

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Konveksi merupakan mekanisme perpindahan panas yang melibatkan perpindahan massa. Perpindahan panas ini diklasifikasikan menurut sifat alirannya, salah satunya yaitu konveksi paksa di mana aliran disebabkan oleh sarana eksternal, seperti kipas angin, pompa, atau angin pada atmosfer. Sifat sebaliknya adalah konveksi alami atau bebas di mana konveksi terjadi secara spontan^[1]. Selain konveksi paksa dan konveksi alami, terdapat juga konveksi campuran yang merupakan gabungan dari kedua jenis konveksi^[2].

Keuntungan dari konveksi alami yang spontan adalah tidak ada risiko kerusakan mekanis pada sistem yang digerakkan oleh konveksi paksa. Dalam bidang teknik, hal ini bermanfaat untuk menghilangkan kebutuhan listrik dari peralatan mekanis sehingga mengurangi risiko kegagalan listrik dan elektronik, serta dapat menghemat biaya untuk instalasi. Pengurangan konsumsi listrik dapat mendukung pelestarian lingkungan dan meningkatkan daya saing pasar dari produk hemat energi. Tidak adanya perangkat mekanis eksternal juga mengurangi ukuran sistem keseluruhan serta kebisingan suara yang sering menjadi kendala penting dalam spesifikasi peralatan industri^[2].

Aliran fluida dan perpindahan panas yang disebabkan oleh konveksi alami dalam rongga penting secara teoritis maupun praktik dalam banyak aplikasi di bidang teknik. Penerapan teknik konveksi alami memerlukan pemecahan masalah

gabungan perpindahan panas dan mekanika fluida yang bergantung pada beberapa parameter, di antaranya adalah geometri *enclosure*, serta nilai lokal sifat termal dan fisik fluida konveksi. Posisi relatif sumber aliran aktif terhadap medan gravitasi juga menentukan sifat aliran. Oleh karena itu, setiap aplikasi memerlukan analisis khusus^[2]. Pada skripsi ini, akan dilakukan analisis terhadap bentuk geometri persegi panjang yang mempunyai sudut kemiringan (*inclined cavity*) untuk mempelajari perilaku aliran konveksi alami dan perpindahan panas di celah udara antara *absorber plate* dan *glass cover* pada *flat plate solar collector* (FPSC) dengan fluida yang bersifat laminar^[15].

Solar collector menjebak radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi panas yang memiliki banyak kegunaan seperti memasak, sebagai pemanas ruangan, dan lain-lain. Efisiensi konversi energi matahari menjadi energi panas pada suhu yang dibutuhkan harus setinggi mungkin. Aspek ini membutuhkan pemahaman tentang mekanisme kehilangan panas dan berbagai mekanisme perpindahan panas di dalam *solar collector*. Kehilangan panas utama dalam *flat plate solar collector* adalah karena kehilangan panas secara konveksi di celah udara antara *absorber plate* dan *glass cover*, yang merupakan sekitar 70% dari total kehilangan panas.

Pendekatan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida dan perpindahan panas terdiri dari tiga jenis, yaitu analitis, eksperimental, dan komputasi. Masalah yang dapat diselesaikan oleh pendekatan analitis terbatas dan hanya dalam kondisi ideal. Pada pendekatan eksperimental, ditemukan kesulitan teknis serta membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang tinggi. Oleh karena itu, penelitian menggunakan pendekatan komputasi digunakan pada skripsi ini. Hampir semua aliran fluida dan proses perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai solusi

dari satu set persamaan diferensial parsial yang dapat diselesaikan menggunakan metode komputasi. Pendekatan komputasi lebih baik daripada pendekatan analitis dan eksperimental dalam beberapa aspek penting, yaitu universalitas, fleksibilitas, akurasi, dan biaya. *Computational Fluid Dynamics* (CFD) berisi seperangkat metode numerik yang diterapkan untuk mendapatkan solusi aproksimasi dari masalah dinamika fluida dan perpindahan panas^[3].

Proses komputasi dilakukan dengan membuat skema yang kemudian divalidasi terlebih dahulu dengan dibandingkan oleh hasil dari *benchmark*. Karena *cavity* memiliki sudut kemiringan, skema dibandingkan pada kasus $\theta = 0^\circ$ yang mengacu pada *benchmark* de Vahl Davis^[12] dan $\theta = 90^\circ$ yang mengacu pada *benchmark* Ouertatani dkk.^[13]. Jika galat relatif kecil, maka skema kemudian digunakan untuk melakukan simulasi komputasi.

