

RANCANG BANGUN PROTOTYPE KOMPOR LISTRIK DENGAN PENGATUR SUHU DAN WAKTU

Bayu Muchlis Kurniawan¹, Hasyim Asy'ari²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: bayumuchlis2@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tingginya ketergantungan masyarakat terhadap kompor gas LPG yang memiliki risiko keselamatan, seperti kebocoran gas dan potensi kebakaran. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan merealisasikan prototipe kompor listrik berbasis mikrokontroler ESP32S yang dilengkapi dengan fitur pengaturan suhu dan waktu otomatis untuk meningkatkan keamanan dan kemudahan penggunaan. Sistem dirancang menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan *prototyping*. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan sensor *thermocouple* tipe K yang terintegrasi dengan modul MAX6675 dan dikalibrasi menggunakan regresi polinomial untuk meningkatkan akurasi pembacaan. Sistem kendali dapat dioperasikan secara manual melalui perangkat maupun secara jarak jauh melalui *Telegram Bot* berbasis *Internet of Things* (IoT). Pada mode *always on*, sistem mempertahankan suhu berdasarkan nilai *setpoint*. Sementara itu, pada mode *timer*, sistem akan memutus suplai daya ketika salah satu kondisi terpenuhi, yaitu suhu telah mencapai nilai target atau durasi waktu yang ditetapkan telah berakhir. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan pemanasan elemen sesuai parameter yang ditentukan, meskipun masih terjadi *overshoot* akibat inersia panas. Integrasi IoT menunjukkan kinerja yang responsif dan aman dalam memberikan informasi status serta kendali jarak jauh. Secara keseluruhan, prototipe ini dapat menjadi alternatif perangkat memasak yang lebih aman dan modern dibandingkan kompor konvensional.

Kata kunci: ESP32S, *Internet of Things*, Kompor Listrik, Telegram Bot.

Pendahuluan

Memasak merupakan salah satu aktivitas vital dalam kehidupan sehari-hari yang tidak terpisahkan dari kebutuhan dasar manusia. Di Indonesia, mayoritas rumah tangga saat ini masih sangat bergantung pada penggunaan kompor gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) karena dianggap praktis. Namun, ketergantungan ini memunculkan sejumlah permasalahan mendasar, mulai dari risiko keamanan seperti kebakaran akibat kebocoran gas, fluktuasi pasokan, hingga besarnya beban subsidi yang harus ditanggung pemerintah. Selain itu, tren konsumsi LPG nasional menunjukkan peningkatan signifikan hingga mencapai 8,7 juta ton pada tahun 2023, dengan sebagian besar pasokan masih bergantung pada impor (Tajeri & Puspita, 2025). Kondisi ini mengindikasikan urgensi akan adanya solusi alternatif perangkat memasak yang tidak hanya lebih aman dan efisien, tetapi juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Merespons permasalahan tersebut, perkembangan teknologi elektronika modern telah menghadirkan inovasi perangkat pemanas berbasis energi listrik sebagai solusi substitusi. Teknologi kompor listrik bekerja dengan prinsip konversi energi listrik menjadi energi panas melalui elemen pemanas, umumnya menggunakan kawat nikelin (NiCr) yang memiliki resistansi tinggi. Dibandingkan dengan kompor konvensional, teknologi ini menawarkan keunggulan berupa operasional yang lebih bersih tanpa asap serta minimalisasi risiko ledakan tabung bahan bakar. Karakteristik ini menempatkan kompor listrik sebagai teknologi masa depan yang potensial untuk diterapkan secara luas pada lingkungan rumah tangga moderen guna menciptakan ekosistem memasak yang lebih aman (Bawa Susana *et al.*, 2023)

