

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian oleh (Ardiansyah *et al.*, 2022) membahas karakteristik perpindahan panas pada sistem evaporator berbasis uap di industri gula. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi tekanan dan distribusi uap berpengaruh terhadap laju perpindahan panas sehingga efektivitas proses pemanasan dapat meningkat.

Penelitian oleh (Rismawati *et al.*, 2021) membahas sistem distribusi uap pada *water tube boiler*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi uap yang baik berperan penting dalam menjaga efektivitas penyaluran energi panas dan meningkatkan efisiensi sistem.

Penelitian oleh (Uli, Getsemani and Moentamaria, 2024) membahas pengaruh kondisi pemanasan terhadap kualitas produk pangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian suhu selama proses pemanasan berpengaruh terhadap kualitas produk yang dihasilkan.

Penelitian oleh (Munarko, Budijanto and Sitanggang, 2021) membahas karakteristik gelatinisasi beras selama proses pemanasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan kondisi termal memengaruhi sifat fisik bahan pangan dan kualitas produk akhir.

Penelitian oleh (Awliya *et al.*, 2023) membahas efisiensi energi pada sistem termal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi sistem dapat menurunkan konsumsi energi dan biaya operasional.

2.2 Program Makan Bergizi Gratis (MBG)

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan salah satu program pemerintah Indonesia yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas gizi masyarakat, khususnya bagi anak-anak usia sekolah. Program ini dirancang untuk menyediakan makanan bergizi secara gratis kepada siswa guna mendukung pertumbuhan fisik, perkembangan kognitif, serta meningkatkan kesehatan secara keseluruhan.

Menurut (Sumarni, Jafar *et al.*, 2023) status gizi yang baik pada anak usia sekolah sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan, kemampuan berpikir, aktivitas fisik, serta daya tahan tubuh. Kondisi gizi yang optimal juga berhubungan dengan peningkatan konsentrasi belajar sehingga dapat menunjang prestasi akademik anak.

Program MBG dilaksanakan melalui sistem dapur produksi yang disebut Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG). Sistem ini dirancang agar proses produksi makanan dapat dilakukan secara efisien, higienis, dan mampu memenuhi kebutuhan dalam jumlah besar.

Program MBG memiliki beberapa tujuan utama yaitu:

1. meningkatkan kualitas gizi anak usia sekolah
2. menurunkan angka stunting
3. meningkatkan konsentrasi belajar siswa
4. meningkatkan kesehatan masyarakat
5. meningkatkan kualitas sumber daya manusia di masa depan

Dalam pelaksanaannya, program MBG memerlukan sistem produksi makanan yang efisien dan mampu memproduksi makanan dalam jumlah besar. Oleh karena itu penggunaan peralatan dapur industri seperti mesin *steam* nasi menjadi sangat penting.

2.3 Mesin *Steam*

Mesin *steam* merupakan perangkat yang digunakan untuk menghasilkan uap air melalui proses pemanasan hingga mencapai titik didih sehingga terjadi perubahan fase dari cair menjadi uap. Uap yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan sebagai media penghantar panas maupun sumber energi pada berbagai proses industri. Menurut (Alidina *et al.*, 2022) *water tube boiler* bekerja dengan memanaskan air di dalam pipa hingga terbentuk uap bertekanan dan bertemperatur tinggi yang selanjutnya digunakan sebagai media pemanas dalam proses industri. Uap memiliki kemampuan perpindahan kalor yang tinggi karena mengandung kalor laten yang dilepaskan saat proses kondensasi, sehingga proses pemanasan dapat berlangsung lebih efektif dan merata dibandingkan metode pemanasan langsung

