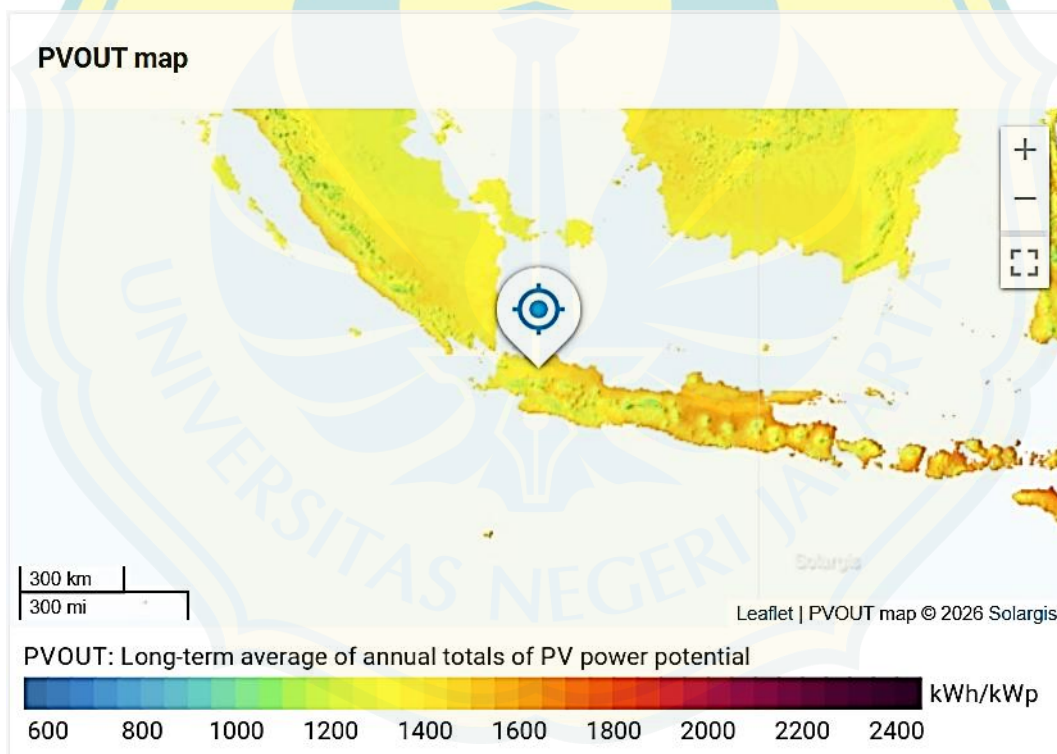
Salah satu sumber energi alternatif yang memiliki potensi besar untuk menjawab permasalahan tersebut adalah energi surya. Indonesia merupakan negara yang berada di wilayah khatulistiwa sehingga memperoleh intensitas penyinaran matahari yang relatif tinggi sepanjang tahun. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2023, potensi energi surya nasional mencapai sekitar 207,8 GWp, namun tingkat pemanfaatannya masih relatif rendah dibandingkan potensi yang tersedia. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa energi surya memiliki peluang yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif pada sektor UMKM.

Potensi energi surya tersebut juga didukung oleh kondisi lokasi penelitian. Berdasarkan data *Global Solar Atlas* yang menggunakan basis data *Solargis*, lokasi penelitian di Jalan Rawa Binong, Jakarta Timur memiliki nilai *Global Horizontal Irradiation* (GHI) sebesar 1670,3 kWh/m²/tahun serta potensi keluaran energi fotovoltaik (PVOUT *specific*) sebesar 1336,7 kWh/kWp/tahun. Potensi tersebut ditampilkan pada Gambar 1.3 dan Gambar 1.4 dibawah ini.

