JURNAL ILMU FISIKA DAN TERAPANNYA
Volume 13 Edisi 02, Oktober, 2026, Halaman 43-55
DOI: *10.21831/jifta.v13i2.30449* **e-ISSN: 3026-5983**

PENERAPAN KONSEP TERMODINAMIKA PADA *OVEN MICROWAVE*

APPLICATION OF THERMODYNAMIC CONCEPTS IN MICROWAVE OVENS

Fatiatun*, Prodi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Sains Al Qur'an, Wonosobo, Indonesia
Suriani Abu Bakar, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Perak, Malaysia
Firdaus, Prodi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Sains Al Qur'an, Wonosobo, Indonesia
Sri Jumini, Prodi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Sains Al Qur'an, Wonosobo, Indonesia
Kusnanto Mukti Wibowo, Jurusan Teknologi Rekayasa Elektronika Medis, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Purwokerto, Indonesia
Riza Aryani Nur Khasanah, Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia
Yuni Lestiyanti, Jurusan Fisika, Fakulti Teknik Elektro, Universiti Teknologi Malaysia, 81310 Johor Bahru, Johor, Malaysia
Ika Ismatul Hawa, Prodi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Sains Al Qur'an, Wonosobo, Indonesia
Abbas Husein Attaslam, Prodi Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Sains Al Qur'an, Wonosobo, Indonesia
*e-mail: fatia@unsiq.ac.id

Abstrak. Perkembangan teknologi pemanasan makanan memerlukan pemahaman mengenai perubahan energi dan perpindahan kalor untuk meningkatkan efektivitas penggunaan *oven microwave*. Penelitian ini bertujuan menganalisis penerapan prinsip termodinamika pada *oven microwave*, khususnya perubahan energi, perpindahan kalor, dan mekanisme pemanasan makanan. Metode penelitian menggunakan studi literatur melalui kajian jurnal ilmiah, buku referensi, dan publikasi terkait termodinamika serta teknologi gelombang mikro. Data dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi hubungan antara hukum termodinamika dan prinsip kerja *oven microwave*. Hasil kajian menunjukkan bahwa energi listrik diubah menjadi energi elektromagnetik oleh magnetron, kemudian diserap makanan dan dikonversi menjadi energi termal melalui pemanasan dielektrik. Hukum pertama termodinamika menjelaskan kekekalan energi selama pemanasan, sedangkan hukum kedua menjelaskan arah perpindahan kalor, perubahan entropi, dan keterbatasan efisiensi energi. Proses isobarik menggambarkan perubahan volume gas atau uap pada tekanan relatif konstan, sementara penguapan menunjukkan perubahan fase akibat penyerapan kalor. Efektivitas pemanasan dipengaruhi oleh sifat dielektrik, kandungan air, massa, komposisi makanan, dan distribusi gelombang elektromagnetik. Dengan demikian, *oven microwave* menerapkan prinsip termodinamika melalui perubahan energi, perpindahan kalor, dan perubahan fase. Kajian ini menjadi landasan teoretis bagi penelitian eksperimental mengenai efisiensi energi, pemerataan suhu, serta optimalisasi proses pemanasan makanan menggunakan teknologi gelombang mikro dalam kehidupan sehari-hari secara lebih efektif dan efisien.

Kata Kunci: isobarik, konversi energi, oven microwave, pemanasan dielektrik, termodinamika

Abstract. *Advancements in food-heating technology require an understanding of energy transformation and heat transfer to improve microwave oven performance. This study analyses how thermodynamic principles apply to microwave ovens, focusing on energy transformation, heat transfer, and food-heating mechanisms. The research methodology includes a literature review of scientific journals, reference books, and publications on thermodynamics and microwave technology. The study analyzed data descriptively to identify the relationship between the laws of thermodynamics and the operating principles of microwave ovens. The findings indicate that a magnetron converts electrical energy into electromagnetic energy; the food then absorbs this energy and transforms it into thermal energy through dielectric heating. The first law of thermodynamics accounts for energy conservation during heating, while the second law addresses the direction of heat transfer, entropy changes, and the inherent limits of energy efficiency. Isobaric processes describe volume changes in gases or vapors at relatively constant pressure, whereas evaporation is a heat-driven phase change. Heating effectiveness depends on factors such as dielectric properties, moisture content, mass, food composition, and electromagnetic wave distribution. Thus, microwave ovens operate based on thermodynamic principles, involving energy transformation, heat transfer, and phase changes. This study provides a theoretical foundation for experimental research into energy efficiency, temperature uniformity, and optimizing food-heating processes using microwave technology, ultimately enabling more effective, efficient daily use.*

Keywords: isobaric, energy conversion, microwave oven, dielectric heating, thermodynamics

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada era modern mengalami kemajuan yang sangat pesat, khususnya dalam bidang peralatan elektronik yang digunakan untuk menunjang aktivitas manusia. Kemajuan teknologi tersebut memberikan berbagai kemudahan dalam kehidupan sehari-hari, termasuk dalam kegiatan rumah tangga seperti memasak, memanaskan makanan, dan menyimpan bahan pangan (Pratama & Wahyudin, 2023). Berbagai peralatan yang sebelumnya digunakan secara konvensional kini mulai dikembangkan menjadi perangkat yang lebih praktis, efisien, dan mudah dioperasikan. Perubahan ini mendorong masyarakat untuk beradaptasi dengan teknologi modern yang mampu menghemat waktu dan tenaga. Salah satu bentuk perkembangan teknologi dalam bidang pengolahan makanan adalah penggunaan *oven microwave* sebagai alat pemanas makanan yang memanfaatkan energi gelombang elektromagnetik (Fadhilatunnur et al., 2022). Penelitian lain juga membahas mengenai termodinamika dalam aplikasi di kulkas (Fatiatun et al., 2023)

Kehidupan manusia tidak dapat dipisahkan dari berbagai fenomena fisika yang terjadi di lingkungan sekitar. Salah satu cabang ilmu fisika yang memiliki peranan penting dalam kehidupan sehari-hari adalah termodinamika. Termodinamika merupakan ilmu yang mempelajari hubungan antara kalor, suhu, energi, usaha, serta perubahan energi yang terjadi dalam suatu sistem. Konsep termodinamika dapat ditemukan pada berbagai peralatan rumah tangga, seperti lemari pendingin, pendingin ruangan, dispenser, kompor, dan oven (Afianti et al., 2025). Sebagai contoh, penerapan prinsip termodinamika pada dispenser dapat diamati melalui proses pemanasan (*heating*) dan pendinginan (*cooling*) air yang melibatkan

perpindahan energi (Aditya et al., 2024). Hal tersebut menunjukkan bahwa konsep termodinamika tidak hanya dipelajari secara teoretis, tetapi juga diterapkan secara langsung dalam teknologi yang digunakan manusia.