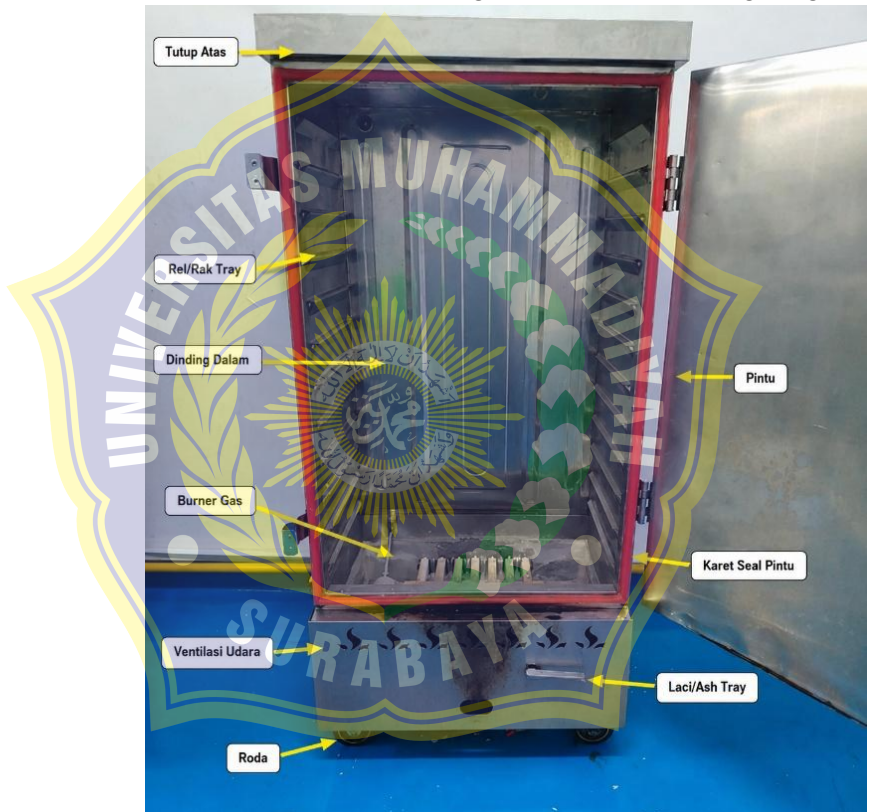
Pemanfaatan uap dari mesin *steam* sangat luas dalam berbagai sektor, antara lain:

1. Industri makanan (pengukusan dan pemasakan)
2. Pembangkit tenaga (penggerak turbin uap)
3. Proses sterilisasi (alat dan bahan)
4. Industri kimia (reaksi dan pemanasan)
5. Industri tekstil (pengeringan dan finishing)

2.3.1 Mesin *steam* nasi

Mesin *steam* nasi merupakan alat yang digunakan untuk memasak nasi dengan memanfaatkan uap air sebagai media utama penghantar panas. Proses kerja alat ini dimulai dengan pemanasan air hingga mencapai titik didih sehingga menghasilkan uap, kemudian uap tersebut dialirkan ke dalam ruang pengukusan untuk memanaskan beras hingga berubah menjadi nasi. Menurut (Muslih and Suhardi, 2022) boiler merupakan alat pembangkit uap yang

memanfaatkan energi panas untuk mengubah air menjadi uap yang selanjutnya digunakan sebagai media pembawa energi panas pada berbagai proses industri. Uap yang dihasilkan memiliki kemampuan transfer panas yang tinggi karena membawa energi dalam bentuk kalor sensibel dan kalor laten, sehingga proses pemanasan dapat berlangsung lebih efektif dan merata dibandingkan pemanasan langsung.



Gambar 2. 1 Mesin *Steam*
album pribadi(25 maret 2026)

Tabel 2. 1 Spesifikasi Mesin Steam

No	Komponen	Keterangan
1	Material bodi	Stainless steel
2	Sistem pemanas	Burner gas LPG
3	Total kapasitas beras	30 – 40 Kg
4	Dimensi mesin	$\pm 70 \times 90 \times 170$ cm
5	Total permukaan bagian dalam mesin steam	$1,5 m^2$
6	Luas permukaan elemen pemanas	$250 cm^2$
7	Ketebalan elemen pemanas	0,3 cm
	Jumlah slot tray	12 tingkat

2.3.2 bagian-bagian mesin steam

1. Ruang steam (*steam chamber*)

Ruang steam (*steam chamber*) merupakan bagian utama pada mesin steam nasi yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses pemasakan beras menjadi nasi dengan memanfaatkan uap air sebagai media penghantar panas. Ruang ini umumnya berbentuk tertutup dan dibuat dari bahan stainless steel karena tahan terhadap suhu tinggi, korosi, serta memenuhi standar higienitas. Di dalamnya terdapat rak atau tray bertingkat untuk meningkatkan kapasitas produksi dan memastikan distribusi uap merata.

