

PEMODELAN NUMERIK PERPINDAHAN PANAS KONDUKSI PADA PROSES BAKAR BATU: PENGARUH KETEBALAN LAPISAN TERHADAP EFISIENSI TERMAL

Rahman^{1*}, Hardi Hamzah², Martina Bunga³, Tatang Sutarman⁴, Sudarmono⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Fisika, Universitas Cenderawasih, Indonesia.

Email: rasgyatrav@gmail.com

Abstrak

Tradisi bakar batu merupakan metode memasak tradisional masyarakat pegunungan Papua yang memanfaatkan batu panas sebagai sumber energi termal. Proses ini didominasi oleh mekanisme perpindahan panas secara konduksi antara batu dan bahan makanan yang tersusun berlapis. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi ketebalan lapisan bahan makanan terhadap distribusi suhu dan efisiensi termal sistem bakar batu menggunakan pendekatan numerik. Model matematis didasarkan pada persamaan difusi panas satu dimensi dan diselesaikan menggunakan metode beda hingga (finite difference method) dengan skema eksplisit. Simulasi dilakukan pada kondisi suhu batu sebagai sumber panas sebesar 150°C dan suhu awal bahan makanan sebesar 25°C, dengan variasi ketebalan lapisan dan nilai konduktivitas termal. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan lapisan menyebabkan laju propagasi panas menuju bagian dalam sistem menjadi lebih lambat, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi suhu mendekati seragam menjadi lebih lama. Selain itu, bahan dengan konduktivitas termal yang lebih tinggi mempercepat distribusi panas dan meningkatkan efisiensi termal sistem. Pada iterasi yang cukup besar, seluruh sistem cenderung mencapai suhu mendekati suhu sumber panas. Temuan ini menunjukkan bahwa ketebalan lapisan dan sifat termal bahan merupakan faktor kunci dalam menentukan efektivitas proses pemanasan pada tradisi bakar batu. Model yang dikembangkan dapat digunakan sebagai pendekatan awal untuk memahami mekanisme perpindahan panas pada sistem memasak tradisional berbasis kearifan lokal.

Kata kunci: Bakar Batu, Perpindahan Panas, Konduksi, Simulasi Numerik, Efisiensi Termal.

NUMERICAL MODELING OF CONDUCTIVE HEAT TRANSFER IN THE BAKAR BATU PROCESS: EFFECT OF LAYER THICKNESS ON THERMAL EFFICIENCY

Abstract

The bakar batu tradition is a traditional cooking method practiced by highland communities in Papua, utilizing heated stones as a thermal energy source. The process is primarily governed by conductive heat transfer between the hot stones and layered food materials. This study aims to analyze the effect of layer thickness variation on temperature distribution and thermal efficiency of the bakar batu system using a numerical approach. The mathematical model is based on the one-dimensional heat diffusion equation and solved using the finite difference method with an explicit scheme. Simulations were conducted with a heat source temperature of 150°C and an initial food temperature of 25°C, considering variations in layer thickness and thermal conductivity. The results indicate that increasing layer thickness reduces the rate of heat propagation toward the inner regions, leading to a longer time required to reach near-uniform temperature conditions. In addition, higher thermal conductivity significantly accelerates heat distribution and improves thermal efficiency. At sufficiently large iterations, the system temperature approaches the heat source temperature. These findings highlight that layer thickness and material thermal properties are key factors influencing heating effectiveness in the bakar batu process. The developed model provides a preliminary framework for understanding heat transfer mechanisms in traditional cooking systems based on local wisdom.

Keywords: Bakar Batu, Heat Transfer, Conduction, Numerical Simulation, Thermal Efficiency.

PENDAHULUAN

Metode komputasi telah banyak dimanfaatkan dalam menganalisis fenomena fisika serta menyelesaikan persoalan matematis yang kompleks, termasuk yang berkaitan dengan praktik budaya masyarakat lokal. Pendekatan ini memungkinkan pemodelan sistem fisik yang sulit diamati secara langsung, seperti proses perpindahan panas dalam sistem tertutup atau semi-tertutup. Salah satu fenomena yang menarik untuk dikaji adalah tradisi *bakar batu* di Papua, yaitu teknik memasak makanan dalam jumlah besar dengan memanfaatkan batu yang dipanaskan sebagai sumber energi termal. Dalam sistem ini, panas disimpan dan didistribusikan dalam ruang yang relatif tertutup, sehingga memungkinkan terjadinya proses pemasakan yang efisien melalui mekanisme perpindahan panas.

