

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Matahari merupakan sumber daya alam dengan energi yang sangat besar. Pemanfaatan energi matahari masih relatif terbatas, pemanfaatan energi matahari antara lain untuk pengeringan hasil pertanian, pembangkit listrik, pemanas air dan kompor tenaga matahari.

Cara kerja kompor tenaga matahari cukup sederhana yaitu memfokuskan cahaya matahari menggunakan cermin berbentuk parabola pada alat masak. Hasil yang cukup memuaskan untuk kondisi cuaca pada siang hari yang cerah. Dari tahun ke tahun, para peneliti mengembangkan desain dari kompor tenaga matahari, tetapi masih banyak kekurangannya. Salah satu kekurangan yang muncul adalah kompor tenaga matahari tidak dapat digunakan pada malam hari maupun siang hari dengan cuaca mendung. Akhirnya muncullah ide untuk menggunakan media penyimpanan energi matahari. Dengan menambahkan media penyimpanan energi pada desain kompor tenaga matahari maka dimungkinkan kompor tenaga matahari tersebut bisa digunakan untuk keperluan memasak pada malam hari maupun siang hari dengan cuaca mendung.

Para peneliti memikirkan material apa yang dapat dijadikan media penyimpanan energi matahari. *Phase Change Material (PCM)* adalah kandidat yang dapat digunakan sebagai media penyimpanan energi matahari. Hal ini disebabkan *PCM* memiliki kapasitas penyimpanan energi yang besar [1]. Selain itu, kelebihan dari penggunaan *PCM* adalah dapat menyuplai sejumlah besar panas dengan ukuran material yang kecil. Oleh karena itu, *PCM* adalah pilihan terbaik sebagai media penyimpanan energi matahari untuk kompor tenaga matahari yang bisa digunakan untuk memasak pada malam hari maupun siang hari yang mendung.

Penelitian mengenai kompor tenaga matahari berbahan dasar *PCM* masih sangat jarang. Domanski et.al [2] menggunakan *Magnesium nitrate hexahydrate* ( $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ) sebagai *PCM* untuk menyimpan energi pada desain kompor tenaga matahari yang dibuatnya. Buddhi dan Sahoo [3] menggunakan *stearic acid* sebagai media penyimpanan energi panas sedangkan S.D. Sharma et. al [4] menggunakan acetamide untuk kompor tenaga matahari yang bisa digunakan untuk memasak pada malam hari. Tinjauan lebih lengkap mengenai *PCM* sebagai media penyimpanan energi untuk tenaga matahari bisa ditemukan di review yang telah dilakukan oleh A.Sharma, et. al [5].

*Stefan Problem* adalah suatu masalah yang berkaitan dengan perubahan fase (solid ke liquid atau sebaliknya) dengan batas antar fase (*interface*) bergerak terhadap waktu. Perubahan fase yang terjadi pada *PCM* dapat dikategorikan sebagai *Stefan Problem*. Solusi dari *Stefan Problem* yaitu mencari solusi persamaan panas untuk daerah solid sekaligus daerah liquid tetapi dengan syarat batas yang bergerak terhadap waktu. Syarat batas yang bergerak inilah yang menjadi kesulitan dalam mencari solusi *Stefan Problem*. Solusi analitik untuk *Stefan Problem* sangat terbatas bahkan untuk satu dimensi. Alexiades dan

Solomon [6] membahas solusi analitik dan solusi numerik untuk *Stefan Problem* satu dimensi maupun dua dimensi.

Terdapat banyak metode numerik untuk menyelesaikan masalah batas bergerak ini diantaranya metode *enthalpy*, *boundary immobilization method*, *perturbation method*, *nodal integral*, dan *heat balance integral method* [7]. Akan tetapi metode *enthalpy* adalah yang paling banyak digunakan untuk menyelesaikan *Stefan Problem* [4]. Hal ini dikarenakan dalam metode ini, persamaan panas dalam dua daerah yaitu solid dan liquid dirumuskan ulang menjadi satu persamaan dalam bentuk energi dalam (*enthalpy*). Dengan reformulasi kedalam bentuk *enthalpy*, persamaan pengatur untuk daerah solid dan liquid tetap sama. Oleh karena itu, metode numerik seperti metode volume hingga bisa langsung diterapkan untuk persamaan *enthalpy* ini dan sekaligus bisa memprediksi posisi interface.