Uap panas dialirkan dari bagian bawah ruang kemudian menyebar ke seluruh bagian melalui mekanisme konveksi. Proses pemasakan terjadi melalui perpindahan kalor berupa konveksi dari uap ke beras, kondensasi yang melepaskan

kalor laten, serta konduksi panas ke bagian dalam butiran beras hingga matang.

Menurut (Ardiansyah *et al.*, 2022) penggunaan uap sebagai media pemanas memberikan kemampuan transfer kalor yang tinggi karena energi panas dari uap dapat berpindah secara efektif melalui proses kondensasi dan konveksi, sehingga distribusi panas menjadi lebih merata dan meningkatkan efisiensi proses pemanasan pada skala industri.

Dengan demikian, ruang *steam* memiliki peran penting dalam menjaga distribusi panas, kestabilan suhu, dan efisiensi proses sehingga menghasilkan nasi yang matang merata dan berkualitas.



Gambar 2. 2 Ruang *Steam*

album pribadi(25 maret 2026)

2. Elemen Pemanas

Elemen pemanas atau pipa uap merupakan komponen utama pada mesin *steam* nasi yang berfungsi menghasilkan

uap air sebagai media pemanas. Komponen ini umumnya terletak di bagian bawah dan bekerja dengan memanaskan air hingga mencapai titik didih, sehingga terjadi perubahan fase menjadi uap. Uap yang dihasilkan kemudian dialirkan ke ruang *steam* untuk memanaskan beras melalui mekanisme konveksi dan kondensasi.

Proses ini melibatkan perpindahan kalor berupa pemanasan air (kalor sensibel) dan perubahan fase menjadi uap (kalor laten) yang nilainya jauh lebih besar, sehingga sistem menjadi efisien.

Menurut (Mariadi *et al.*, 2022), proses perpindahan panas yang melibatkan perubahan fase fluida memiliki kemampuan transfer kalor yang tinggi, sehingga banyak diterapkan pada berbagai sistem pemanas dan penukar kalor di bidang industri

Dengan demikian, elemen pemanas atau pipa uap memiliki peran penting dalam menentukan efisiensi energi, kestabilan temperatur, serta kualitas hasil pemasakan pada mesin *steam* nasi.



Gambar 2. 3 Elemen Pemanas
album pribadi (25 maret 2026)

3. Rak nasi

Rak atau *tray* nasi merupakan komponen pada mesin *steam* nasi yang berfungsi sebagai tempat menampung dan menyusun beras atau nasi selama proses pemasakan. Komponen ini biasanya berbentuk dudukan bertingkat di dalam ruang *steam* yang digunakan untuk menopang loyang dalam jumlah banyak, sehingga kapasitas produksi dapat ditingkatkan dalam satu siklus.

Desain rak dibuat bertingkat dengan jarak tertentu agar aliran uap panas dapat bersirkulasi secara merata ke seluruh bagian. Hal ini penting karena proses perpindahan kalor melalui konveksi dan kondensasi sangat dipengaruhi oleh kelancaran distribusi uap. Jika susunan terlalu rapat, aliran uap akan terhambat dan menyebabkan kematangan nasi tidak merata.

Menurut (Ivananda *et al.*, 2023), kinerja perpindahan panas pada sistem termal sangat dipengaruhi oleh konfigurasi aliran fluida, material penyusun, dan desain peralatan. Pengaturan aliran yang tepat dapat meningkatkan distribusi panas dan efisiensi proses perpindahan kalor.

Dengan demikian, rak atau *tray* nasi tidak hanya berfungsi sebagai penopang bahan, tetapi juga berperan dalam mengatur distribusi uap dan panas agar proses pemasakan berlangsung merata, efisien, dan menghasilkan kualitas nasi yang optimal.