Salah satu peralatan rumah tangga yang memanfaatkan prinsip fisika dalam proses pemanasan adalah *oven microwave*. Alat ini digunakan untuk memanaskan, mencairkan, dan memasak berbagai jenis makanan dalam waktu yang relatif singkat. Berbeda dengan oven konvensional yang umumnya menggunakan elemen pemanas untuk meningkatkan suhu udara di dalam ruang oven, *oven microwave* memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk menghasilkan panas pada bahan makanan (Firdaus et al., 2024). Penggunaan teknologi tersebut memungkinkan energi disalurkan secara langsung ke bagian tertentu dari makanan yang mampu menyerap gelombang mikro. Oleh karena itu, *oven microwave* menjadi salah satu contoh penerapan teknologi modern yang berkaitan erat dengan konsep energi, kalor, dan perubahan suhu dalam kajian termodinamika (Maharani et al., 2025).

Prinsip kerja *oven microwave* didasarkan pada pemanfaatan gelombang elektromagnetik dengan frekuensi yang umumnya digunakan sekitar 2,45 GHz. Gelombang mikro tersebut dihasilkan oleh komponen yang disebut magnetron, kemudian diarahkan menuju ruang pemanasan yang berisi makanan. Ketika gelombang mikro berinteraksi dengan bahan makanan, medan listrik yang berubah-ubah menyebabkan molekul polar, terutama molekul air, mengalami perubahan orientasi secara berulang. Selain itu, ion-ion yang terkandung dalam makanan juga dapat bergerak akibat pengaruh medan listrik. Interaksi tersebut menghasilkan pemanasan dielektrik, yaitu proses perubahan energi elektromagnetik menjadi energi termal di dalam bahan makanan. Mekanisme ini menjelaskan bagaimana *oven microwave* dapat meningkatkan suhu makanan tanpa harus terlebih dahulu memanaskan seluruh udara di dalam ruang oven.

Proses pemanasan yang terjadi pada *oven microwave* memiliki hubungan erat dengan hukum pertama termodinamika, yaitu prinsip kekekalan energi (Trisnowati et al., 2023). Hukum ini menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, tetapi dapat mengalami perubahan dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Pada *oven microwave*, energi listrik digunakan untuk mengoperasikan magnetron yang menghasilkan gelombang elektromagnetik. Sebagian energi gelombang tersebut kemudian diserap oleh makanan dan diubah menjadi energi internal sehingga suhu makanan meningkat. Peningkatan energi internal ini dapat diamati melalui perubahan suhu bahan makanan selama proses pemanasan berlangsung. Besarnya energi yang diperlukan untuk meningkatkan suhu makanan dapat dikaji menggunakan persamaan kalor.

Pemanasan makanan menggunakan *oven microwave* juga melibatkan proses perpindahan energi panas (Santoso et al., 2004). Gelombang elektromagnetik dapat menembus bahan makanan hingga kedalaman tertentu, bergantung pada komposisi, sifat dielektrik, dan frekuensi gelombang yang digunakan. Energi yang diserap kemudian menghasilkan panas pada bagian makanan yang berinteraksi dengan gelombang mikro. Selanjutnya, panas berpindah dari bagian yang memiliki suhu lebih tinggi menuju bagian yang suhunya lebih rendah melalui proses konduksi. Kondisi ini menjelaskan mengapa makanan yang dipanaskan menggunakan *oven microwave* dapat mengalami peningkatan suhu pada bagian luar maupun bagian dalam. Meskipun demikian, distribusi suhu tidak selalu merata karena dipengaruhi oleh bentuk, ukuran, kandungan air, serta susunan makanan di dalam ruang pemanasan.

Selain melibatkan hukum pertama termodinamika, proses pemanasan menggunakan *oven microwave* juga dapat dikaitkan dengan hukum kedua termodinamika. Hukum kedua termodinamika menjelaskan bahwa proses perpindahan kalor secara spontan berlangsung dari daerah bersuhu lebih tinggi menuju daerah bersuhu lebih rendah. Pada makanan yang dipanaskan, perbedaan suhu antarbagiannya menyebabkan terjadinya perpindahan kalor

hingga distribusi suhu menjadi lebih merata. Proses tersebut juga berkaitan dengan perubahan entropi, yaitu besaran termodinamika yang digunakan untuk menggambarkan penyebaran energi dalam suatu sistem. Dalam praktiknya, tidak seluruh energi listrik yang dikonsumsi *oven microwave* berhasil dimanfaatkan untuk memanaskan makanan karena sebagian energi mengalami kehilangan melalui komponen elektronik, dinding ruang pemanasan, dan lingkungan sekitar. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi energi menjadi salah satu aspek penting dalam memahami penerapan termodinamika pada *oven microwave* (Ciptaningtyas, Ariesta Wulandari Susanto, 2025).

Fenomena termodinamika lainnya yang dapat terjadi selama penggunaan *oven microwave* adalah penguapan air dan perubahan tekanan uap di dalam makanan atau wadah. Ketika makanan dipanaskan, energi termal yang meningkat dapat menyebabkan sebagian kandungan air berubah dari fase cair menjadi fase gas. Apabila proses pemanasan berlangsung di dalam wadah terbuka, tekanan udara di sekitarnya dapat dianggap relatif konstan sehingga beberapa perubahan keadaan dapat didekati sebagai proses isobarik. Namun, apabila makanan dipanaskan dalam wadah tertutup rapat, tekanan uap dapat meningkat akibat akumulasi uap air. Peningkatan tekanan tersebut berpotensi menyebabkan kerusakan wadah atau bahkan ledakan apabila uap tidak memiliki jalur keluar. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara suhu, tekanan, dan perubahan fase sangat diperlukan agar penggunaan *oven microwave* dapat dilakukan secara aman.