Tradisi *bakar batu* tidak hanya memiliki fungsi praktis sebagai metode memasak, tetapi juga mengandung nilai sosial dan budaya yang penting bagi masyarakat pegunungan Papua, seperti suku Dani, Ngalum, Ketengban, Damal, Mee, Amungme, dan Yali. Kegiatan ini sering digunakan dalam berbagai acara adat sebagai bentuk ungkapan syukur, penguatan hubungan sosial, serta media penyelesaian konflik. Dari perspektif fisika, sistem ini merupakan contoh nyata penerapan konsep perpindahan panas, khususnya konduksi dan isolasi termal, yang memungkinkan energi panas dari batu ditransfer secara efektif ke bahan makanan.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji fenomena perpindahan panas dalam beragam konteks, baik pada sistem industri maupun pengolahan bahan pangan. Analisis numerik menggunakan pendekatan Computational Fluid Dynamics (CFD) telah diterapkan pada sistem penyulingan minyak nilam dan menunjukkan tingkat efektivitas tertentu dalam distribusi panas [1]. Pemodelan perpindahan panas juga dilakukan pada dinding boiler sebagai komponen penting dalam sistem pembangkit energi dan pengolahan industri [2]. Selain itu, simulasi numerik pada sistem pendinginan palka ikan menghasilkan distribusi suhu yang optimal untuk menjaga kualitas hasil tangkapan [3].

Pendekatan simulasi juga digunakan dalam studi pengaruh suhu terhadap konduktivitas termal menggunakan Virtual Lab Amrita [4], serta dalam analisis penggunaan

material Phase Change Material (PCM) untuk meningkatkan efisiensi sistem pemanas berbasis energi matahari [5]. Pada sektor pengolahan pangan, simulasi distribusi panas diterapkan pada proses pengeringan rengginang untuk meningkatkan efisiensi pengeringan [6], serta pada rekayasa alat pengukus saus tomat untuk mempercepat waktu pemanasan [7]. Penelitian lain juga mengaitkan konsep perpindahan panas dengan pembelajaran fisika berbasis budaya lokal, termasuk tradisi *bakar batu* [8].

Secara khusus, kajian mengenai perpindahan panas pada sistem *bakar batu* telah mulai dikembangkan melalui pendekatan numerik multilapis, yang menunjukkan bahwa konduktivitas termal bahan makanan memengaruhi distribusi suhu dalam sistem [9]. Selain itu, studi lain menunjukkan bahwa media pemanas seperti pasir dan batu basalt memiliki peran penting dalam penyimpanan dan distribusi energi panas [10][11]. Kajian mengenai konveksi alami pada sistem *barapen* juga menunjukkan kompleksitas mekanisme perpindahan panas yang terjadi dalam praktik tradisional tersebut [12].

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, sebagian besar kajian masih berfokus pada analisis umum perpindahan panas atau pada sistem industri dan belum secara spesifik mengkaji pengaruh parameter geometris, seperti ketebalan lapisan bahan makanan, dalam sistem *bakar batu* berbasis pendekatan numerik sederhana. Padahal, dalam praktiknya, ketebalan lapisan bahan makanan merupakan salah satu faktor penting yang menentukan laju distribusi panas dan tingkat kematangan makanan. Variasi ketebalan lapisan akan memengaruhi resistansi termal sistem, sehingga berdampak pada efisiensi proses pemanasan secara keseluruhan.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk memodelkan perpindahan panas secara konduksi pada sistem *bakar batu* menggunakan pendekatan numerik, serta menganalisis pengaruh variasi ketebalan lapisan bahan makanan terhadap distribusi suhu dan efisiensi termal sistem. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih sistematis mengenai mekanisme perpindahan panas pada praktik memasak tradisional, sekaligus menjadi dasar pengembangan kajian fisika berbasis kearifan lokal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis simulasi numerik untuk menganalisis perpindahan panas secara konduksi pada sistem *bakar batu*. Pemodelan dilakukan menggunakan perangkat lunak Matlab dengan menyelesaikan persamaan difusi panas satu dimensi.