4. Pelampung (*float valve*)

Pelampung (*float valve*) merupakan komponen pada mesin *steam* nasi yang berfungsi mengontrol ketinggian air di dalam tangki (*reservoir*) secara otomatis. Komponen ini umumnya berbentuk ringan seperti bola atau silinder yang mengapung di permukaan air dan terhubung dengan katup

mekanis. Ketika permukaan air turun, pelampung ikut turun sehingga katup terbuka dan air masuk. Sebaliknya, saat permukaan air naik mencapai batas tertentu, pelampung akan menutup katup sehingga aliran air berhenti.

Prinsip kerja pelampung didasarkan pada hukum Archimedes, yaitu gaya apung yang bekerja pada benda di dalam fluida:

Menurut (Steven *et al.*, 2022) sistem pengendalian level air otomatis yang menggunakan sensor pelampung (*float level sensor*) mampu menjaga ketinggian fluida secara stabil dan meningkatkan keandalan operasi sistem dengan mengurangi ketergantungan pada pengendalian manua

Dengan demikian, pelampung berfungsi sebagai pengontrol sekaligus pengaman yang memastikan proses pembentukan uap berlangsung stabil, aman, dan efisien.



Gambar 2. 4 Pelampung (*float valve*)

album pribadi (25 maret 2026)

5. Pintu dan seal karet

Pintu dan seal karet merupakan komponen pada mesin *steam* nasi yang berfungsi menutup ruang *steam* agar tetap kedap selama proses pemasakan. Pintu umumnya terbuat dari bahan kuat seperti stainless steel, sedangkan seal karet dipasang di sekelilingnya untuk mencegah kebocoran uap. Dengan sistem ini, tekanan dan temperatur di dalam ruang *steam* dapat dipertahankan secara optimal. Keberadaan seal sangat penting karena kebocoran uap dapat menyebabkan kehilangan panas, penurunan suhu, serta menurunkan efisiensi proses pemasakan. Selain itu, kebocoran juga dapat memperpanjang waktu memasak dan menyebabkan kematangan nasi tidak merata. Secara teknis, sistem ini bekerja dengan menjaga kondisi mendekati sistem tertutup sehingga perpindahan kalor berlangsung lebih maksimal di dalam ruang.

Menurut (Siregar, Lestari and Wahyudi, 2022), penggunaan isolasi termal yang tepat pada peralatan pemanas dapat mengurangi kehilangan panas ke lingkungan sehingga meningkatkan efisiensi perpindahan kalor dan kinerja sistem secara keseluruhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan jenis dan ketebalan isolasi berpengaruh signifikan terhadap besarnya panas yang hilang dari sistem.



Gambar 2. 5 Pintu dan seal karet
album pribadi (25 maret 2026)

6. Saluran pembuangan (*drain system*)

Saluran pembuangan (*drain system*) merupakan komponen pada mesin *steam* nasi yang berfungsi untuk mengalirkan air sisa, kondensat, serta kotoran hasil proses pemanasan dan penguapan. Saat uap panas bersentuhan dengan permukaan yang lebih dingin, sebagian uap akan mengalami kondensasi menjadi air. Jika tidak dibuang, air ini dapat menumpuk dan mengganggu proses pemasakan.

Sistem drain biasanya ditempatkan di bagian bawah mesin agar air dapat keluar secara alami dengan bantuan gravitasi. Secara teknis, keberadaan saluran pembuangan sangat penting karena akumulasi kondensat dapat menurunkan efisiensi perpindahan kalor, menghambat sirkulasi uap, serta mempengaruhi kualitas hasil masakan. Selain itu, sistem ini juga mendukung kebersihan dan perawatan mesin agar tetap higienis.

Menurut (Muhamad Ardi Hidayat1,* , Rizki Muliawan2, 2023) pemanfaatan dan pengelolaan kondensat yang tepat

dapat meningkatkan performansi sistem termal, meningkatkan efisiensi energi, serta mengurangi konsumsi daya karena energi yang masih terkandung dalam kondensat dapat dimanfaatkan kembali dalam proses perpindahan panas

7. Tangki air (*reservoir*)

Viskositas Tangki air (*reservoir*) merupakan salah satu komponen penting pada mesin *steam* nasi yang berfungsi sebagai tempat penampungan air sebelum dipanaskan menjadi uap. Tangki ini umumnya berada di bagian bawah mesin dan terhubung langsung dengan elemen pemanas, sehingga air dapat dipanaskan secara kontinu untuk menghasilkan uap selama proses pemasakan berlangsung. tangki biasanya dilengkapi dengan sistem kontrol level seperti pelampung.