Pengembangan sistem kompor listrik telah menjadi fokus berbagai penelitian terdahulu dengan pendekatan yang beragam. (Asyari, Umar and Irawan, 2019) merancang "Prototipe Kompor Listrik Tenaga Surya" menggunakan panel surya 120 Wp yang mampu mencapai suhu 60,6°C. yang kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh (Qomaruddin and Sulistiyanto, 2021) dengan pemanfaatan solar cell sebagai sumber energi alternatif untuk memasak

air dan menggoreng. Dari sisi desain elemen pemanas, (Widiatmika, 2020) mengembangkan kompor khusus batik tulis dengan elemen nikelin dan sistem pendingin konveksi untuk menghasilkan panas stabil. Sementara itu, penelitian terkini mulai mengintegrasikan teknologi cerdas, seperti yang dilakukan oleh (Nauval *et al.*, 2022) melalui sistem "Automatic Stove Control" berbasis NodeMCU ESP8266 yang memungkinkan kendali jarak jauh via IoT. Melengkapi penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini mengusulkan inovasi berupa rancang bangun kompor listrik berbasis *mikrokontroler* ESP32S. Fokus utama pengembangan ini terletak pada penambahan fitur penghitung waktu otomatis. Fitur ini bertujuan untuk mempermudah pengguna dalam memantau durasi memasak serta mencegah risiko keamanan yang disebabkan oleh faktor kelalaian atau lupa mematikan kompor.

Metode

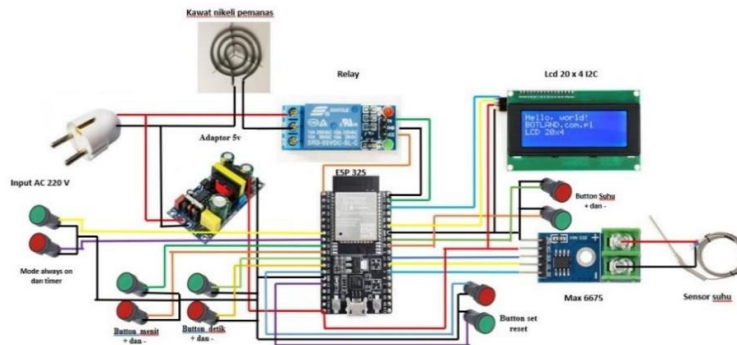
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen rekayasa dengan pendekatan *prototype design*. Metode ini dipilih untuk merancang, membuat, dan menguji kinerja kompor listrik otomatis hemat energi berbasis *mikrokontroler* ESP32S. Tahapan penelitian dilaksanakan secara sistematis meliputi studi literatur, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pembuatan prototipe, pengujian eksperimental, serta analisis hasil. Uraian rinci mengenai prosedur, algoritma, dan langkah-langkah pelaksanaan penelitian disampaikan pada subbagian berikutnya.

a. Studi Literatur

Tahap pertama adalah studi literatur yang dilakukan untuk memperoleh dasar teori serta referensi terkait perancangan sistem kendali otomatis berbasis *mikrokontroler*. Studi ini mencakup kajian terhadap prinsip kerja kompor listrik, karakteristik kawat nikelin sebagai elemen pemanas, cara kerja sensor suhu thermocouple tipe K, pemrosesan sinyal menggunakan modul MAX6675, serta pemrograman *mikrokontroler* ESP32S dengan integrasi komunikasi Internet of Things (IoT) melalui Telegram Bot. Referensi diperoleh dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, buku, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini.

b. Perancangan Alat

Tahapan ini mencakup proses perancangan keseluruhan sistem baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak.



Gambar 1 Skema pengkabelan

Gambar 1 menunjukkan pengkabelan antar komponen utama seperti ESP32S, modul MAX6675, sensor thermocouple tipe K, relay, LCD, dan elemen pemanas. Tegangan 220V AC disalurkan ke elemen pemanas melalui relay yang dikendalikan ESP32S berdasarkan hasil pembacaan suhu dari sensor.



Gambar 2 Prototipe kompor Listrik

Gambar 2 menunjukkan tampilan fisik prototype kompor listrik yang terdiri dari elemen pemanas, LCD 20×4, tombol pengatur, sensor suhu, serta casing berisi mikrokontroler, adaptor, dan modul relay. Sensor suhu dihubungkan dengan batang besi yang tersambung ke bagian bawah panci untuk merepresentasikan suhu panci. Pemrograman

mikrokontroler dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Algoritma program dirancang agar ESP32S dapat membaca data suhu, membandingkan dengan batas suhu yang diatur pengguna, dan mengontrol relay untuk menghidupkan atau mematikan elemen pemanas. Selain itu, program juga mengatur fungsi timer otomatis dan komunikasi dengan Telegram Bot untuk memberikan notifikasi atau kontrol jarak jauh.