Jenis bahan makanan dan wadah yang digunakan juga memengaruhi efektivitas proses pemanasan. Makanan yang memiliki kandungan air, lemak, dan garam berbeda dapat menunjukkan respons pemanasan yang berbeda ketika terkena gelombang mikro (Riyanto et al., 2024). Selain itu, bahan wadah memiliki karakteristik tersendiri dalam berinteraksi dengan gelombang elektromagnetik. Wadah kaca atau keramik yang sesuai umumnya dapat digunakan untuk memanaskan makanan, sedangkan wadah plastik harus memiliki keterangan aman untuk penggunaan dalam microwave. Penggunaan aluminium foil dan benda logam memerlukan perhatian khusus karena logam dapat memantulkan gelombang mikro dan dalam kondisi tertentu menimbulkan percikan listrik. Oleh sebab itu, pemilihan wadah yang tepat merupakan faktor penting dalam menjaga keamanan sekaligus mendukung efektivitas pemanasan makanan.

Berdasarkan berbagai fenomena tersebut, *oven microwave* merupakan salah satu teknologi yang relevan untuk dikaji melalui penerapan konsep termodinamika. Proses pemanasan yang terjadi di dalamnya tidak hanya berkaitan dengan perubahan energi listrik menjadi energi termal, tetapi juga melibatkan peningkatan energi internal, perpindahan kalor, perubahan suhu, penguapan, dan efisiensi energi. Pemahaman mengenai prinsip-prinsip tersebut diperlukan untuk menjelaskan bagaimana *oven microwave* mampu memanaskan makanan dalam waktu relatif singkat serta faktor-faktor yang memengaruhi hasil pemanasannya. Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk membahas penerapan konsep termodinamika pada *oven microwave*, khususnya yang berkaitan dengan hukum pertama dan kedua termodinamika, mekanisme pemanasan, proses perpindahan kalor, serta perubahan energi yang berlangsung selama pengoperasiannya. Melalui pembahasan ini, diharapkan pembaca dapat memahami keterkaitan antara teori termodinamika dan penerapannya dalam teknologi rumah tangga yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam artikel ini adalah studi. Sumber informasi diperoleh dari jurnal ilmiah, buku referensi, dan artikel ilmiah yang membahas konsep termodinamika serta prinsip kerja *oven microwave*. Penelitian ini berfokus pada penerapan hukum pertama dan kedua termodinamika, proses perubahan energi listrik menjadi energi panas, mekanisme perpindahan kalor, serta proses pemanasan makanan menggunakan

gelombang mikro. Data dan informasi yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan dan menghubungkan teori-teori yang relevan untuk memberikan pemahaman mengenai penerapan prinsip termodinamika dalam sistem kerja *oven microwave*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Termodinamika merupakan salah satu cabang ilmu fisika yang mempelajari hubungan antara kalor, usaha, suhu, dan energi dalam suatu sistem. Termodinamika membahas hubungan antara panas dan kerja mekanik serta berbagai bentuk energi lainnya, termasuk proses perpindahan energi. Perkembangan ilmu termodinamika bermula pada abad ke-19 ketika para ilmuwan mulai mempelajari hubungan antara kalor dan kemampuan suatu sistem untuk menghasilkan usaha mekanik. Dalam kehidupan sehari-hari, penerapan konsep termodinamika dapat ditemukan pada berbagai peralatan teknologi, seperti mesin pendingin, dispenser, mesin kalor, dan *oven microwave* (Afianti et al., 2025). Pada *oven microwave*, prinsip termodinamika digunakan untuk menjelaskan perubahan energi listrik menjadi energi termal yang menyebabkan peningkatan suhu bahan makanan. Proses tersebut menunjukkan bahwa energi dapat mengalami perubahan bentuk dan berpindah dari suatu sistem menuju sistem lainnya (Nurbilqis et al., 2025).

Dalam kajian termodinamika, sistem merupakan bagian dari alam semesta yang menjadi objek pengamatan, sedangkan lingkungan adalah segala sesuatu yang berada di luar batas sistem tersebut. Sistem dan lingkungan dapat saling berinteraksi melalui perpindahan energi maupun massa, bergantung pada karakteristik batas sistem yang digunakan. Secara umum, sistem termodinamika dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu sistem terbuka, sistem tertutup, dan sistem terisolasi (Nasution et al., 2025). Sistem terbuka memungkinkan terjadinya pertukaran massa dan energi dengan lingkungan, sedangkan sistem tertutup hanya memungkinkan pertukaran energi tanpa perpindahan massa melintasi batas sistem. Sementara itu, sistem terisolasi merupakan sistem yang secara ideal tidak mengalami pertukaran massa maupun energi dengan lingkungan. Dalam penggunaan *oven microwave*, makanan dapat dipandang sebagai sistem yang menerima energi dari gelombang elektromagnetik. Apabila makanan mengalami penguapan sehingga uap air keluar dari batas sistem, makanan tersebut dapat dianalisis sebagai sistem terbuka.

Oven microwave merupakan peralatan elektronik yang memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk memanaskan atau memasak makanan dalam waktu relatif singkat. Alat ini bekerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi gelombang mikro yang kemudian diserap oleh bahan makanan dan menghasilkan peningkatan energi termal. Hubungan antara *oven microwave* dan termodinamika dapat dilihat dari proses perubahan energi, perpindahan kalor, serta perubahan suhu yang terjadi selama proses pemanasan. Berbeda dengan oven konvensional yang memanfaatkan elemen pemanas untuk memanaskan udara dan permukaan makanan, *oven microwave* menghasilkan panas melalui interaksi gelombang elektromagnetik dengan komponen tertentu di dalam bahan makanan. Proses ini memungkinkan terjadinya pemanasan secara volumetrik pada bagian makanan yang dapat dijangkau oleh gelombang mikro. Oleh karena itu, pemahaman mengenai konsep termodinamika diperlukan untuk menjelaskan mekanisme pemanasan dan faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas penggunaan *oven microwave*.