Menurut (Caya *et al.*, 2024), kondisi fluida kerja dan pengendalian level air pada boiler berpengaruh terhadap efisiensi termal sistem pembangkit uap. Pengaturan level air yang optimal membantu menjaga kestabilan proses pembentukan uap dan meningkatkan kinerja perpindahan panas dalam boiler.

2.4 Teori Perpindahan kalor

Perpindahan kalor pada mesin *steam* nasi merupakan proses utama yang menentukan keberhasilan pemasakan beras menjadi nasi. Proses ini berlangsung melalui tiga mekanisme utama, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi yang bekerja secara bersamaan dalam sistem. Pada tahap awal, panas dihasilkan oleh elemen pemanas dan ditransfer ke air melalui mekanisme konduksi, yaitu perpindahan kalor melalui media padat tanpa disertai perpindahan massa.

Selanjutnya, air yang dipanaskan akan berubah menjadi uap dan mentransfer panas ke beras melalui konveksi dan kondensasi, sehingga proses pemasakan dapat berlangsung secara merata. Meskipun radiasi terjadi, kontribusinya relatif kecil dibandingkan konduksi dan konveksi dalam sistem ini.

Menurut (Fatiatun, Mei Laelatul Fajeri¹, Azizatun Ni'mah¹, 2022), sistem berbasis uap memanfaatkan perpindahan kalor yang terjadi melalui proses perubahan fase, di mana uap membawa energi panas dalam jumlah besar dan melepaskannya saat mengalami kondensasi. Mekanisme ini menjadikan sistem uap efektif untuk berbagai proses pemanasan



Gambar 2. 6 Perpindahan Kalor
album pribadi (25 maret 2026)

2.4.1 Konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi pada mesin *steam* nasi merupakan tahap awal dalam proses pemanasan, yaitu perpindahan energi panas dari elemen pemanas ke air melalui media padat tanpa disertai perpindahan massa. Proses ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur antara elemen pemanas dan media di sekitarnya. Secara matematis, perpindahan kalor konduksi dinyatakan sebagai:

$$Q = kA \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- Q = laju perpindahan kalor (Watt)
- k = konduktivitas termal material (W/m·K)
- A = luas permukaan perpindahan panas (m²)
- T_1 = suhu sisi panas (°C atau K)
- T_2 = suhu sisi dingin (°C atau K)
- L = ketebalan material (m)

Semakin besar nilai konduktivitas termal dan luas permukaan, maka perpindahan panas akan semakin cepat. Sebaliknya, semakin tebal material, maka laju perpindahan panas akan semakin kecil. Dalam mesin *steam* nasi, proses konduksi terjadi pada elemen pemanas ke pipa, dari pipa ke air, serta pada dinding ruang *steam*.

Menurut (Suhada, 2023) konduktivitas termal merupakan salah satu sifat dasar material yang menentukan kemampuan suatu bahan dalam menghantarkan panas. Semakin tinggi nilai konduktivitas termal suatu material, maka semakin cepat proses perpindahan kalor secara konduksi yang terjadi pada material tersebut..

2.4.2 konveksi

Pada Perpindahan kalor secara konveksi pada mesin *steam* nasi merupakan mekanisme utama setelah air berubah menjadi uap. Pada proses ini, energi panas ditransfer melalui pergerakan fluida (uap air) menuju beras, sehingga panas dapat tersebar secara cepat dan merata di dalam ruang *steam*. Perpindahan ini melibatkan aliran fluida sekaligus perpindahan energi, sehingga lebih efektif dibanding konduksi.