2.1 Model Matematis

Perpindahan panas dalam sistem dimodelkan menggunakan persamaan difusi panas satu dimensi sebagai berikut:

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2}$$

di mana $T(x, t)$ adalah distribusi suhu terhadap posisi dan waktu, serta $\alpha = \frac{k}{\rho c}$ merupakan difusivitas termal bahan, dengan k adalah konduktivitas termal ($\text{W/m}\cdot\text{K}$), ρ adalah massa jenis (kg/m^3), dan c adalah kalor jenis ($\text{J/kg}\cdot\text{K}$).

Model sistem diasumsikan sebagai domain satu dimensi yang merepresentasikan lapisan bahan makanan yang tersusun secara berlapis (multilayer), dengan masing-masing lapisan memiliki ketebalan tertentu.

2.2 Diskretisasi Numerik

Persamaan difusi panas diselesaikan menggunakan metode beda hingga (*finite difference method*) dengan skema eksplisit.

Diskretisasi dilakukan sebagai berikut:

$$T_i^{n+1} = T_i^n + r (T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n)$$

dengan:

$$r = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2}$$

di mana:

- Δx = langkah ruang (m)
- Δt = langkah waktu (s)
- i = indeks ruang
- n = indeks waktu

Untuk menjaga kestabilan numerik, digunakan kriteria:

$$r \leq 0,5$$

2.3 Kondisi Awal dan Batas

Kondisi awal sistem ditetapkan sebagai:

$$T(x, 0) = 25^\circ\text{C}$$

Kondisi batas yang digunakan adalah:

- Sisi kiri (sumber panas/batu)

$$T(0, t) = 150^\circ\text{C}$$

- Sisi kanan (ujung sistem):

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0$$

(adiabatik, tidak ada aliran panas keluar)

2.4 Parameter Simulasi

Parameter yang digunakan dalam simulasi adalah sebagai berikut:

- Panjang domain: 0,20 m
- Variasi ketebalan lapisan: 0,01 m; 0,012 m; 0,018 m; 0,020 m; dan 0,030 m
- Konduktivitas termal bahan: 0,1 – 0,5 $\text{W/m}\cdot\text{K}$
- Suhu awal sistem: 25°C
- Suhu sumber panas: 150°C
- Langkah ruang (Δx) : 0,001 m
- Langkah waktu (Δt) : disesuaikan dengan kriteria stabilitas

Simulasi dilakukan hingga sistem mencapai kondisi mendekati tunak (*steady state*).

2.5 Skenario Simulasi

Simulasi dilakukan dalam beberapa skenario, yaitu:

1. Satu lapisan (single layer) untuk menganalisis pengaruh konduktivitas termal terhadap distribusi suhu.
2. Dua lapisan (two layers) dengan variasi konduktivitas yang sama dan berbeda untuk melihat interaksi antar lapisan.
3. Tiga lapisan (multilayer) untuk mengkaji distribusi suhu pada sistem berlapis yang lebih kompleks.

2.6 Analisis Data

Hasil simulasi dianalisis berdasarkan:

- Distribusi suhu terhadap posisi dan waktu
- Laju penyebaran panas menuju pusat sistem
- Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi mendekati tunak

Efisiensi termal sistem dievaluasi secara kualitatif berdasarkan kemampuan sistem dalam mendistribusikan panas secara merata dalam waktu tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