Prinsip kerja *oven microwave* didasarkan pada penggunaan gelombang mikro yang merupakan bagian dari spektrum gelombang elektromagnetik (Abdullah et al., 2020). Gelombang elektromagnetik dapat merambat tanpa memerlukan medium dan membawa energi yang dapat diserap oleh suatu bahan. Pada *oven microwave* rumah tangga, frekuensi yang umum digunakan adalah sekitar 2.450 MHz. Ketika gelombang mikro diarahkan menuju makanan, medan listrik yang berubah secara periodik akan berinteraksi dengan molekul polar dan ion yang terdapat di dalam bahan makanan. Interaksi tersebut

menyebabkan terjadinya perubahan orientasi molekul dan pergerakan ion yang menghasilkan pemanasan dielektrik. Besarnya energi yang diserap dipengaruhi oleh sifat bahan, terutama kandungan air, komposisi kimia, dan karakteristik dielektriknya. Dengan demikian, gelombang mikro berperan sebagai media penghantar energi elektromagnetik yang selanjutnya diubah menjadi energi termal pada bahan makanan.

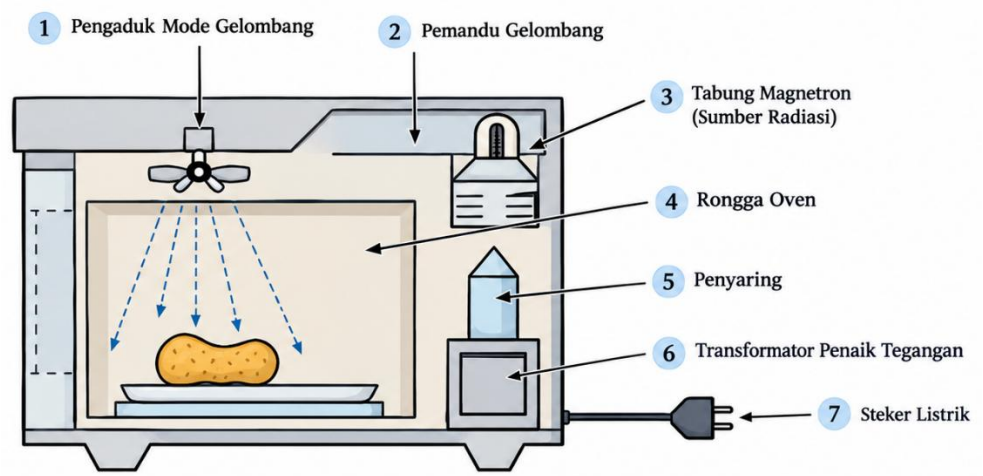
Bahan makanan umumnya mengandung air, lemak, protein, karbohidrat, dan berbagai mineral yang memiliki karakteristik berbeda dalam menyerap energi elektromagnetik. Molekul air menjadi salah satu komponen penting dalam proses pemanasan menggunakan *oven microwave* karena memiliki sifat polar atau dipol listrik. Molekul polar merupakan molekul yang memiliki distribusi muatan listrik tidak merata sehingga terdapat sisi yang relatif bermuatan positif dan sisi lainnya relatif bermuatan negatif. Ketika terkena medan listrik gelombang mikro yang berubah secara cepat, molekul air cenderung menyesuaikan orientasinya mengikuti perubahan arah medan listrik tersebut. Pergerakan dan interaksi antarmolekul menghasilkan disipasi energi yang meningkatkan energi internal bahan makanan. Mekanisme ini dikenal sebagai pemanasan dielektrik (*dielectric heating*). Selain molekul air, ion terlarut juga berkontribusi terhadap pemanasan melalui pergerakan muatan listrik di dalam bahan makanan.

Proses pembentukan panas pada *oven microwave* terjadi ketika energi elektromagnetik yang diserap oleh bahan makanan diubah menjadi energi termal. Medan listrik yang berubah secara berulang menyebabkan molekul polar mengalami perubahan orientasi secara terus-menerus. Respons molekul terhadap perubahan medan listrik tidak berlangsung secara sempurna karena adanya hambatan dan interaksi antarmolekul, sehingga sebagian energi elektromagnetik terdisipasi menjadi panas. Selain itu, perpindahan ion-ion bermuatan dalam bahan makanan juga dapat menghasilkan energi termal. Peningkatan energi internal akibat proses tersebut menyebabkan suhu makanan meningkat secara bertahap selama pemanasan berlangsung. Mekanisme ini berbeda dengan pemanasan konvensional yang umumnya mengandalkan perpindahan panas dari permukaan menuju bagian dalam makanan. Meskipun demikian, pemanasan menggunakan gelombang mikro tetap melibatkan perpindahan kalor secara konduksi untuk menyebarkan energi panas ke bagian makanan yang tidak menerima energi gelombang secara langsung.

Salah satu karakteristik utama pemanasan menggunakan *oven microwave* adalah kemampuan gelombang mikro untuk menembus bahan makanan hingga kedalaman tertentu. Kedalaman penetrasi tersebut bergantung pada frekuensi gelombang, kandungan air, suhu, dan sifat dielektrik bahan makanan. Energi gelombang yang diserap dapat menghasilkan panas pada sejumlah bagian di dalam makanan, sehingga proses pemanasan tidak selalu dimulai dari permukaan. Akan tetapi, hal ini tidak berarti bahwa semua bagian makanan mengalami peningkatan suhu secara bersamaan atau merata. Perbedaan distribusi medan elektromagnetik di dalam ruang oven dapat menyebabkan terbentuknya daerah yang lebih panas (hot spots) dan daerah yang lebih dingin (cold spots). Panas dari bagian yang bersuhu lebih tinggi kemudian berpindah menuju bagian yang bersuhu lebih rendah melalui konduksi. Oleh karena itu, penggunaan piringan berputar dan pengadukan makanan dapat membantu meningkatkan keseragaman suhu selama proses pemanasan.

Sistem kerja *oven microwave* melibatkan beberapa komponen utama yang memiliki fungsi berbeda tetapi saling berkaitan (Akbar et al., 2026). Berdasarkan ilustrasi komponen pada dokumen, bagian utama alat ini meliputi pengaduk mode gelombang, pemandu gelombang, tabung magnetron (sumber radiasi), rongga oven, penyaring, transformator penaik tegangan, dan steker listrik. Magnetron berfungsi menghasilkan gelombang mikro dari energi listrik, sedangkan waveguide mengarahkan gelombang tersebut menuju ruang pemanasan. Komponen microwave stirrer membantu mengubah pola penyebaran gelombang agar energi dapat tersebar ke berbagai bagian ruang oven. Selain itu, beberapa jenis *oven*

microwave dilengkapi dengan piringan berputar yang berfungsi mengubah posisi makanan terhadap pola medan elektromagnetik. Kerja sama antarkomponen tersebut memungkinkan makanan menerima energi gelombang mikro sehingga mengalami peningkatan suhu. Susunan komponen (Gambar 1) ini menunjukkan bahwa proses pemanasan merupakan hasil interaksi antara sistem kelistrikan, gelombang elektromagnetik, dan mekanisme termal.