Secara matematis, perpindahan kalor konveksi dinyatakan sebagai:

$$Q = hA(T_s - T_\infty) \quad (2.2)$$

Keterangan:

- Q = laju perpindahan kalor (Watt)
- h = koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)
- A = luas permukaan kontak (m^2)
- T_s = suhu permukaan beras ($^{\circ}\text{C}$ atau K)
- T_∞ = suhu *fluida* (uap) di sekitarnya ($^{\circ}\text{C}$ atau K)

Dalam mesin *steam* nasi, konveksi terjadi ketika uap panas bergerak dari bagian bawah ke ruang *steam* dan menyelimuti seluruh permukaan beras. Proses ini dapat berupa konveksi alami akibat perbedaan densitas karena temperatur, maupun konveksi paksa jika terdapat tekanan atau aliran uap yang lebih kuat. Selain itu, saat uap menyentuh permukaan beras yang lebih dingin, terjadi kondensasi yang melepaskan kalor laten dalam jumlah besar sehingga mempercepat pemasakan.

Menurut(Sari *et al.*, 2023), perpindahan kalor secara konveksi terjadi akibat pergerakan fluida yang membawa energi panas dari satu daerah ke daerah lain. Mekanisme ini

berperan penting dalam meningkatkan distribusi panas dan efisiensi proses pemanasan pada berbagai peralatan termal bola

2.4.3 Radiasi

Pada Perpindahan kalor secara radiasi pada mesin *steam* nasi merupakan mekanisme perpindahan panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media perantara. Dalam sistem ini, radiasi terjadi dari permukaan bersuhu tinggi seperti elemen pemanas dan dinding ruang *steam* menuju beras atau komponen lain. Meskipun kontribusinya lebih kecil dibandingkan konduksi dan konveksi, radiasi tetap berperan dalam menambah energi panas di dalam ruang.

Secara matematis, perpindahan kalor radiasi dinyatakan sebagai:

$$Q = \sigma \epsilon A (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.3)$$

Keterangan:

- Q = laju perpindahan kalor radiasi (Watt)
- σ (sigma) = konstanta Stefan–Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)
- ϵ (emisivitas) = kemampuan permukaan memancarkan radiasi (0–1)
- A = luas permukaan (m^2)
- T_1 = temperatur permukaan panas (K)
- T_2 = temperatur permukaan lebih dingin (K)

Pada mesin *steam* nasi, radiasi terjadi ketika permukaan logam panas memancarkan energi ke lingkungan sekitarnya. Pengaruhnya meningkat pada suhu tinggi karena bergantung pada pangkat empat temperatur, meskipun tetap lebih kecil dibanding mekanisme lain.

Menurut (Ilman nadif filsafah, Wilarso, Asep Saepudin, 2024), perpindahan panas dapat terjadi melalui tiga mekanisme utama, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan kalor radiasi berlangsung dalam bentuk pancaran gelombang elektromagnetik dan bekerja bersamaan dengan mekanisme perpindahan panas lainnya pada sistem termal

2.4.4 Laju perpindahan kalor total

Laju perpindahan kalor total merupakan jumlah energi panas yang berpindah per satuan waktu dalam suatu sistem. Pada mesin *steam* nasi, besaran ini menunjukkan total panas yang ditransfer dari sumber pemanas hingga ke beras melalui berbagai mekanisme perpindahan kalor, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

Secara umum, laju perpindahan kalor total dapat dinyatakan sebagai penjumlahan dari ketiga mekanisme tersebut:

$$Q_{total} = Q_{konduksi} + Q_{konveksi} + Q_{radiasi} \quad (2.4)$$

2.5 Kalor *Sensible* dan Kalor Laten

2.5.1 Prinsip Dasar Kalor *Sensible*

Kalor sensibel pada mesin *steam* nasi merupakan energi panas yang digunakan untuk menaikkan suhu air dan beras tanpa mengubah fasenya. Proses ini terjadi pada tahap awal sebelum terbentuk uap maupun sebelum beras matang. Menurut (Nadjib, 2023), tahap pemanasan awal (*kalor sensibel*) berperan penting dalam sistem termal karena menentukan jumlah energi yang diperlukan untuk menaikkan suhu material hingga mencapai kondisi perubahan fase. Semakin besar kebutuhan kalor sensibel, semakin besar pula energi dan waktu yang diperlukan dalam proses pemanasan.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2.5)$$

Keterangan:

- Q = jumlah kalor yang diserap (Joule)
- m = massa zat (kg)
- c = kalor jenis (J/kg·K)
- ΔT = perubahan suhu (K atau °C)

2.5.2 Prinsip Dasar Kalor Laten

Kalor laten merupakan energi panas yang digunakan untuk mengubah fase suatu zat tanpa disertai perubahan suhu. Pada mesin *steam* nasi, kalor laten menjadi komponen paling penting karena digunakan untuk mengubah air menjadi uap yang kemudian digunakan untuk memasak nasi. Menurut Agung Prabowo (2022), perpindahan panas berbasis perubahan fase memiliki efektivitas tinggi karena mampu mentransfer energi dalam jumlah besar tanpa perubahan temperatur, sehingga sangat cocok untuk aplikasi pemanasan seperti sistem uap.