c. Kalibrasi Sensor Suhu

Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor thermocouple tipe K terhadap alat ukur referensi Infrared Thermometer GM3320. Pengujian dilakukan dengan menempatkan sensor pada media es batu untuk suhu dingin dan solder untuk suhu panas, kemudian hasil pembacaan sensor termokopel di baca lagi dengan Infrared Thermometer GM3320. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil perbandingan antara pembacaan thermocouple dan thermometer

No	Pembacaan Thermocouple (°C)	Pembacaan Infrared Thermometer GM3320 (°C)	Selisih (°C)
1	5	4,3	0,7
2	10	9	1
3	15	13,4	1,6
4	20	18,6	1,4
5	25	23,4	1,6
6	30	27,3	2,7
7	35	33,6	1,4
8	40	37,8	2,2
9	45	42,1	2,9
10	50	46,3	3,7
11	55	53,7	1,3
12	60	57,1	2,9
13	65	63,4	1,6
14	70	65,9	4,1

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa selisih antara pembacaan Termokopel (X) dan Infrared Thermometer (Y) tidak bersifat konstan, melainkan cenderung meningkat secara non-linear seiring dengan kenaikan suhu. Oleh karena itu, pendekatan Polinomial Orde 2 digunakan untuk memodelkan karakteristik sensor dengan lebih presisi, maka dilakukan pemodelan menggunakan regresi polinomial orde dua dengan persamaan dasar sebagai berikut:

$$y = ax^2 + bx + cy = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

Keterangan

Y = Nilai suhu hasil pembacaan *Infrared Thermometer*, °C

a = Koefisien kuadrat, °C⁻¹

x = Nilai suhu referensi yang terbaca pada Termokopel, °C

b = Koefisien linear

c = Konstanta atau offset, °C

Hasil analisis regresi polinomial menghasilkan persamaan kompensasi sebagai berikut:

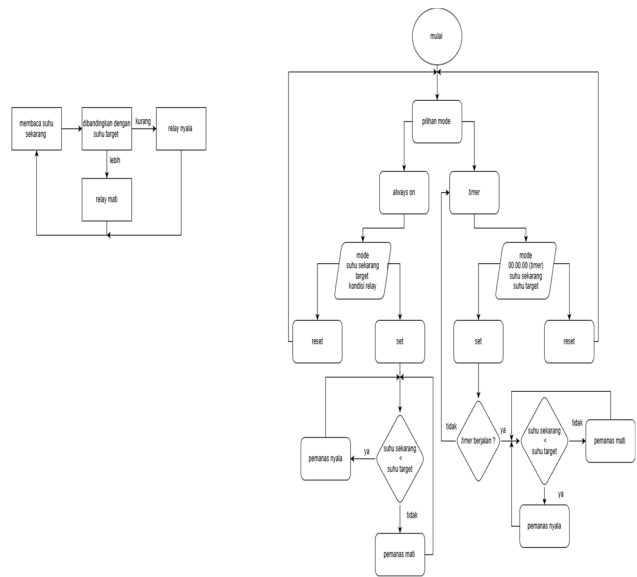
$$y = -0,000523x^2 + 1,0069x + -1,349y = -0,000523x^2 + 1,0069x + -1,349 \quad (2)$$

Keterangan :

Y = Nilai setelah dikalibrasi, °C

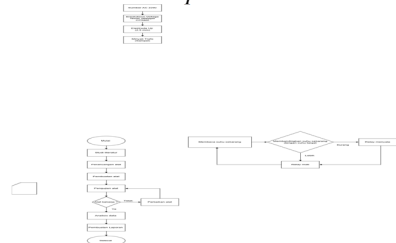
X = pembacaan suhu termokopel, °C

d. **Flowchart Sistem**



Gambar 3 Flowchart system

Gambar 3 menampilkan alur kerja sistem secara keseluruhan. Sistem terdiri dari dua mode operasi, yaitu mode *Always On* untuk memutus arus saat suhu sesuai *setpoint*, dan mode *Timer* yang bekerja berdasarkan waktu pemanasan yang telah ditentukan penggunaan atau suhu saat sesuai *setpoint*.