Gambar 1. Komponen dalam *oven microwave*

Magnetron merupakan komponen utama pada *oven microwave* yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi elektromagnetik berbentuk gelombang mikro. Komponen ini bekerja dengan memanfaatkan interaksi elektron, medan listrik, dan medan magnet untuk menghasilkan osilasi elektromagnetik pada frekuensi tertentu. Energi listrik yang berasal dari sumber listrik rumah tangga diolah oleh sistem catu daya untuk menyediakan tegangan yang diperlukan magnetron. Ketika magnetron bekerja, energi elektromagnetik yang dihasilkan kemudian disalurkan menuju ruang pemanasan melalui saluran khusus. Dari sudut pandang termodinamika, proses ini menunjukkan terjadinya konversi energi dari energi listrik menjadi energi elektromagnetik yang selanjutnya dapat berubah menjadi energi termal ketika diserap oleh makanan. Tidak seluruh energi listrik berhasil diubah menjadi energi gelombang mikro karena sebagian energi hilang dalam bentuk panas pada komponen alat. Oleh karena itu, magnetron memiliki peranan penting dalam menentukan efektivitas dan efisiensi energi selama proses pemanasan.

Pemandu gelombang merupakan saluran penghantar gelombang elektromagnetik yang berfungsi mengarahkan energi dari magnetron menuju ruang pemanasan. Komponen ini umumnya dibuat menggunakan bahan konduktor yang mampu membatasi serta mengarahkan perambatan gelombang mikro sesuai bentuk salurannya. Setelah gelombang memasuki ruang oven, distribusi energi elektromagnetik dapat menjadi tidak merata akibat adanya pemantulan gelombang dari dinding logam ruang pemanasan. Untuk mengurangi ketidakmerataan tersebut, beberapa *oven microwave* menggunakan microwave stirrer berupa komponen pemantul bergerak yang mengubah pola medan elektromagnetik. Selain itu, penggunaan piringan berputar membantu makanan melewati daerah dengan intensitas medan yang berbeda. Kedua mekanisme tersebut bertujuan meningkatkan keseragaman pemanasan dan mengurangi perbedaan suhu antarbagiannya. Dengan demikian, waveguide dan microwave stirrer berperan penting dalam proses distribusi energi elektromagnetik menuju bahan makanan.

Hukum pertama termodinamika menjelaskan bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, melainkan hanya dapat berpindah atau berubah dari satu bentuk ke bentuk lainnya (Afianti et al., 2025; Fitria et al., 2026). Dalam proses pemanasan menggunakan *oven*

microwave, energi listrik yang digunakan untuk mengoperasikan alat diubah menjadi energi elektromagnetik melalui magnetron. Energi elektromagnetik tersebut kemudian diserap oleh bahan makanan sehingga meningkatkan energi internalnya. Apabila makanan dianggap sebagai sistem tertutup sederhana, perubahan energi internal dapat dinyatakan melalui persamaan 1 dengan ΔU sebagai perubahan energi internal, Q sebagai kalor bersih yang diterima sistem, dan W sebagai usaha yang dilakukan sistem terhadap lingkungan. Namun, pada pemanasan gelombang mikro, energi yang masuk terutama berasal dari penyerapan energi elektromagnetik, sehingga bentuk neraca energi harus mempertimbangkan masukan energi tersebut secara khusus. Penerapan hukum pertama termodinamika memungkinkan hubungan antara energi yang diserap, peningkatan suhu, perubahan fase, dan kehilangan energi selama proses pemanasan dianalisis secara sistematis.

$$\Delta U = Q - W \tag{1}$$

Peningkatan suhu makanan selama proses pemanasan dapat dijelaskan melalui hubungan antara massa bahan, kalor jenis, dan perubahan suhu. Secara sederhana, kebutuhan energi termal untuk menaikkan suhu suatu bahan tanpa perubahan fase dapat dihitung menggunakan persamaan 2. Dalam persamaan tersebut, Q merupakan energi termal dalam satuan joule, m adalah massa bahan dalam kilogram, c merupakan kalor jenis bahan dalam satuan J/kg°C, dan ΔT adalah perubahan suhu dalam °C. Berdasarkan persamaan tersebut, semakin besar massa makanan yang dipanaskan, semakin besar energi yang diperlukan untuk mencapai peningkatan suhu tertentu apabila sifat bahan dianggap sama. Kalor jenis juga menentukan besarnya energi yang diperlukan untuk meningkatkan suhu makanan. Bahan dengan kalor jenis tinggi membutuhkan lebih banyak energi untuk mencapai perubahan suhu yang sama dibandingkan bahan dengan kalor jenis lebih rendah. Persamaan ini dapat digunakan sebagai pendekatan awal untuk menjelaskan kebutuhan energi termal pada pemanasan makanan menggunakan *oven microwave*.

$$Q = mc\Delta T \tag{2}$$

Perpindahan kalor merupakan salah satu fenomena penting dalam proses pemanasan makanan menggunakan *oven microwave* (Stevanus et al., 2022). Secara umum, perpindahan kalor dapat terjadi melalui konduksi, konveksi, dan radiasi, meskipun peranan setiap mekanisme berbeda sesuai kondisi pemanasan. Pada *oven microwave*, energi elektromagnetik masuk ke bahan makanan melalui gelombang mikro, kemudian diserap dan diubah menjadi energi termal. Setelah terbentuk perbedaan suhu di dalam makanan, panas berpindah melalui konduksi dari bagian yang lebih panas menuju bagian yang lebih dingin. Pada makanan cair, perpindahan panas juga dapat berlangsung melalui konveksi akibat pergerakan fluida yang disebabkan oleh perbedaan suhu dan massa jenis. Sementara itu, kehilangan kalor dari permukaan makanan menuju lingkungan dapat terjadi melalui konveksi dan radiasi termal. Kombinasi mekanisme tersebut menentukan distribusi suhu akhir serta memengaruhi tingkat kematangan makanan setelah proses pemanasan.