Dalam tugas akhir ini, akan digunakan metode *Godunov* orde-satu untuk membuat simulasi numerik dari *PCM* sebagai media penyimpanan energi matahari pada sistem kompor tenaga matahari. Metode *Godunov* untuk mencari solusi dari *Stefan Problem*, metode ini merupakan skema numerik konservatif dari metode volume hingga. Simulasi numerik yang akan dihasilkan berupa distribusi temperatur. Prediksi dari temperatur ini adalah laju penyimpanan selama proses *charging* atau laju penggunaan selama proses *discharging* merupakan tahap untuk mendesain media penyimpanan energi pada kompor tenaga matahari.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan solusi eksak dari *Stefan Problem* untuk sistem satu dimensi pada koordinat silinder ?
2. Bagaimana menentukan solusi numerik dari *Stefan Problem* dengan menggunakan metode *Godunov* untuk sistem satu dimensi dan dua dimensi pada koordinat silinder ?
3. Bagaimana menentukan laju penyimpanan (untuk proses *charging*) dan laju penggunaan (untuk proses *discharging*) untuk mendapatkan jenis *PCM* yang baik untuk digunakan pada kompor tenaga matahari ?
4. Bagaimana menentukan distribusi temperatur pada *Phase Change Material* untuk mendapatkan jenis *PCM* yang baik untuk digunakan pada kompor tenaga matahari. ?

## 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. *Stefan Problem* pada *PCM* berbentuk silinder berlubang.
2. *Stefan Problem* diuji pada domain satu dan dua dimensi.
3. Penyelesaian masalah menggunakan metode *Godunov*.
4. Solusi eksak hanya dihitung untuk permasalahan satu dimensi.

5. Temperatur *HTF* diasumsikan konstan disetiap proses *charging* dan *discharging*.
6. Proses *charging* menggunakan waktu 8 jam sampai 12 jam yang dikarekan lama waktu efektif penyinaran matahari.
7. Proses *discharging* menggunakan waktu 4 jam dikarekan waktu proses memasak paling efektif setelah *charging*.

#### 1.4. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung solusi eksak dari *Stefan Problem* untuk sistem satu dimensi pada koordinat silinder.
2. Menghitung solusi numerik dari *Stefan Problem* dengan menggunakan metode *Godunov* untuk sistem satu dimensi dan dua dimensi pada koordinat silinder.
3. Menentukan laju penyimpanan (untuk proses *charging*) dan laju penggunaan (untuk proses *discharging*) untuk mendapatkan jenis *PCM* yang baik untuk digunakan pada kompor tenaga matahari.
4. Menentukan distribusi temperatur pada *Phase Change Material* untuk mendapatkan jenis *PCM* yang baik untuk digunakan pada kompor tenaga matahari.

#### 1.5. Menentukan Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang akan digunakan dalam menyelesaikan tugas akhir ini adalah :

1. Studi Literatur  
Melakukan pencarian materi-materi guna mendukung penelitian. Hal-hal yang akan dilakukan penulis adalah membaca buku, jurnal, presentasi yang membahas tentang metode *Godunov* pada *Phase Change Material*.
2. Analisis Perancangan Sistem  
Merancang sistem yang akan dibangun meliputi algoritma dan implementasi algoritma pada bahasa pemrograman C++.
3. Pengumpulan Data  
Mengumpulkan data *PCM* yang berkaitan dengan penelitian, yaitu data yang digunakan pada metode *Godunov*.
4. Implementasi dan Pemabngunan Sistem  
Mengimplementasikan rancangan yang telah dibuat kedalam bahasa pemrogram C++.
5. Pengujian dan Analisis  
Pengujian dan analisis terhadap dua metode, yaitu analitik dan numerik.
6. Pembuatan Laporan Tugas Akhir

Mendokumentasikan penyelesaian tugas akhir ini kedalam bentuk laporan.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan terdiri dari 5 tahapan yaitu :

1. **BAB I PENDAHULUAN**  
Bab ini membahas latar belakang, perumusan dan batasan masalah, tujuan, hipotesis, metodologi penyelesaian masalah, dan sistematika penulisan.
2. **BAB II DASAR TEORI**  
Bab ini berisi tentang teori penunjang yang berkaitan dengan parameter dan sistem perhitungan perpindahan panas khususnya metode *Godunov*.
3. **BAB III PERANCANGAN SISTEM**  
Bab ini akan menjelaskan mengenai proses perancangan yang dibangun meliputi algoritma dan bahasa pemrograman yang akan digunakan.
4. **BAB IV HASIL DAN ANALISIS**  
Bab ini akan menjelaskan hasil dari perancangan dan skenario implementasinya mengenai parameter-parameter, performansi dan akurasi pada metode yang digunakan dalam sistem.
5. **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**  
Bab ini akan menguraikan kesimpulan dan saran terhadap hasil simulasi yang telah dilakukan dan berisikan daftar berbagai macam referensi baik itu berupa buku, jurnal maupun hasil penelitian.