1.2 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang dipertimbangkan dalam pembuatan skripsi ini adalah :

1. Mode perpindahan panas merupakan konveksi alami.
2. Aliran fluida merupakan aliran tak termampatkan dengan aproksimasi Boussinesq.
3. Aliran fluida diatur oleh sistem Persamaan Navier-Stokes dalam formulasi *vorticity-stream function*.
4. Konveksi alami terjadi di dalam ruang tertutup dengan geometri persegi miring.
5. Dinding bagian atas dan bawah pada *cavity* merupakan dinding adiabatik.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada skripsi ini adalah :

1. Apakah metode numerik baru berdasarkan *compact finite difference* dapat digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan fenomena konveksi alami dalam *inclined cavity* persegi yang miring terhadap gravitasi?
2. Bagaimana pengaruh besar bilangan Rayleigh (Ra) terhadap pola aliran fluida dan laju perpindahan panas dalam *inclined cavity*?
3. Bagaimana pengaruh besar bilangan Prandtl (Pr) terhadap pola aliran fluida dan laju perpindahan panas dalam *inclined cavity*?
4. Bagaimana pengaruh besar sudut kemiringan (θ) terhadap pola aliran fluida dan laju perpindahan panas dalam *inclined cavity*?
5. Bagaimana pengaruh besar rasio aspek (A) terhadap pola aliran fluida dan laju perpindahan panas dalam *inclined cavity*?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian skripsi ini adalah :

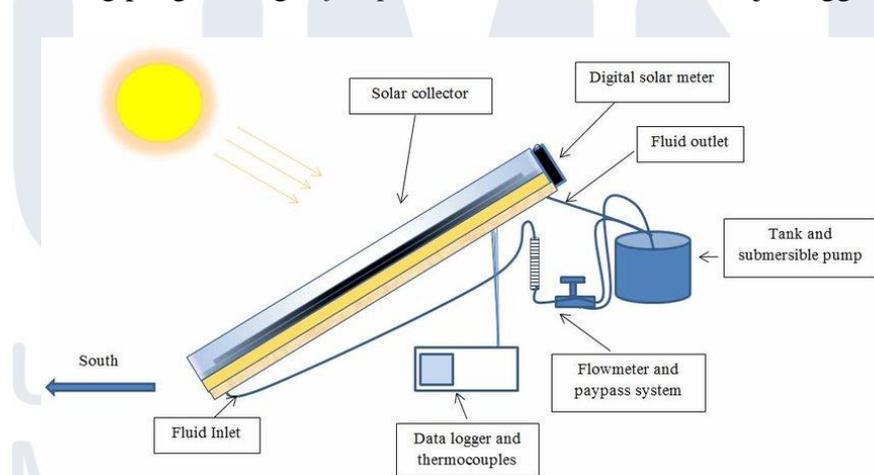
1. Melakukan validasi bahwa metode numerik baru berdasarkan *compact finite difference* dapat digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan fenomena konveksi alami dalam *inclined cavity* persegi yang miring terhadap gravitasi.
2. Menganalisis pengaruh besar bilangan Rayleigh (Ra) terhadap pola aliran fluida dan laju perpindahan panas dalam *inclined cavity*.
3. Menganalisis pengaruh besar bilangan Prandtl (Pr) terhadap pola aliran fluida dan laju perpindahan panas dalam *inclined cavity*.

4. Menganalisis pengaruh besar sudut kemiringan (θ) terhadap pola aliran fluida dan laju perpindahan panas dalam *inclined cavity*.
5. Menganalisis pengaruh besar rasio aspek (A) terhadap pola aliran fluida dan laju perpindahan panas dalam *inclined cavity*.

1.5 Manfaat Penelitian

Skripsi ini diharapkan mempunyai manfaat teoritis dan praktis, yaitu :

1. Teoritis : dapat digunakan mahasiswa lainnya yang melakukan penelitian serupa dan sebagai sarana pengaplikasian ilmu bagi penulis.
2. Praktis : untuk memvalidasi bahwa metode dapat digunakan untuk mengeksplorasi karakteristik aliran fluida dan perpindahan panas di dalam *enclosure* dari *flat plate solar collector*. Pada penerapannya, *flat plate solar collector* umumnya dipasang dengan posisi *inclined*. Penelitian mengenai aliran fluida dan perpindahan panas dalam *flat plate solar collector* diharapkan dapat mendukung pengembangan *flat plate solar collector* berkinerja tinggi^[4].



Gambar 1.1 *Flat plate solar collector*^[19]

1.6 Sistematika Penulisan

Pada skripsi ini, Bab I berisi latar belakang masalah dilaksanakannya penelitian di mana membahas pengenalan konveksi alami beserta manfaatnya, dan perbandingan pendekatan untuk menyelesaikan masalah aliran fluida. Selain itu, terdapat batasan masalah untuk menyederhanakan model, rumusan masalah dan tujuan penelitian yang mencakup parameter-parameter yang diuji, dan manfaat penelitian untuk kedepannya.

Bab II berisi gambaran mengenai konveksi alami pada umumnya dan diagram gaya bebas dari model, *governing equations* yang digunakan, *governing equations* dalam formulasi *vorticity-stream function*, dan persamaan hasil non-dimensionalisasi formulasi *vorticity-stream function*.

Bab III berisi skema numerik yang digunakan untuk mendapat aproksimasi nilai dari parameter-parameter pada kondisi batas dan titik interior, dan algoritma yang digunakan untuk mendapat nilai dari parameter-parameter secara spasial dan temporal.

Bab IV berisi hasil implementasi skema numerik pada *governing equations* dalam formulasi *vorticity-stream function* dengan kondisi batas dan nilai parameter yang ditentukan, serta analisis mengenai hasil simulasi.

Bab V berisi kesimpulan dari yang dijabarkan pada Bab IV dan saran untuk penelitian selanjutnya.

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A