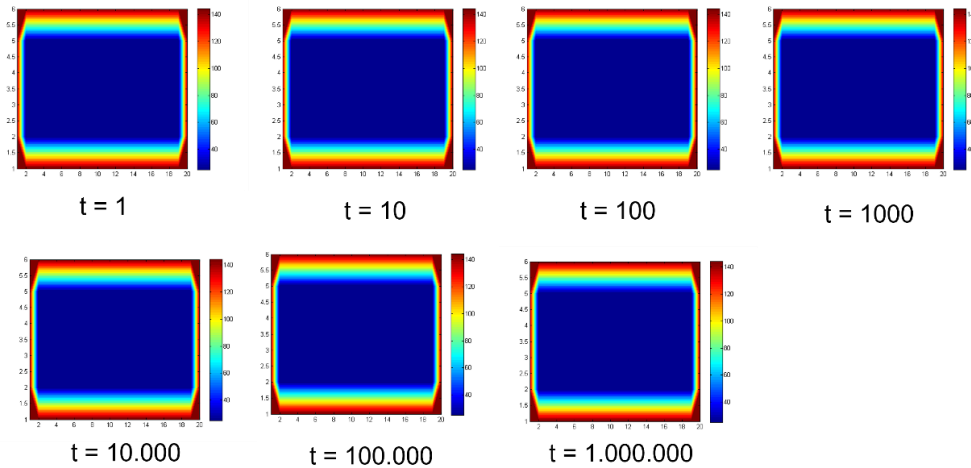
Hasil

Simulasi dilakukan untuk menganalisis distribusi suhu pada sistem *bakar batu* dengan variasi jumlah lapisan, ketebalan, serta nilai konduktivitas termal bahan. Distribusi suhu diamati sebagai fungsi posisi dan waktu hingga

sistem mencapai kondisi mendekati tunak (*steady state*).

1. Kasus Satu Lapis

Pada kasus satu lapisan, distribusi suhu dianalisis untuk berbagai nilai konduktivitas termal.



Gambar 2. Sebaran panas untuk tetapan konduktivitas bernilai 0.

Pada kondisi ini, tidak terjadi perubahan distribusi suhu meskipun jumlah iterasi meningkat. Secara fisika, kondisi ini merepresentasikan material isolator sempurna, di mana tidak ada mekanisme perpindahan panas secara konduksi. Akibatnya, perbedaan suhu antara sumber panas (150°C) dan bahan makanan (25°C) tidak menghasilkan aliran panas dalam sistem.

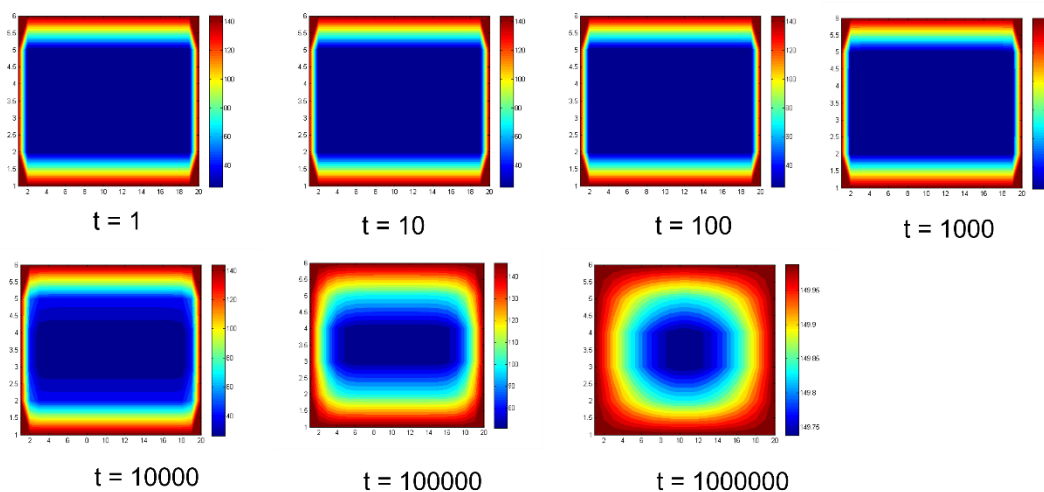
a. Konduktivitas Termal Nol

Hasil simulasi untuk konduktivitas termal nol ditunjukkan pada Gambar 2.

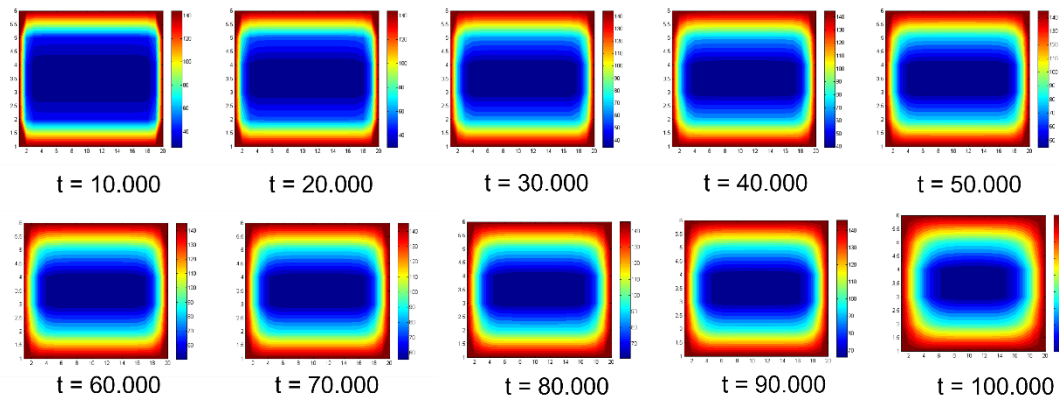
Temuan ini konsisten dengan hukum dasar konduksi panas, di mana laju perpindahan panas sebanding dengan nilai konduktivitas termal bahan.

