

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

CFD merupakan salah satu pendekatan dalam mendapatkan solusi terhadap permasalahan fenomena fisika terutama dalam aplikasi bidang teknik. Pada tugas akhir ini, permasalahan yang difokuskan adalah konveksi alami dengan menggunakan metode numerik skema baru HOC20 untuk diskritisasi ruang dan RK4 untuk diskritisasi waktu. Berdasarkan hasil numerik, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian skema baru HOC20 pada permasalahan *burgers* menunjukkan skema tersebut mampu menghasilkan akurasi yang baik dengan tingkat galat relatif maksimum 0,041% dengan $N = 10$ dan 0,0013% dengan $\Delta t = 0,1$ untuk contoh pertama, 10,06% atau galat absolut $8,9E-15$ pada waktu akhir $T = 2$ untuk contoh kedua, dan 0,555% pada $T = 0,4$ untuk contoh ketiga. Pengujian pada permasalahan *lid driven cavity*, HOC20 mampu menghasilkan akurasi yang mendekati *benchmark* Ghia dkk dengan jumlah *grid* yang lebih sedikit. Hal tersebut divisualisasikan pada plot perbandingan data hasil numerik HOC20 dengan Ghia dkk untuk kecepatan vertikal, horizontal, serta *vorticity* pada *lid*. Pengujian pada permasalahan konveksi alami pada ruang tertutup dilakukan untuk memastikan metode HOC20 mampu menyelesaikan persamaan *Navier-Stokes* bersamaan dengan persamaan energi. Jika

toleransi galat yang diperbolehkan adalah kurang dari 1%, maka perbandingan data hasil simulasi HOC20 dengan *benchmark* Vahl Davis menunjukkan HOC20 mampu menghasilkan akurasi yang baik dengan jumlah *grid* yang lebih sedikit sehingga waktu komputasi dapat dipersingkat tanpa mengurangi akurasi numerik.

2. Pengubahan fluida yang digunakan dalam ruang tertutup dari $Pr = 0,71$ menjadi $Pr = 6,9$ memberikan dampak pada kecepatan aliran fluida yang lebih tinggi sehingga mempengaruhi nilai *stream function* dan bilangan *Nusselt* yang semakin tinggi. Hal tersebut berdampak signifikan pada bilangan *Rayleigh* tinggi seperti $Ra = 10^6$. Bilangan *Prandtl* yang semakin tinggi menyebabkan peningkatan difusivitas momentum dibandingkan dengan termal sehingga efek perpindahan secara konveksi semakin dominan. Selain itu, variasi rasio geometri memberikan dampak pada perpindahan panas secara konveksi. Pada aspek rasio rendah (*shallow cavity*) konveksi berkurang secara signifikan hingga pada rasio 1/5 dan 1/20 sudah didominasi oleh konduksi. Ketika $H/L > 3$, terjadi penurunan Nu yang mengindikasikan bahwa dampak konveksi relatif terhadap konduksi berkurang.
3. Kondisi batas transien ($\theta_h = \bar{\theta}_h + \Delta\theta \sin(2\pi\omega\tau)$) memberikan pengaruh pada pola *streamline*, isothermal, serta bilangan *Nusselt*. Peningkatan ω sebagai frekuensi perubahan temperatur dinding kiri menyebabkan perubahan osilasi Nu dengan amplitudo berbeda

sepanjang x . Pada frekuensi tinggi yaitu $\omega = 10, 20$, dan 50 , Nu pada $x = 0$ lebih besar dari Nu pada $x = \frac{1}{2}$ dan lebih besar dari Nu pada $x = 1$. Pada $\omega = 50$, terlihat bahwa setelah osilasi empat periode, perubahan Nu terhadap waktu belum mencapai *quasi-steady* secara periodik.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Menggunakan variasi jarak antar *grid* (*non-uniform grid*) untuk melakukan simulasi numerik. Hal tersebut mampu mengurangi waktu komputasi dan mengoptimalkan perhitungan numerik pada area yang perlu ketelitian lebih. HOC20 terbatas pada *grid* seragam sehingga perlu pengembangan lebih lanjut agar dapat diaplikasikan pada *grid* tidak seragam.
2. Melibatkan pemodelan densitas dan konduktivitas nanofluida sehingga simulasi numerik semakin realistis dalam aplikasi simulasi dengan *nanofluid*.
3. Melakukan variasi model geometri yang memiliki kemiringan sudut α tertentu atau bentuk geometri kompleks seperti silinder atau bola.
4. Menggunakan persamaan *Navier-Stokes* dalam bentuk *primitive variable* sehingga dapat dikembangkan dalam ruang tiga dimensi.