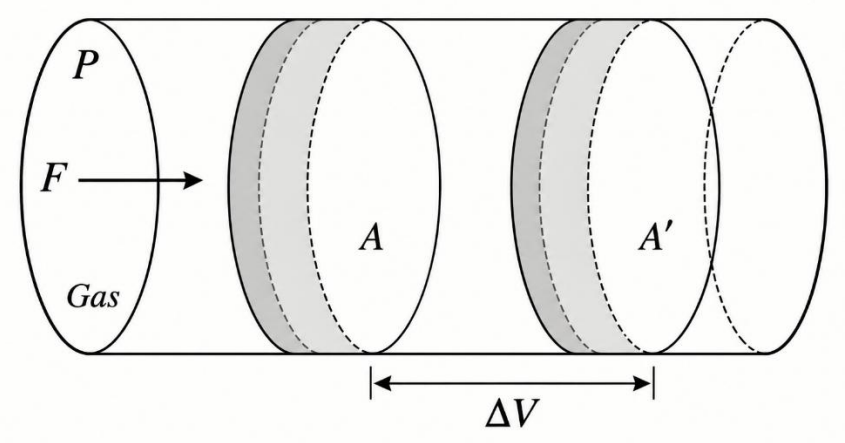
Hukum kedua termodinamika berkaitan dengan arah berlangsungnya proses alami serta perubahan entropi dalam suatu sistem. Pada proses pemanasan makanan menggunakan *oven microwave*, energi elektromagnetik diserap dan terdisipasi menjadi energi termal melalui mekanisme yang bersifat tidak dapat balik sepenuhnya. Ketika terbentuk perbedaan suhu di antara bagian-bagian makanan, kalor secara spontan berpindah dari daerah bersuhu lebih tinggi menuju daerah bersuhu lebih rendah. Perpindahan tersebut berlangsung seiring dengan perubahan distribusi energi dan pembentukan entropi. Dalam sistem nyata, proses pemanasan tidak memiliki efisiensi sempurna karena sebagian energi listrik yang digunakan

berubah menjadi panas pada komponen elektronik atau hilang menuju lingkungan. Fenomena ini menunjukkan bahwa hukum kedua termodinamika relevan untuk menjelaskan ketidakbalikan proses pemanasan, penyebaran energi termal, dan keterbatasan efisiensi alat. Dengan demikian, hukum kedua termodinamika melengkapi hukum pertama dalam menganalisis proses perubahan energi yang terjadi pada *oven microwave*.

Proses isobarik merupakan proses termodinamika yang berlangsung pada tekanan konstan atau tetap seperti ditunjukkan dalam Gambar 2. Pada proses ini, perubahan suhu suatu gas dapat menyebabkan perubahan volumenya selama tekanan dipertahankan tetap. Hubungan tersebut dapat dijelaskan melalui persamaan gas ideal pada persamaan 3, dengan P sebagai tekanan, V sebagai volume, n sebagai jumlah mol gas, R sebagai konstanta gas ideal, dan T sebagai suhu mutlak dalam kelvin. Apabila tekanan dan jumlah mol gas tetap, volume gas akan berbanding lurus dengan suhu mutlaknya, sehingga berlaku hubungan pada persamaan 4. Dalam konteks pemanasan menggunakan *oven microwave*, pendekatan isobarik dapat digunakan untuk membahas pemanasan atau pengembangan uap pada kondisi tekanan yang relatif konstan, misalnya uap yang terbentuk dan keluar dari wadah terbuka. Namun, proses pemanasan dalam *oven microwave* secara keseluruhan tidak selalu berlangsung secara isobarik karena kondisi tekanan dapat berbeda bergantung pada jenis makanan dan wadah yang digunakan.

$$PV = nRT \tag{3}$$

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 \tag{4}$$



Gambar 2. Proses isobarik

Pada proses isobarik, suatu gas dapat melakukan usaha ketika mengalami perubahan volume pada tekanan konstan. Apabila gas menerima energi dan mengalami pemuaian, volumenya meningkat sehingga gas dapat melakukan usaha terhadap lingkungan. Sebaliknya, apabila volume gas berkurang akibat kompresi, usaha dapat dilakukan oleh lingkungan terhadap gas. Besarnya usaha yang dilakukan gas pada proses isobarik dinyatakan melalui persamaan 5, dengan W sebagai usaha dalam joule, P sebagai tekanan tetap dalam pascal, serta V_1 dan V_2 sebagai volume awal dan volume akhir dalam meter kubik. Apabila volume akhir lebih besar daripada volume awal, nilai usaha menjadi positif karena gas mengalami ekspansi. Sementara itu, apabila volume akhir lebih kecil, nilai usaha menjadi negatif. Dalam proses pemanasan makanan menggunakan *oven microwave*, konsep ini dapat digunakan untuk menganalisis pengembangan uap air dalam kondisi tekanan yang mendekati konstan, tetapi tidak secara langsung menggambarkan seluruh mekanisme pemanasan gelombang mikro.

$$W = P(V_2 - V_1) \quad (5)$$

Penerapan hukum pertama termodinamika pada proses isobarik menunjukkan bahwa energi yang diterima sistem dapat digunakan untuk meningkatkan energi internal sekaligus melakukan usaha terhadap lingkungan. Secara matematis, hubungan tersebut dinyatakan melalui persamaan 6, apabila Q adalah kalor masuk dan W merupakan usaha yang dilakukan sistem. Untuk gas ideal dengan kapasitas kalor konstan, perubahan energi internal dapat dinyatakan dalam persamaan 7, sedangkan kalor pada proses isobarik dinyatakan dalam persamaan 8. Besaran C_v merupakan kapasitas kalor molar pada volume tetap, sedangkan C_p merupakan kapasitas kalor molar pada tekanan tetap. Hubungan tersebut memperlihatkan bahwa kalor yang diterima gas pada tekanan konstan tidak hanya menyebabkan peningkatan suhu, tetapi juga dapat digunakan untuk melakukan usaha ekspansi. Dalam pembahasan *oven microwave*, persamaan ini relevan sebagai model ideal untuk menjelaskan perilaku gas atau uap selama pemanasan pada tekanan tetap.