b. Konduktivitas Termal $k = 0,1$

Distribusi suhu untuk konduktivitas 0,1 ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Sebaran panas untuk tetapan konduktivitas bernilai 0.1.



Gambar 4. Sebaran panas untuk tetapan konduktivitas bernilai 0.1. pada iterasi 10.000 sampai 200.000

Pada tahap awal iterasi, perubahan suhu relatif kecil karena gradien suhu belum merambat hingga ke bagian dalam sistem. Namun, seiring bertambahnya waktu, panas mulai berdifusi dari batas sistem menuju pusat.

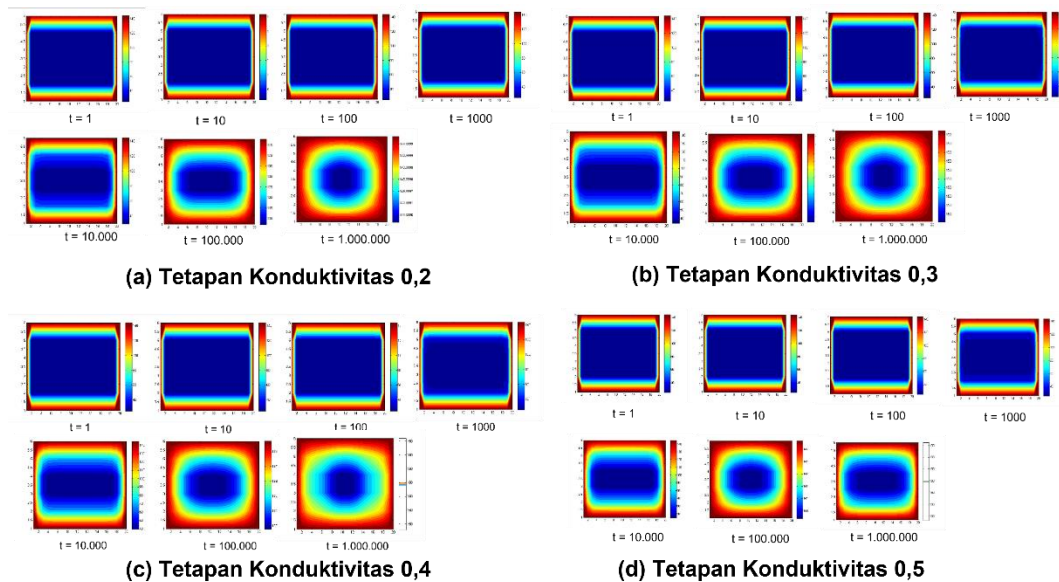
Pada iterasi yang lebih besar, terlihat bahwa suhu minimum dalam sistem meningkat secara bertahap hingga mendekati suhu sumber panas. Hal ini menunjukkan bahwa proses difusi panas berjalan secara progresif dan membutuhkan waktu yang relatif lama untuk

mencapai kondisi mendekati seragam, terutama pada bahan dengan konduktivitas rendah.

Fenomena ini dapat dijelaskan melalui konsep difusivitas termal, di mana nilai konduktivitas yang kecil menyebabkan laju propagasi panas menjadi lambat.

c. Variasi Konduktivitas Termal

Hasil simulasi untuk variasi konduktivitas termal (0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5) ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Sebaran panas untuk berbagai tetapan konduktivitas

Secara umum, pola distribusi suhu memiliki bentuk yang serupa, namun laju pencapaian suhu seragam berbeda signifikan.