Gambar 4 Flowchart relay

Pada gambar 4 menampilkan logika pengendalian suhu dan waktu. Sistem membaca suhu dari sensor, membandingkannya dengan nilai *setpoint*, kemudian mengaktifkan atau mematikan relay sesuai kondisi. Relay akan aktif jika suhu di bawah *setpoint*, dan *nonaktif* ketika suhu melebihi batas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. **Hasil Pengujian Penggunaan kompor**

Pada pengujian tahap pertama, kompor listrik digunakan untuk proses pemanasan air menggunakan panci aluminium dengan ketebalan 1 mm, diameter 18 cm, dan volume air sebanyak 500 ml, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Selama proses pengujian, panci diletakkan tepat di atas permukaan elemen pemanas kompor listrik, sementara sensor suhu dihubungkan dengan batang besi yang tersambung ke bagian bawah panci untuk merepresentasikan suhu aktual panci secara lebih akurat. Sistem kendali bekerja dengan membaca suhu dari sensor *thermocouple* tipe K, kemudian membandingkannya dengan nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Relay akan mengaktifkan atau memutus aliran arus listrik ke elemen pemanas sesuai dengan kondisi suhu yang terukur.



Gambar 5 Percobaan dengan panci aluminium

Tabel 2 Hasil pengujian dengan panci aluminium mode *always on*

Suhu awal (°C)	Target(°C)	Suhu panci (°C)	Lama waktu	Suhu overshoot (°C)
31,8	50	63,5	06:05	81,2
32,0	75	82,2	08:12	102,5
31,5	100	91,2	10:28	118,8
31,7	125	103,6	13:45	136,4

Pada mode *always on* (Tabel 2), sistem bekerja dengan mempertahankan suhu berdasarkan nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan target suhu menyebabkan waktu pemanasan menjadi lebih lama, seiring dengan bertambahnya energi panas yang dibutuhkan untuk mencapai suhu tersebut. Sebagai contoh, untuk target 50 °C, waktu yang dibutuhkan hanya 6 menit 5 detik, sedangkan pada target 125 °C waktu pemanasan meningkat menjadi 13 menit 45 detik. Suhu panci yang tercapai pada setiap pengujian cenderung mendekati nilai target, namun masih terjadi *overshoot* yang cukup signifikan. Nilai *overshoot* meningkat seiring dengan kenaikan suhu target, dari 81,2 °C pada target 50 °C hingga mencapai 136,4 °C pada target 125 °C. Fenomena ini disebabkan oleh inersia panas pada elemen pemanas dan panci aluminium yang memiliki konduktivitas termal tinggi, sehingga panas yang tersimpan masih terus ditransfer ke panci meskipun suplai daya telah diputus oleh relay.

Tabel 3 Hasil pengujian dengan panci aluminium mode *timer*

Suhu awal (°C)	Target waktu	Suhu panci (°C)	Suhu terbaca termokopel (°C)	Suhu overshoot (°C)
31,5	05:00	61,2	54,3	78,5
32,2	07:30	72,8	68,1	96,4
31,8	10:00	89,6	91,2	112,3
31,7	12:30	96,4	104,5	124,6

Pada mode *timer* (Tabel 3), sistem tidak mengacu pada batas suhu tertentu, melainkan bekerja berdasarkan durasi pemanasan yang ditetapkan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan, semakin tinggi suhu panci yang dihasilkan. Pada durasi 5 menit, suhu panci tercatat sebesar 61,2 °C, sedangkan pada durasi 12 menit 30 detik suhu panci meningkat hingga 96,4 °C. Perbedaan antara suhu panci dan suhu yang terbaca oleh sensor *thermocouple* menunjukkan adanya keterlambatan respon sensor. Hal ini disebabkan oleh posisi sensor yang tidak bersentuhan langsung dengan air, melainkan terhubung melalui media konduksi berupa batang besi, sehingga terjadi delay perpindahan panas. Nilai *overshoot* pada mode *timer* juga meningkat seiring bertambahnya waktu pemanasan, dengan nilai tertinggi mencapai 124,6 °C pada durasi 12 menit 30 detik.