Secara matematis, kalor laten dinyatakan sebagai:

$$Q = m \cdot L \quad (2.6)$$

Keterangan:

- Q = jumlah kalor (Joule)
- m = massa zat (kg)
- L = kalor laten (J/kg)

2.6 Pengaruh Waktu dan Tingkat Kematangan Nasi

Banyak Waktu pemasakan dan tingkat kematangan nasi merupakan dua parameter utama yang saling berkaitan dalam proses pengolahan menggunakan mesin *steam*. Waktu menunjukkan lamanya proses pemanasan berlangsung, sedangkan tingkat kematangan

menggambarkan kondisi akhir nasi yang ditinjau dari tekstur, kadar air, dan keseragaman pemasakan.

Pada mesin *steam* nasi, semakin lama waktu pemasakan, maka semakin banyak energi panas yang diserap oleh beras. Energi tersebut digunakan untuk menaikkan suhu bahan (*kalor sensibel*) dan mendukung proses gelatinisasi pati melalui perpindahan panas dari uap air. Akibatnya, tingkat kematangan nasi akan semakin meningkat seiring bertambahnya waktu pemasakan. Menurut (Sari *et al.*, 2023) lama proses pemanasan berpengaruh terhadap jumlah kalor yang diterima bahan, sehingga menjadi salah satu faktor yang menentukan efektivitas perpindahan panas dan kualitas produk yang dihasilkan:

$$Q = \dot{Q} \cdot t \quad (2.7)$$

Keterangan:

- Q = total energi panas yang diterima (Joule)
- $\dot{Q}$ = laju perpindahan kalor (Watt)
- t = waktu pemanasan (detik)

2.7 Tingkat kematangan nasi

Kematangan nasi merupakan kondisi ketika butiran beras telah menyerap air dan menerima energi panas yang cukup sehingga pati mengalami gelatinisasi secara optimal. Gelatinisasi pati terjadi ketika granula pati menyerap air dan mengalami perubahan struktur akibat pemanasan, sehingga tekstur beras menjadi lunak, mengembang, dan siap dikonsumsi. Proses ini sangat menentukan kualitas akhir nasi yang dihasilkan. Pada proses pemasakan nasi menggunakan mesin steam, menurut (Shigeto *et al.*, 2021), kematangan nasi dapat ditinjau dari tercapainya proses

gelatinisasi pati secara menyeluruh. Secara praktis, kondisi tersebut umumnya terjadi ketika suhu nasi mendekati suhu didih air, yaitu sekitar 95–100°C, sehingga tekstur nasi menjadi lunak, butiran mengembang, dan siap dikonsumsi.

2.8 Efisiensi termal

Menurut (Wulandari and Bizzy, 2023), efisiensi termal merupakan indikator penting dalam mengevaluasi kinerja suatu sistem pemanasan karena menunjukkan tingkat pemanfaatan energi panas yang tersedia dibandingkan dengan energi yang hilang selama proses berlangsung. Semakin tinggi efisiensi termal, semakin besar energi yang dapat dimanfaatkan untuk proses pemanasan dan semakin kecil energi yang terbuang ke lingkungan.

Secara matematis, efisiensi termal dinyatakan sebagai:

$$\eta = \frac{Q_{\text{berguna}}}{Q_{\text{input}}} \times 100\% \quad (2.8)$$

Keterangan:

- η (eta) = efisiensi termal (%)
 - Q_{berguna} = energi panas yang digunakan untuk memasak nasi (Joule)
 - Q_{input} = energi panas yang diberikan oleh sumber (Joule)
- (bilangan *Mach* ≥ 1).