Semakin besar nilai konduktivitas termal, semakin cepat panas merambat ke seluruh bagian sistem. Hal ini terlihat dari

peningkatan suhu minimum yang lebih cepat dibandingkan bahan dengan konduktivitas rendah. Dengan demikian, konduktivitas termal berperan langsung dalam menentukan kecepatan distribusi panas dan waktu yang

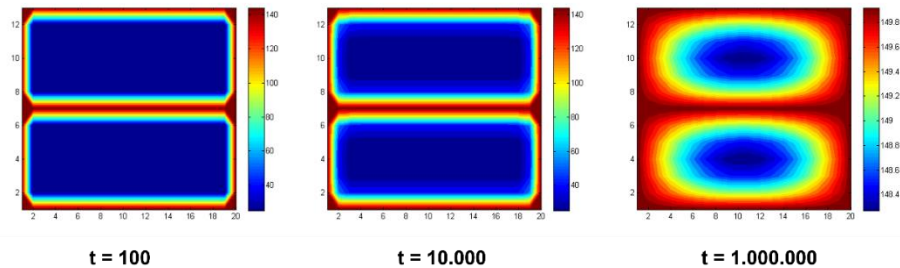
dibutuhkan untuk mencapai kondisi mendekati tunak.

2. Kasus Dua Lapis

Pada sistem dua lapisan, analisis difokuskan pada interaksi termal antar lapisan dengan variasi konduktivitas.

a. Konduktivitas Sama

Distribusi suhu untuk dua lapisan dengan konduktivitas yang sama ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sebaran panas untuk 2 lapis dengan konduktivitas yang sama

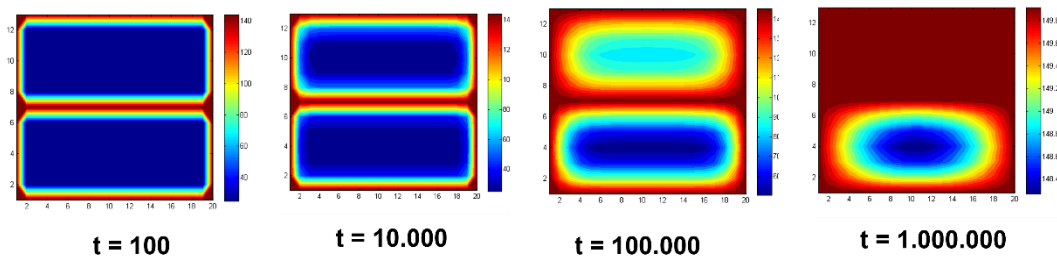
Hasil menunjukkan bahwa pola distribusi suhu pada kedua lapisan relatif serupa. Hal ini disebabkan oleh kesamaan sifat termal dan kondisi batas pada masing-masing lapisan.

Namun demikian, secara fisika, perpindahan panas tetap berlangsung secara

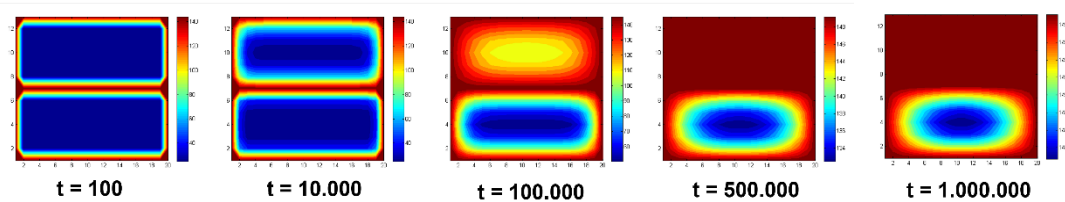
kontinu antar lapisan, sehingga sistem berperilaku sebagai satu kesatuan termal, bukan sebagai lapisan yang sepenuhnya independen.

b. Konduktivitas Berbeda

Distribusi suhu untuk dua lapisan dengan konduktivitas berbeda ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Sebaran panas untuk 2 lapis dengan konduktivitas berbeda yaitu 0,1 dan 0,2.



Gambar 8. Sebaran panas untuk 2 lapis dengan konduktivitas berbeda yaitu 0,1 dan 0,3.

Pada tahap awal, distribusi suhu masih relatif seragam antar lapisan. Namun, seiring waktu, perbedaan konduktivitas menyebabkan perbedaan laju difusi panas.