Pada pengujian tahap kedua, kompor listrik diuji menggunakan panci aluminium yang dilapisi bahan anti lengket *polytetrafluoroethylene* (PTFE) dengan ketebalan 2 mm, diameter 25 cm, dan volume air 500 ml. Pengujian dilakukan dalam dua mode operasi, yaitu mode *always on* dan mode *timer*, untuk mengevaluasi pengaruh material panci terhadap respon pemanasan dan kinerja sistem kendali.

Gambar 6 Percobaan dengan panci aluminium *polytetrafluoroethylene*Tabel 4 Hasil pengujian dengan panci aluminium *polytetrafluoroethylene* mode *always on*

Suhu awal (°C)	Target (°C)	Suhu panci (°C)	Lama waktu	Suhu overshoot (°C)
31,2	50	58,6	04:45	74,8
32,2	75	73,6	07:41	96,3
30,0	100	93,6	09:57	118,7
32,0	125	109,6	15:50	142,5

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, panci aluminium berlapis *polytetrafluoroethylene* (PTFE) menunjukkan karakteristik pemanasan yang relatif lebih lambat dibandingkan panci aluminium tanpa lapisan. Pada target suhu 50 °C, waktu pemanasan yang dibutuhkan mencapai 4 menit 45 detik, sedangkan pada target 125 °C waktu pemanasan meningkat hingga 15 menit 50 detik. Peningkatan waktu pemanasan ini menunjukkan bahwa energi panas yang diperlukan untuk mencapai suhu target bertambah seiring kenaikan *setpoint*. Lambatnya laju pemanasan dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu keberadaan lapisan PTFE dan diameter panci yang lebih besar. Lapisan PTFE memiliki konduktivitas termal yang lebih rendah dibandingkan aluminium, sehingga menghambat perpindahan panas dari elemen pemanas ke air. Selain itu, diameter panci yang lebih besar menyebabkan luas bidang kontak dengan elemen pemanas semakin besar, sehingga energi panas terdistribusi ke area yang lebih luas dan tidak terfokus pada satu titik. Akibatnya, kenaikan suhu berlangsung lebih bertahap. Meskipun laju pemanasan lebih lambat, hasil pengujian menunjukkan bahwa *overshoot* tetap terjadi pada setiap variasi suhu target. Nilai *overshoot* meningkat dari 74,8 °C pada target 50 °C hingga 142,5 °C pada target 125 °C. Hal ini disebabkan oleh inersia panas pada elemen pemanas dan panci, di mana panas yang telah terakumulasi masih terus ditransfer meskipun suplai daya telah diputus oleh relay. Fenomena ini menunjukkan keterbatasan kendali *on-off* dalam menahan lonjakan suhu pada sistem dengan massa termal yang besar.

Tabel 5 Hasil pengujian dengan panci aluminium *polytetrafluoroethylene* mode *timer*

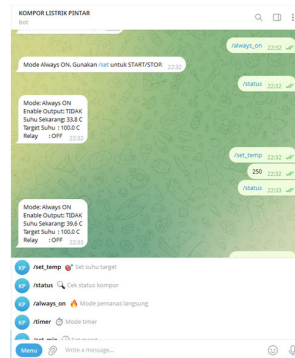
Suhu awal (°C)	Target waktu	Suhu panci (°C)	Suhu yang terbaca termokopel (°C)	Suhu overshoot (°C)
31,2	05:00	64,5	56	81,2
32,2	07:30	73,4	73,5	108,2
30	10:00	93,7	102	128,2
31,5	12:30	101,1	113	137,9

Hasil pengujian pada Tabel 5 menunjukkan bahwa pada mode *timer*, suhu panci meningkat seiring dengan bertambahnya durasi pemanasan. Pada waktu pemanasan 5 menit, suhu panci tercatat sebesar 64,5 °C, sedangkan pada durasi 10 menit suhu panci meningkat hingga 93,7 °C. Hal ini mengindikasikan bahwa pada mode *timer*, suhu akhir lebih dipengaruhi oleh lamanya pemanasan dibandingkan karakteristik kendali suhu. Perbedaan antara suhu panci dan suhu yang terbaca oleh sensor *thermocouple* menunjukkan adanya keterlambatan respon pengukuran. Keterlambatan ini terjadi karena sensor tidak bersentuhan langsung dengan media air, melainkan menerima panas melalui konduksi dari batang penghubung logam. Selain itu, diameter panci yang lebih besar juga meningkatkan luas permukaan samping panci, sehingga kehilangan panas ke lingkungan melalui konveksi dan radiasi menjadi lebih signifikan. Kondisi ini turut memengaruhi perbedaan suhu aktual panci dan suhu yang terdeteksi oleh sensor. Nilai *overshoot* pada mode *timer* menunjukkan tren peningkatan dari 81,2 °C hingga 128,2 °C seiring bertambahnya waktu pemanasan. Hal ini menegaskan bahwa tanpa batas suhu maksimum, sistem memiliki kecenderungan menghasilkan lonjakan suhu yang lebih besar, terutama pada panci dengan luas permukaan dan massa termal yang besar.