Map data		Per year ▾	
Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	1336.7	kWh/kWp ▾
Direct normal irradiation	DNI	898.7	kWh/m ² ▾
Global horizontal irradiation	GHI	1670.3	kWh/m ² ▾
Diffuse horizontal irradiation	DIF	998.7	kWh/m ² ▾
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	1688.1	kWh/m ² ▾
Optimum tilt of PV modules	OPTA	10 / 0	°
Air temperature	TEMP	26.3	°C ▾
Terrain elevation	ELE	40	m ▾

Gambar 1. 3 Data Map potensi iradiasi matahari

Sumber: <https://globalsolaratlas.info/>



Gambar 1. 4 Visualisasi peta potensi iradiasi matahari

Sumber: <https://globalsolaratlas.info/>

Global Horizontal Irradiation (GHI) merupakan jumlah energi radiasi matahari yang diterima oleh permukaan horizontal dalam satu tahun dan menjadi salah satu parameter utama dalam menilai potensi pemanfaatan energi surya. Nilai tersebut menunjukkan bahwa lokasi penelitian memiliki potensi iradiasi matahari

yang memadai sehingga layak untuk penerapan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi alternatif pada UMKM.

Sejalan dengan potensi tersebut, pemerintah terus mendorong pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) melalui Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan serta RUPTL PLN 2025-2034, kebijakan tersebut menempatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai salah satu prioritas pengembangan pembangkit listrik nasional sekaligus mendorong proses elektrifikasi pada berbagai sektor, termasuk sektor UMKM.

Salah satu bentuk implementasi elektrifikasi pada sektor UMKM kuliner adalah menggantikan kompor gas LPG dengan kompor listrik induksi yang memanfaatkan energi listrik sebagai sumber pemanas utama. Kompor listrik induksi memiliki efisiensi pemanasan yang tinggi, lebih aman karena tidak menghasilkan api terbuka, serta lebih mudah dihubungkan dengan sumber energi listrik dibandingkan kompor berbahan bakar fosil. Oleh karena itu, penggunaan kompor listrik induksi menjadi alternatif potensial untuk mendukung penerapan sistem energi mandiri berbasis PLTS pada gerobak UMKM.

Namun demikian, penggunaan kompor listrik induksi sebagai beban utama memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan beban elektronik pada umumnya. Kompor listrik induksi membutuhkan daya yang besar serta memiliki arus awal (*starting current*) yang tinggi ketika mulai dioperasikan. Selain itu, selama proses pemanggangan roti, kompor bekerja secara intermiten, yaitu menyala dan mati berulang mengikuti proses produksi. Karakteristik beban tersebut menuntut sistem PLTS yang mampu menjaga kestabilan suplai daya dan tegangan selama periode operasional sesuai dengan kapasitas panel surya, baterai, serta kondisi penyinaran matahari.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengusulkan penerapan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* pada gerobak UMKM roti panggang. Gerobak yang telah digunakan dalam operasional tidak dirancang ulang, melainkan dimodifikasi dengan menambahkan modul panel surya pada bagian atap gerobak serta pemasangan panel box yang terdiri dari komponen-komponen pembentuk PLTS. Energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mengoperasikan

kompur listrik induksi sebagai pengganti kompor gas LPG sekaligus menyuplai beban pendukung seperti lampu LED sehingga UMKM dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik PLN.

Selain kapasitas panel surya dan baterai, kualitas inverter menjadi faktor yang menentukan keberhasilan sistem PLTS. Inverter berfungsi mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) yang digunakan oleh beban listrik. Inverter *modified sine wave* banyak digunakan pada sistem PLTS skala kecil menghasilkan bentuk gelombang yang berbeda dengan standar listrik PLN sehingga berpotensi menyebabkan panas berlebih, penurunan efisiensi, hingga memperpendek usia pakai peralatan elektronik (Afonso et al., 2021). Sebaliknya, penelitian Mustikasari et al., 2023 menunjukkan bahwa inverter *pure sine wave* menghasilkan bentuk gelombang AC yang lebih stabil dengan nilai *Total Harmonic Distortion* (THD) lebih rendah serta efisiensi yang lebih tinggi sehingga sesuai untuk digunakan pada peralatan elektronik sensitif.