Lapisan dengan konduktivitas lebih tinggi menunjukkan peningkatan suhu yang lebih cepat, sedangkan lapisan dengan

konduktivitas lebih rendah mengalami keterlambatan dalam distribusi panas. Hal ini mengindikasikan adanya resistansi termal pada lapisan dengan konduktivitas rendah yang menghambat aliran panas menuju bagian dalam sistem.

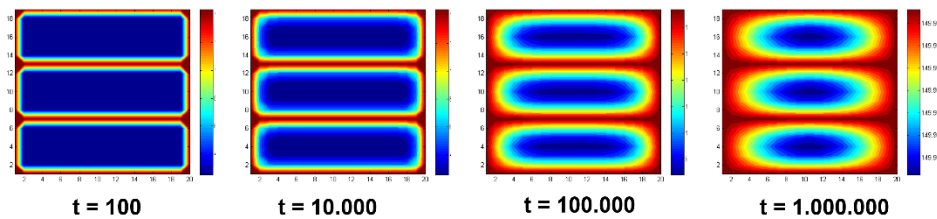
Fenomena ini penting dalam konteks sistem *bakar batu*, karena susunan bahan makanan dengan sifat termal berbeda dapat memengaruhi tingkat kematangan secara tidak merata.

3. Kasus Tiga Lapis

Analisis pada sistem tiga lapisan dilakukan untuk memahami perilaku distribusi panas pada sistem multilayer yang lebih kompleks.

a. Konduktivitas Sama

Distribusi suhu untuk tiga lapisan dengan konduktivitas yang sama ditunjukkan pada Gambar 9.



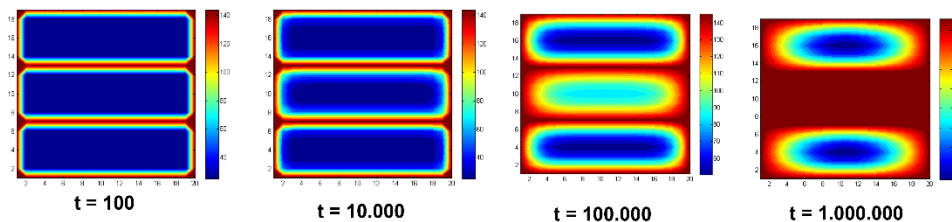
Gambar 9. Sebaran panas untuk 3 lapis dengan konduktivitas yang sama sebesar 0,2.

Hasil menunjukkan bahwa pola distribusi suhu relatif seragam pada setiap lapisan. Hal ini disebabkan oleh keseragaman sifat termal yang menyebabkan difusi panas berlangsung dengan laju yang sama di seluruh domain.

b. Konduktivitas Berbeda

Pada kasus tiga lapisan dengan variasi konduktivitas (Gambar 10), terlihat bahwa

lapisan dengan konduktivitas lebih tinggi mencapai suhu seragam lebih cepat dibandingkan lapisan lainnya. Lapisan tengah dengan konduktivitas lebih tinggi berperan sebagai media distribusi panas yang lebih efektif.



Gambar 10. Sebaran panas untuk 3 lapis dengan variasi konduktivitas.

Sebaliknya, lapisan dengan konduktivitas rendah menunjukkan gradien suhu yang masih signifikan, bahkan pada iterasi yang besar. Hal ini menunjukkan bahwa variasi sifat termal dalam sistem multilayer menghasilkan distribusi suhu yang tidak homogen.

Pembahasan

Secara keseluruhan, hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi panas pada sistem *bakar batu* sangat dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu konduktivitas termal bahan dan ketebalan lapisan. Konduktivitas termal menentukan kecepatan difusi panas, sedangkan

ketebalan lapisan memengaruhi jarak yang harus ditempuh oleh panas untuk mencapai bagian dalam sistem.

Semakin tebal lapisan bahan makanan, semakin besar resistansi termal yang dihasilkan, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu seragam menjadi lebih lama. Sebaliknya, bahan dengan konduktivitas tinggi mampu mempercepat distribusi panas dan meningkatkan efektivitas pemanasan.

