

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Dasar Teori

2.1.1. Perpindahan Panas

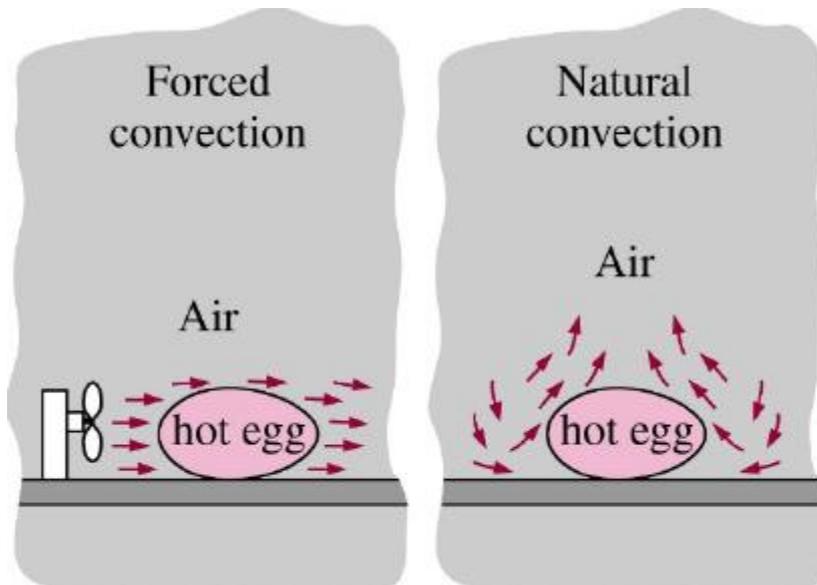
Perpindahan panas adalah perpindahan suatu energi yang disebabkan adanya perbedaan temperatur. Kapanpun terdapat perbedaan temperatur didalam suatu media atau diantara beberapa media, perpindahan panas dapat terjadi. Didalam perpindahan panas terdapat 3 jenis yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

Konduksi adalah perpindahan panas yang melalui medium padat yang tidak ikut mengalami perpindahan. Contohnya saat benda sendok yang dipanaskan, maka bagian lain dari sendok akan terasa panas juga.

Konveksi adalah perpindahan panas yang melalui aliran suatu fluida yang zat perantaranya ikut mengalami perpindahan. Contohnya saat memasak air, maka air sebagai fluida perantara panas ikut mengalami perpindahan posisi.

Radiasi adalah perpindahan panas yang tanpa melalui zat perantara. Contohnya panas pada Matahari yang dapat mencapai Bumi walaupun melewati ruangan hampa di luar angkasa.

2.1.2. Konveksi Alami



Gambar 2.1. Konveksi Paksa dan Konveksi Alami

Konveksi alami adalah perpindahan panas akibat gerakan fluida yang terjadi secara bebas, tanpa adanya gaya bantuan dari luar fluida tersebut. Hal ini terjadi ketika terdapat aksi dari gaya apung pada fluida yang memiliki perbedaan kerapatan. Secara umum, perbedaan kerapatan terjadi akibat terdapatnya perbedaan temperatur pada fluida dan gaya apung yang disebabkan oleh gaya gravitasi. Efek penyeimbang dari gaya tersebut adalah tegangan geser yang menghalangi terjadinya aliran konveksi alami.

Dikarenakan kecepatan aliran dari konveksi alami biasanya sangat kecil dibandingkan dengan konveksi paksa (di mana aliran fluida dihasilkan pompa atau kipas), maka besarnya koefisien konveksi h sangat kecil. Hal ini menyebabkan kemungkinan untuk menghilangkan /mengurangi pengaruh dari adanya proses konveksi alami. Namun hal ini tidak selalu

tepat, dikarenakan pada sistem yang melibatkan *multimode heat transfer effects*, konveksi alami memberikan kontribusi terbesar pada perpindahan panas dan memiliki peran penting dalam desain dan performa dari sistem tersebut. Bahkan ketika ingin memperbesar *heat transfer rates* atau untuk mengurangi biaya operasi, konveksi alami lebih disukai daripada konveksi paksa.

Pada kenyataannya konveksi alami memiliki peran yang besar pada temperatur operasi dari pembangkit dan alat elektronik. Konveksi alami juga memegang peran yang besar di aplikasi proses termal pada bidang manufaktur. Konveksi alami penting dalam menentukan distribusi temperatur di dalam gedung dan besarnya *heat loss /heat load* pada pemanasan, ventilasi, dan sistem AC. Konveksi alami juga mendistribusi produk sisa pembakaran yang beracun dan konveksi alami sangat berhubungan dengan *environmental sciences*, seperti pada pergerakan laut dan atmosfer yang sangat dipengaruhi oleh proses perpindahan kalor dan masa. [1]

Pada Konveksi Alami terdapat 3 persamaan dasar, yaitu:

Persamaan Momentum:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial(u\omega)}{\partial x} + \frac{\partial(v\omega)}{\partial y} = Pr \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right) + RaPr \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots (2.1a)$$

Persamaan Poisson:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega \dots\dots\dots (2.1b)$$