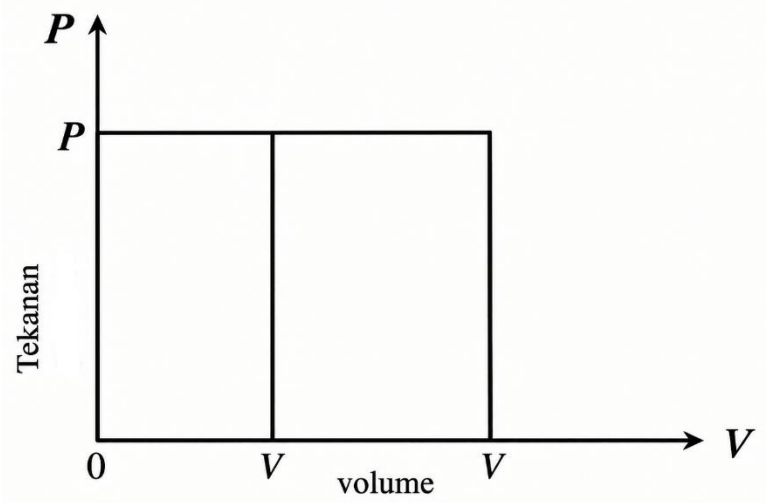
$$Q = \Delta U + W \quad (6)$$

$$\Delta U = nC_v\Delta T \quad (7)$$

$$Q_p = nC_p\Delta T \quad (8)$$

Hubungan antara tekanan dan volume pada proses isobarik dapat digambarkan melalui grafik tekanan-volume atau grafik P–V. Pada grafik tersebut, tekanan ditempatkan pada sumbu vertikal, sedangkan volume ditempatkan pada sumbu horizontal. Karena tekanan dipertahankan konstan, proses isobarik digambarkan sebagai garis horizontal yang menunjukkan perubahan volume dari keadaan awal menuju keadaan akhir. Apabila gas mengalami ekspansi, garis proses bergerak ke arah volume yang lebih besar, sedangkan proses kompresi ditunjukkan oleh perubahan menuju volume yang lebih kecil. Luas daerah di bawah garis proses yang dibatasi oleh volume awal dan akhir menggambarkan besarnya usaha gas, yang dinyatakan dalam persamaan 9. Semakin besar perubahan volume pada tekanan yang sama, semakin besar usaha yang dilakukan oleh gas. Grafik P–V (Gambar 3) menjadi ilustrasi untuk memahami hubungan tersebut dan menunjukkan bahwa tekanan dapat tetap konstan meskipun volume sistem mengalami perubahan.

$$W = P\Delta V \quad (9)$$



Gambar 3. Grafik P-V pada proses isobarik

Selain meningkatkan suhu, pemanasan menggunakan *oven microwave* juga dapat menyebabkan perubahan fase air dari cair menjadi uap apabila energi yang diterima cukup besar. Proses penguapan membutuhkan energi yang dikenal sebagai kalor laten, yaitu energi yang digunakan untuk mengubah fase zat tanpa harus menaikkan suhunya selama perubahan fase berlangsung pada tekanan tertentu. Kebutuhan energi untuk menguapkan air dapat dinyatakan secara sederhana menggunakan persamaan 10, dengan m sebagai massa air yang menguap dan L_v sebagai kalor laten penguapan. Dalam proses pemanasan makanan, sebagian energi digunakan untuk menaikkan suhu bahan, sedangkan sebagian lainnya dapat digunakan untuk menguapkan kandungan air. Proses penguapan berpengaruh terhadap perubahan tekstur, kadar air, dan massa makanan. Efisiensi pemanasan juga dipengaruhi oleh daya listrik, waktu pengoperasian, komposisi makanan, serta besarnya energi elektromagnetik yang berhasil diserap. Oleh karena itu, analisis perubahan fase dan efisiensi energi diperlukan untuk memahami penggunaan energi dalam proses pemanasan menggunakan *oven microwave.*

$$Q = mL_v \tag{10}$$

Berdasarkan hasil kajian literatur, penerapan konsep termodinamika pada *oven microwave* dapat diamati melalui beberapa proses utama, yaitu perubahan energi, peningkatan energi internal, perpindahan kalor, perubahan suhu, dan perubahan fase bahan makanan. Energi listrik yang digunakan dapat diubah menjadi energi elektromagnetik oleh magnetron, kemudian disalurkan ke ruang pemanasan dan diserap oleh komponen tertentu dalam makanan (Putri et al., 2024). Penyerapan energi tersebut menghasilkan pemanasan dielektrik yang menyebabkan energi internal dan suhu makanan meningkat. Hukum pertama termodinamika menjelaskan keseimbangan energi selama proses pemanasan, sedangkan hukum kedua termodinamika menjelaskan arah perpindahan kalor, perubahan entropi, serta keterbatasan efisiensi energi. Konsep proses isobarik juga dapat digunakan untuk memahami perubahan keadaan gas atau uap dalam kondisi tekanan konstan, meskipun tidak menjadi satu-satunya proses termodinamika yang terjadi selama pengoperasian alat. Dengan demikian, *oven microwave* merupakan contoh penerapan prinsip termodinamika dalam teknologi rumah tangga yang menunjukkan keterkaitan antara energi elektromagnetik, energi termal, dan perubahan keadaan suatu bahan. Pemahaman terhadap konsep-konsep tersebut dapat memberikan penjelasan ilmiah mengenai mekanisme kerja *oven microwave* sekaligus menunjukkan pentingnya prinsip fisika dalam pengembangan teknologi pemanasan makanan

SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur, dapat disimpulkan bahwa prinsip termodinamika memiliki peranan penting dalam menjelaskan mekanisme kerja oven microwave, khususnya pada proses perubahan energi, perpindahan kalor, dan peningkatan suhu bahan makanan. Proses pemanasan berlangsung melalui konversi energi listrik menjadi energi elektromagnetik oleh magnetron, yang kemudian diserap oleh bahan makanan dan diubah menjadi energi termal melalui mekanisme pemanasan dielektrik. Penerapan hukum pertama termodinamika menunjukkan bahwa proses tersebut mengikuti prinsip kekekalan energi, sedangkan hukum kedua termodinamika menjelaskan arah perpindahan kalor, perubahan entropi, serta keterbatasan efisiensi energi selama pemanasan. Selain itu, konsep proses isobarik dapat digunakan untuk menjelaskan perubahan volume gas atau uap pada kondisi tekanan relatif konstan, sementara proses penguapan menunjukkan adanya perubahan fase akibat penyerapan energi termal. Efektivitas pemanasan dipengaruhi oleh sifat dielektrik, kandungan air, massa dan komposisi bahan makanan, serta distribusi gelombang elektromagnetik di dalam ruang oven. Dengan demikian, oven microwave merupakan salah

satu bentuk penerapan konsep termodinamika dalam teknologi rumah tangga yang mengintegrasikan prinsip perubahan energi dan perpindahan kalor. Kajian ini memberikan pemahaman teoretis mengenai hubungan antara prinsip termodinamika dan mekanisme pemanasan gelombang mikro serta dapat menjadi dasar bagi penelitian eksperimental selanjutnya untuk mengevaluasi efisiensi energi dan keseragaman distribusi suhu pada berbagai jenis bahan makanan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M., Azam, A., Rahman, A., & Rahman, Z. A. (2020). Microwave Usage and Cancer : Do Microwaves Cause Cancer ? *Malaysian Journal of Science, Health & Technology*, *6*(9), 48–52.

Aditya, D., Wardhana, P., Septyan, M., Apriansyah, A. D., Teknik, F., Listrik, T., Vokasi, F., Mega, A., Dispenser, W., & Mega, A. (2024). Fast Heating Water Dispenser Dengan 5 Pilihan Suhu Air Berbasis. *Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, *7*(1), 15–20.

Afianti, S., Jannah, M., & Risfaula, E. (2025). Analisis Konsep Termodinamika pada Sistem Mesin Pendingin Pembuat Es Kristal: Studi Kasus di Desa Trumun. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *15*(4), 1510–1516.

Akbar, H. R., Anis, S., & Taqy, I. M. (2026). Rancang Bangun Alat Uji Makro TGA Menggunakan Oven Microwave Design. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah Dan Teknologi Teknik Mesin*, *10*(2), 142–149.

Ciptaningtyas, Ariesta Wulandari Susanto, A. (2025). Analisis Efisiensi Energi dalam Industri Makanan dan Minuman Berdasarkan Konsep Thermodinamika. *JURNAL ILMIAH SINTEKS*, *14*(2), 1–10.

Fadhilatunnur, H., Murtadho, Z., Muhandri, T., Pertanian, F. T., Food, S. A., & Science, A. (2022). Pengeringan Cabai Merah (Capsicum annuum L.) dengan Kombinasi Oven Microwave dan Kipas Angin. *Jurnal Mutu Pangan*, *9*(1), 26–35.

Fatiatun, F., Jumini, S., Adib, N. Al, Rahayu, I., & Ulumudin, M. (2023). The Thermodynamics Application in Refrigerator. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika)*, *11*(2), 202–207.

Firdaus, M. A., Maulia, A., Khairyansyah, S. R., & Nur, G. (2024). Studi dan Implementasi Gelombang Elektromagnetik dalam Berbagai Aplikasi. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Informatika*, *3*(4), 223–235.

Fitria, R. N., Fadila, P. A., & Nabila, H. (2026). Penerapan Hukum Termodinamika Pertama Dalam Penggunaan Energi Panel Surya Terhadap Penerangan Jalan Umum (PJU). *Reflektif: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, *2*(3), 65–76.

Maharani, D. S., Nabila, E. P., Sudarti, & Mahmudi, K. (2025). Analysis of Physics Concepts in Tobacco Drying Technology (Analisis Konsep Fisika pada Teknologi Pengeringan Tembakau). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, *11*(12c), 280–288.

Nasution, A. O., Harahap, N., Putri, C. D., Arianti, R., & Arni, D. (2025). Studi Perbandingan Hukum Kedua Termodinamika dalam Sistem Terbuka dan Tertutup Comparative Study of the Second Law of Thermodynamics in Open and Closed Systems. *Jurnal Kolaborasi Sains*, *8*(2), 1135–1139.

Nurbilqis, F., Hutabarat, I. A., Nurhadi, M., Sultan, U., Tirtayasa, A., Serang, K., & Serang, K. (2025). Analisis Proses Perpindahan Panas Pada Berbagai Material Menggunakan Simulasi Secara Langsung “Energy Forms and Changes.” *Jurnal Media Akademik*, *3*(12), 1–10.

Pratama, A. A., & Wahyudin. (2023). Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) oleh Rumah Tangga Untuk Kehidupan Sehari-hari. *Journal of Information Technology and Society (JITS)*, *1*(2), 5–8.

Putri, F. N., Putri, A. A., & Anggunia, E. (2024). Pengaruh Radiasi Medan Elektromagnet ELF Terhadap Intensitas Kematangan Tape Singkong Mentah. *JUSTER: Jurnal Sains Dan Terapan*, *3*(3), 35–41.

Riyanto, B., Ramadhan, W., Trilaksani, W., Isnaini, C., & Wulandari, A. S. (2024). Ultrapartikel Tulang Ikan Kaya Kalsium Untuk Peningkatan Gel Surimi Pada Pemanasan Gelombang Mikro. *JPHPI*, *27*, 1195–1210.

Santoso, B., Zasyah, A. K., & Clarissa, D. A. (2004). Karakteristik Produk Penyangraian (Roasting) Biji Kopi Robusta Menggunakan Microwave Heating Product Characteristics of Robusta Coffee Roasting Using Microwave Heating. *Jurnal Teknik Kimia*, *28*(2).

Stevanus, F., Paulus, D., Stevy, H., Herlina, S., Tongkukut, J., Hendrik, G., & Albert, V. (2022). Simulasi Optimasi Suhu dari Sistem Pemanasan Temperatur Tinggi Berbasis Gelombang Mikro pada L .). *Jurnal MIPA*, *11*(1), 27–32.

Trisnowati, E., Putri, D. R., Safa, S., Qurrota, A., & Nikmah, F. K. (2023). Analisis Konsep Termodinamika pada Produksi Kerupuk Sebagai Bentuk Kearifan Lokal di Magelang Jawa Tengah. *Jurnal Pendidikan MIPA*, *13*(1), 2019–2024.