Berdasarkan telaah penelitian terdahulu, penelitian mengenai PLTS umumnya masih difokuskan pada bangunan permanen. Penelitian yang secara khusus merancang sistem PLTS *off-grid* pada gerobak UMKM kuliner dengan kompor listrik induksi sebagai beban utama yang memiliki karakteristik beban intermiten, sekaligus menggunakan inverter *pure sine wave* sebagai penyedia kualitas daya AC, masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem PLTS *off-grid* yang menggabungkan seluruh komponen utama sistem PLTS yang dirancang sesuai kebutuhan operasional UMKM roti panggang. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu menyediakan suplai listrik yang stabil, aman, dan efisien sebagai alternatif pengganti penggunaan LPG dan listrik PLN serta mendukung penerapan energi baru terbarukan pada sektor UMKM.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diidentifikasi masalah yang ditemukan sebagai berikut:

1. UMKM roti panggang masih bergantung pada kompor gas LPG dan listrik PLN sebagai energi utama.
2. Ketergantungan terhadap energi listrik PLN dan LPG 3 kg menyebabkan kelangkaan pasokan serta membatasi fleksibilitas gerobak ketika berpindah lokasi usaha.
3. Potensi energi surya sebagai sumber energi alternatif pada gerobak UMKM belum dimanfaatkan secara optimal.
4. Kompor listrik induksi memiliki karakteristik beban yang memerlukan suplai daya listrik yang andal.
5. Belum tersedia sistem PLTS *off-grid* yang diterapkan pada gerobak UMKM roti panggang.

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka dengan ini peneliti akan memberikan batasan masalah dalam penelitian ini. Diantaranya adalah:

1. Penelitian ini dibatasi pada perancangan dan pembangunan sistem PLTS *off-grid* yang diterapkan pada gerobak UMKM roti panggang.
2. Gerobak UMKM yang digunakan merupakan gerobak operasional yang telah ada dan hanya dimodifikasi dengan penambahan sistem PLTS tanpa merubah konstruksi utama gerobak.
3. Beban listrik yang disuplai PLTS dalam penelitian ini dibatasi pada kompor listrik induksi sebagai beban utama, dan lampu LED sebagai beban pendukung.
4. Pengujian difokuskan pada kinerja sistem PLTS dalam menyediakan suplai daya AC untuk memenuhi kebutuhan beban serta tidak mencakup pengujian keandalan performa jangka panjang komponen sistem.
5. Penelitian ini tidak mencakup analisis kelayakan ekonomi sistem, seperti perhitungan biaya investasi, biaya operasional, maupun periode pengembalian investasi. Penelitian ini mengembangkan sistem PLTS *off-grid* yang menghubungkan seluruh komponen utama sistem PLTS yang dirancang sesuai kebutuhan operasional UMKM roti panggang.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas yaitu:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* yang diterapkan pada gerobak UMKM roti panggang?
2. Bagaimana penerapan sistem PLTS *off-grid* dengan kompor listrik induksi dan beban pendukung pada gerobak UMKM roti panggang?
3. Bagaimana hasil pengujian parameter sistem PLTS *off-grid* dalam menyediakan suplai daya bagi kompor listrik induksi dan beban pendukung pada gerobak UMKM roti panggang?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dirumuskan dan diidentifikasi, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Merancang dan membangun sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* yang diterapkan pada gerobak UMKM roti panggang.
2. Menerapkan sistem PLTS *off-grid* dengan kompor listrik induksi dan beban pendukung pada gerobak UMKM roti panggang.
3. Menguji parameter-parameter sistem PLTS *off-grid* dalam menyediakan suplai daya bagi kompor listrik induksi dan beban pendukung pada gerobak UMKM roti panggang.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis maupun praktis sebagai berikut:

1. Secara Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Elektro, khususnya pada kajian sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *off-grid* sebagai sumber energi mandiri bagi UMKM. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pengembangan sistem PLTS serta pemanfaatan energi surya untuk aplikasi beban listrik pada sektor usaha mikro maupun aplikasi bergerak lainnya.

2. Secara Praktis

a. Bagi Peneliti

Penelitian ini menjadi sarana untuk menerapkan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan dalam merancang, membangun, dan menguji sistem PLTS *off-grid* yang diterapkan pada gerobak UMKM roti panggang. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan peneliti dalam perancangan sistem kelistrikan berbasis energi terbarukan.

b. Bagi Pengguna

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif rancangan sistem penyedia energi listrik mandiri berbasis PLTS yang dapat dimanfaatkan untuk menunjang operasional gerobak UMKM roti panggang melalui penyediaan suplai daya bagi kompor listrik induksi dan beban pendukung tanpa bergantung pada jaringan listrik PLN selama proses pengujian.