Persamaan Energi:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial(uT)}{\partial x} + \frac{\partial(vT)}{\partial y} = \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2}\right) \dots\dots\dots (2.1c)$$

dengan:

ψ merupakan nilai non dimensional untuk tekanan,

ω merupakan nilai non dimensional untuk *vorticity*,

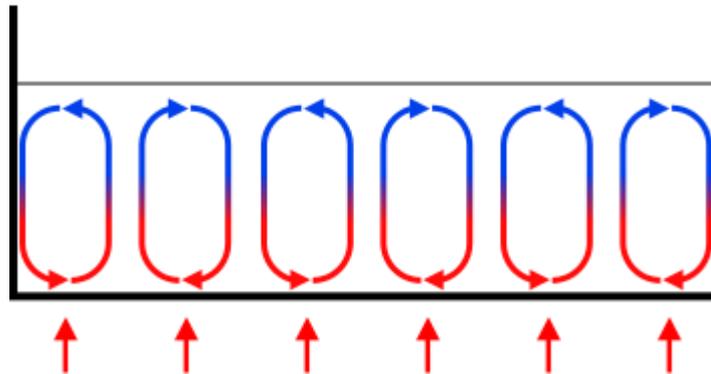
u dan v merupakan nilai non dimensional untuk kecepatan,

T merupakan nilai non dimensional untuk temperatur,

Pr merupakan nilai non dimensional bilangan Prandtl,

Ra merupakan nilai non dimensional bilangan Rayleigh.

2.1.3. Konveksi Rayleigh-Benard



Gambar 2.2. Konveksi Rayleigh-Bernard

Konveksi Rayleigh-Benard merupakan suatu tipe dari konveksi alami, dimana saat fluida dipanaskan dari bawah aliran fluida akan bersirkulasi antara dinding bawah dan atas dengan membentuk pola berulang tersekat-sekat yang disebut *Benard cells*. Konveksi *Rayleigh-Benard* merupakan

salah satu fenomena konveksi yang sering diteliti dikarenakan fenomena ini memegang peran penting pada hal seperti HVAC dalam ruangan, proses termal pada bidang manufaktur, dan pada temperatur operasi pada alat-alat elektronik.

Konveksi *Rayleigh-Benard* merupakan suatu fenomena akibat terdapatnya perbedaan gradien kerapatan pada bagian bawah dan atas, gravitasi menarik fluida yang lebih dingin dan lebih rapat dari bagian atas menuju bagian bawah. Gaya gravitasi ini berlawanan dengan gaya *viscous damping* dari fluida tersebut. Keseimbangan dari kedua gaya tersebut disebut dengan bilangan *Rayleigh*. Dengan Semakin bertambahnya bilangan *Rayleigh* maka gaya gravitasi akan semakin dominan yang akan mencapai titik kritis pada $Ra = 1708$ [2] yang menyebabkan terjadinya konveksi dan *Benard cells* mulai terbentuk.

2.2. State of the Art

2.2.1. Penelitian dan Perkembangan Permasalahan Konveksi Alami dalam Ruang Tertutup 2 Dimensi

Permasalahan konveksi alami dalam ruang tertutup 2 dimensi, sebenarnya sudah banyak dikembangkan. Pengembangan yang dilakukan berfokus pada peningkatan akurasi, waktu simulasi, peningkatan bilangan Rayleigh, variasi jenis fluida (bilangan Prandtl), dan tingkat konvergensi. Pada permasalahan ini terdapat banyak jenis *boundary*, salah satunya adalah permasalahan konveksi Rayleigh-Bernard dengan permasalahan utama dinding bagian bawah yang memiliki temperatur tinggi dan dinding bagian atas yang memiliki temperatur rendah, dengan dinding bagian kiri dan

kanan dapat berupa simetris atau adiabatik. Pada penelitian Kun Zhang [3] dengan menggunakan perbandingan ukuran dinding 8:1, bilangan Prandtl 0,701 (fluida udara), dan bilangan Rayleigh 5000, dengan sisi dinding kiri dan kanan adiabatik. Didapatkan 10 pola cell, dan ketika dilakukan perubahan kondisi awal didapatkan 8 pola cell, dan 6 pola cell. Pada penelitian Nasreddine Ouertatani [4] dengan melakukan variasi jumlah grid 120x32, 240x64, 480x96 dengan dengan sisi dinding kiri dan kanan adiabatik dan dengan ratio dinding 4:1 pada bilangan Rayleigh 10^5 dan bilangan Prandtl 0,71(fluida udara). Didapatkan bilangan Nusselt dinding panas dan dinding dingin memiliki akurasi yang lebih tinggi dibandingkan referensi penelitian yang digunakan. Pada penelitian Huafu Yao [5] dengan melakukan variasi bilangan Rayleigh dari 4000-5000 dan bilangan Prandtl 6,8 (fluida air) dengan sisi dinding kiri dan kanan simetris didapatkan pola isothermal dan kecepatan dari berbagai bilangan Rayleigh, dan dilakukan juga perbandingan bilangan Nusselt dengan penelitian terdahulu dan didapatkan bahwa metode yang dilakukan pada bilangan Rayleigh 4000 sampai 12000 lebih akurat daripada penelitian terdahulu.