Hasil ini sejalan dengan teori perpindahan panas konduksi, di mana laju aliran panas dipengaruhi oleh gradien suhu dan sifat termal material. Dalam konteks praktis, temuan ini menunjukkan bahwa pengaturan ketebalan

dan jenis bahan makanan dalam tradisi *bakar batu* memiliki peran penting dalam menentukan tingkat kematangan dan efisiensi proses pemasakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Sebaran suhu pada sistem bakar batu sangat dipengaruhi oleh nilai konduktivitas panas dari bahan makanan yang digunakan dalam acara bakar batu.
2. Pola sebaran suhu atau panas pada setiap lapisan saling bebas, yaitu tidak saling mempengaruhi antar lapisan tetapi hanya dipengaruhi oleh suhu pada syarat batas antara lapisan dan pinggir lapisan.
3. Suhu sistem akan mendekati nilai suhu syarat batas pada iterasi yang cukup lama yaitu sekitar iterasi ke 1.000.000 dengan persyaratan sistem terisolasi dari lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh hibah penelitian dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Cenderawasih Tahun 2025 dengan nomor kontrak 103/UN20.2.1/PG/2025 . Kami sangat berterima kasih atas dukungan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zaky A, Toding BN. Analisis perpindahan panas pada sirkulasi air penyulingan nilam dengan tangki bervolume 150 liter. *Jurnal Asimetrik*. 2023;5(1):1-10. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v5i1.3465>
- [2] Hasibuan JD, Jufrizal. Pemodelan numerik perpindahan panas pada dinding ruang bakar boiler menggunakan software engineering. *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya*. 2023;2(2):81-90. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i2.47>
- [3] Hariyanto S, Klara S, Shintarahayu B, Barangan E. Analisis beban pendingin palka ikan kapal katinting menggunakan simulasi computational fluid dynamics (CFD). *Jurnal Riset dan Teknologi Terapan Kemaritiman*. 2024;3(1):24-31. <https://doi.org/10.25042/jrt2k.062024.04>
- [4] Saoqibillah L, Malik A. Analisis pengaruh suhu terhadap nilai konduktivitas pada perpindahan panas secara konduksi menggunakan Virtual Lab Amrita. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*. 2024;6(1):33-37. <https://doi.org/10.29303/jppfi.v6i1.256>
- [5] Zulkifli A. Simulasi numerik pengaruh penggunaan material PCM terhadap efisiensi sistem pemanas air tenaga matahari pada pelat absorber berbentuk datar [skripsi]. Makassar: Universitas Hasanuddin; 2024.
- [6] Febrian W, Anggara M, Ikram FD, Aldrin. Analisis distribusi panas pada variasi posisi pipa dan diameter pipa penghantar panas terhadap efisiensi pengeringan rengginang menggunakan computational fluid dynamic (CFD). *Jurnal Flywheel*. 2023;14(2):36-49. <https://doi.org/10.36040/flywheel.v14i2.6854>
- [7] Muchlisinalahuddin, Pernandes P, Muharni R. Analisis perpindahan panas dandang pengukus saus tomat usaha bersama kelompok mandiri di Nagari Batu Palano Kabupaten Agam Sumatera Barat. *Technologica*. 2022;1(1):8-16. <https://doi.org/10.55043/technologica.v1i1.29>
- [8] Budiarti IS, Suparmi A, Sarwanto, Harjana. Heat transfer concept on Bakar Batu Papua's culture. *AIP Conference Proceedings*. 2018:1-6. <https://doi.org/10.1063/1.5054537>
- [9] Rahman H, Hamzah H, Sutarman T, Dahlan K, Napitupulu D. Simulasi numerik distribusi panas pada budaya Bakar Batu dengan pendekatan perpindahan panas banyak lapis dan sumber panas secara konduksi. *Phydagogic*. 2025;7(2). <https://doi.org/10.31605/phy.v7i2.4255>
- [10] Faisal A, Alparesa I, Putri JK. Perpindahan kalor melalui kemplang pada media pasir. *Jurnal Teknologi Pendidikan dan Pembelajaran*. 1(4):689-692. <https://jurnal.kopusindo.com/index.php/jtpp/article/view/157/154>
- [11] Astanto D, Dwi MR, Nelwan LO, Hartulistiyoso E. Karakteristik batu basalt sebagai media penyimpanan panas pembakaran biomassa pada sistem

- pengering gabah. Jurnal Keteknikan Pertanian. 2022;10(3):305-318.
- [12] Numberi JJ, Palamba P, Gaii A, Rumar K, Joni, Ansanay Y, et al. Analysis of natural convection heat transfer in Barapen cooking in Papua. Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Inovasi. 2024;6(2). <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v6i2.6562>