b. Analisis Komunikasi IoT

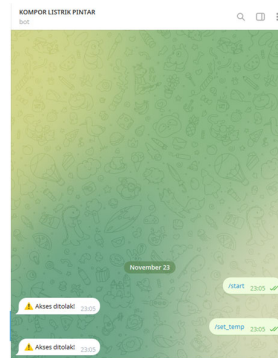
Pengujian komunikasi IoT dilakukan menggunakan *Telegram Bot* sebagai antarmuka kendali jarak jauh. Gambar berikut menunjukkan tampilan bot saat menerima perintah dari pengguna terdaftar. Bot mampu merespons berbagai fungsi utama seperti pengecekan status kompor, pengaturan suhu target, pengaturan waktu target, *always on*

mode, dan *timer* mode. Informasi yang ditampilkan meliputi mode operasi, suhu aktual, target suhu, serta kondisi relay. Kehadiran tombol perintah bawaan pada Telegram membuat interaksi lebih intuitif dan memudahkan pengguna dalam mengoperasikan kompor tanpa harus mengetik perintah secara manual.



Gambar 7 Antarmuka telegram yang bisa mengakses

Selain itu, sistem keamanan untuk validasi pengguna juga diuji dengan mencoba mengakses bot melalui akun yang tidak terdaftar. Hasilnya, bot secara otomatis menolak seluruh perintah dan menampilkan pesan “Akses ditolak!”, yang menandakan bahwa fitur autentikasi berjalan dengan baik. Mekanisme ini penting untuk mencegah penggunaan perangkat oleh pihak yang tidak berwenang.



Gambar 8 Antarmuka telegram yang tidak bisa mengakses

Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi IoT berjalan stabil, responsif, dan aman, sehingga mendukung pengendalian kompor listrik otomatis secara efisien dari jarak jauh.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe kompor listrik otomatis berbasis *mikrokontroler* ESP32S berhasil direalisasikan dan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem kendali suhu yang menggunakan sensor *thermocouple* tipe K dan modul MAX6675 mampu membaca perubahan suhu dan mengendalikan proses pemanasan berdasarkan nilai *setpoint* maupun durasi waktu yang ditentukan pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mode *always on* mampu mempertahankan suhu pemanasan mendekati nilai target, namun masih terjadi *overshoot* akibat inersia panas pada elemen pemanas dan panci, khususnya pada suhu target yang lebih tinggi. Sementara itu, mode *timer* memberikan kemudahan dalam pengaturan durasi pemanasan. Perbedaan karakteristik pemanasan juga dipengaruhi oleh jenis dan dimensi panci yang digunakan. Panci aluminium tanpa lapisan dengan diameter lebih kecil menunjukkan laju pemanasan yang lebih cepat, sedangkan panci aluminium berlapis *polytetrafluoroethylene* (PTFE) dengan diameter lebih besar memiliki waktu pemanasan yang lebih lama akibat pengaruh konduktivitas termal dan luas permukaan panci. Selain itu, terdapat perbedaan antara suhu panci dan suhu yang terbaca oleh sensor akibat keterlambatan respon pengukuran yang disebabkan oleh jalur konduksi panas sensor. Integrasi sistem *Internet of Things* (IoT) melalui *Telegram Bot* memungkinkan pemantauan dan pengendalian kompor secara jarak jauh dengan respon yang cepat serta mekanisme autentikasi pengguna yang berjalan dengan baik. Secara keseluruhan, prototipe kompor listrik ini dapat menjadi alternatif perangkat memasak yang lebih aman, praktis, dan modern dibandingkan kompor gas konvensional, dengan tetap memerlukan pengembangan lebih lanjut pada aspek kendali suhu dan akurasi pengukuran.

saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, masih terdapat banyak keterbatasan pada sistem kompor listrik yang perlu diperbaiki pada pengembangan selanjutnya. Salah satu kelemahan utama yang teridentifikasi adalah terjadinya *overshoot* suhu yang cukup signifikan, baik pada mode *always on* maupun mode *timer*. Fenomena ini terutama disebabkan oleh penggunaan metode kendali *on-off* yang belum mampu mengantisipasi inersia panas pada elemen pemanas dan panci. Oleh karena itu, penerapan metode kendali *Proportional-Integral-Derivative* (PID) disarankan agar respon sistem terhadap perubahan suhu menjadi lebih halus, stabil, dan mampu menekan lonjakan suhu setelah suplai daya diputus. Selain itu, perbedaan antara suhu panci dan suhu yang terbaca oleh sensor *thermocouple* menunjukkan adanya keterlambatan respon pengukuran. Keterbatasan ini disebabkan oleh posisi sensor yang tidak bersentuhan langsung dengan media air, melainkan menerima panas melalui konduksi dari batang logam penghubung. Untuk meningkatkan akurasi pengukuran suhu, disarankan dilakukan optimasi penempatan sensor, misalnya dengan menempatkan sensor lebih dekat ke permukaan panci atau menggunakan lebih dari satu sensor suhu untuk memperoleh nilai rata-rata yang lebih representatif terhadap suhu aktual panci. Dari sisi perangkat keras, karakteristik elemen pemanas yang masih menghasilkan akumulasi panas tinggi juga berkontribusi terhadap *overshoot*. Penggunaan teknik *soft-start* atau pengaturan daya berbasis *pulse width modulation* (PWM) dapat dipertimbangkan untuk mengatur suplai daya secara bertahap, sehingga laju kenaikan suhu dapat dikendalikan dengan lebih baik. Selain itu, penambahan sistem proteksi suhu berlebih (*overtemperature protection*) dapat meningkatkan aspek keselamatan alat. Pengembangan lebih lanjut juga dapat dilakukan pada sistem pemantauan berbasis IoT. Antarmuka *Telegram Bot* yang telah diterapkan dapat dikembangkan menjadi aplikasi *mobile* atau *web dashboard* yang menampilkan histori suhu, grafik pemanasan, serta notifikasi kondisi tidak normal secara lebih informatif. Dengan berbagai pengembangan tersebut, sistem kompor listrik diharapkan memiliki akurasi pengukuran yang lebih baik, kestabilan suhu yang lebih tinggi, serta tingkat keamanan dan kenyamanan penggunaan yang semakin optimal.

Daftar Pustaka

- Asyari, H., Umar, U. and Irawan, A.P. (2019) 'Desain Prototipe Kompor Listrik Tenaga Surya', *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 19(1), pp. 6–9. Available at: <https://doi.org/10.23917/emitor.v19i1.6997>.
- Bawa Susana, I.G. et al. (2023) 'Pelatihan Perawatan Kompor LPG Rumah Tangga untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran', *Jurnal Karya Pengabdian*, 5(2), pp. 66–72. Available at: <https://doi.org/10.29303/jkp.v5i2.159>.
- Nauval, M. et al. (2022) 'Automatic Stove Control System Based on the NodeMCU ESP8266 Microcontroller', 6(2), pp. 103–111.
- Qomaruddin, N. and Sulistiyanto, S. (2021) 'Perancangan Kompor Elektrik Dengan Solar Panel', *Journal of Electrical ...*, 3(2), pp. 96–99.
- Tajeri, Rima Puspita, R.S. (2025) 'DI KABUPATEN BARITO UTARA', 9(Vol. 9 No. 01 (2025): JURNAL ILMU EKONOMI MANAJEMEN PERUSAHAAN DAN BISNIS), pp. 30–43.
- Widiatmika, K.P. (2020) 'pembuatan kompor listrik untuk produksi batik tulis desa tawangharjo kecamatan karangploso kabupaten malang', *pembuatan kompor listrik untuk produksi batik tulis desa tawangharjo kecamatan karangploso kabupaten malang*, 416(1), pp. 1–7.