

Analisis Kecepatan Fluida Pada Simulasi Aliran Fluida 2-Dimensi Dalam Medium Pipa dengan Penghalang Lingkaran

RIA DWI IZAHYANTI^{1*}, NURHASAN²⁾, LILIK HENDRAJAYA²⁾

¹⁾ Pascasarjana Jurusan Fisika FMIPA Institut Teknologi Bandung. Jl. Ganesha 10 Bandung, E-mail: riafisitb@gmail.com

²⁾ Jurusan Fisika FMIPA Institut Teknologi Bandung. Jl. Ganesha 10 Bandung, E-mail: nurhasan@fi.itb.ac.id

TEL: +6222 2515032; FAX: +6222 2502360

ABSTRAK: Telah dilakukan simulasi aliran fluida 2-dimensi pada medium pipa berpori menggunakan metode Lattice Boltzman model BGK D2Q9. Penghalang diasumsikan berbentuk lingkaran yang diletakkan di bagian tengah pipa. Diasumsikan bahwa fluida dianggap tak mampu mampat serta fluida mengalir secara horizontal dari kiri ke kanan. Dari simulasi yang dilakukan diketahui bahwa kecepatan aliran fluida yang diberi penghalang secara kuantitatif mengalami perubahan kecepatan aliran saat fluida melewati penghalang berbentuk lingkaran. Terlihat bahwa fluida yang mengalir dibagian tengah saat melewati penghalang memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan fluida yang mengalir dibagian tepi. Aliran fluida dibagian tepi yang bersentuhan langsung dengan penghalang silinder nilai kecepatannya mendekati 0.02 m/s. Perbedaan kuantitas kecepatan pada aliran fluida terjadi karena tumbukan antara molekul fluida dibagian tengah hanya antar partikel fluida saja sedangkan aliran fluida di bagian tepi selain bertumbukan dengan anatar partikel fluida juga mengalami tumbukan dengan dinding medium.

Kata Kunci: simulasi, fluida, penghalang, kecepatan fluida.

PENDAHULUAN

Untuk mengetahui karakteristik air sebagai energi pendorong minyak didalam batuan berpori, maka akan dilakukan simulasi dan pemodelan aliran fluida didalam media berpori. Dinamika fluida dapat dijelaskan dengan model hidrodinamika konvensional menggunakan persamaan navier stokes (Amyx, 1976). Persamaan navier stokes merupakan serangkaian persamaan terkopel yang menjelaskan pergerakan suatu fluida baik cairan maupun gas. Persamaan-persamaan ini menyatakan bahwa perubahan momentum partikel fluida bergantung hanya pada gesekan (viskositas) yang bekerja pada fluida. Oleh karena itu, persamaan navier stokes menjelaskan kesetimbangan gaya gaya yang bekerja pada fluida. Mohammad (2011) menambahkan bahwa persamaan navier stokes merupakan persamaan diferensial parsial non-linier yang sangat kompleks. Keadaan ini menyebabkan dalam penyelesaian persamaan tersebut tidak dapat dilakukan melalui penyelesaian secara analitik. Oleh karena

itu, perlu dilakukan pendekatan numerik untuk menyelesaikannya. Pendekatan numerik yang dilakukan adalah menggunakan metode lattice Boltzmann method (LBM).

METODE PENELITIAN

Lattice Boltzmann Method (LBM) merupakan salah satu *cellular automata*, yang berarti fluida terbentuk dari banyak sel sejenis. Semua sel diperbaharui di setiap langkah waktu dengan aturan sederhana, dengan ikut memperhitungkan sel-sel di sekitarnya. LBM memodelkan fluida yang tak mampu-mampat (*incompressible*) di mana partikel fluida hanya dapat bergerak searah dengan collouision kecepatan lattice. LBM menjelaskan model perilaku makroskopik fluida dalam fisika statistik,

$$\partial_t f + \vec{v} \cdot \nabla f = \Omega(f) \quad (1)$$

Pada arah yang tegak lurus akan mempunyai nilai 1 sedangkan pada arah menyamping mempunyai nilai $\sqrt{2}$, fungsi kecepatan dan distribusi partikel dinotasikan dengan f_i dimana nilai i

menunjukkan nomor collisionr lattice. Masing-masing distribusi fungsi mewakili sejumlah partikel dalam cairan yang bergerak sepanjang arah vektor kecepatannya, maka setiap langkah waktu pada sel di posisi x di DF $f_i(x,t)$ harus di simpan sebagai nilai floating-point untuk setiap arah kecepatan ($i=1..19$) dengan arah vektor e_i di definisikan sebagai:

- (0,0,0) for $i=0$
- ($\pm 1,0,0$) for $i=1,2$
- (0, $\pm 1,0$) for $i=3,4$
- (0,0, ± 1) for $i=5,6$
- ($\pm 1, \pm 1,0$) for $i=7..10$
- (0, $\pm 1, \pm 1$) for $i=11..14$
- ($\pm 1, 0, \pm 1$) for $i=15..18$

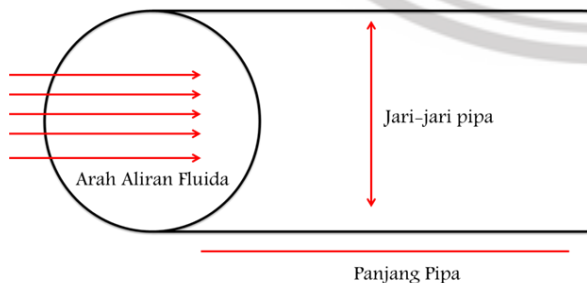
Pada fungsi distribusi pertama f_0 merupakan partikel dalam yang beristirahat, dari nilai tersebut nilai-nilai mikroskopik untuk kepadatan (*density*) ρ dan kecepatan (*velocity*) u bisa dihitung:

$$\rho = \sum_{i=1}^{19} f_i$$

$$u = \frac{1}{\rho} \sum_{i=1}^{19} f_i e_i \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN
Pemodelan aliran fluida dalam pipa tanpa penghalang

Model dari medium pipa untuk aliran fluida tanpa penghalang dapat digambarkan seperti Gambar 1.

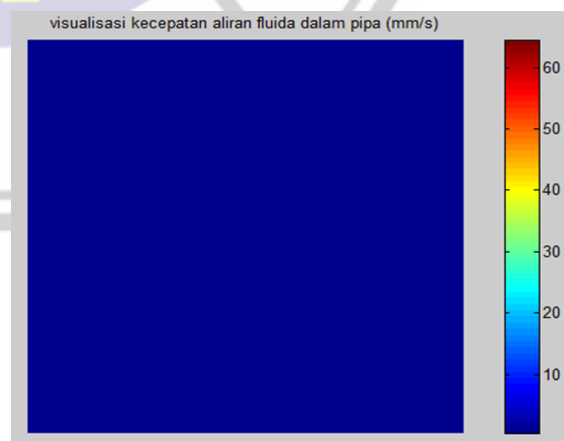


Gambar 1. Model medium pipa tanpa penghalang

Model medium pipa tanpa penghalang seperti yang terlihat pada Gambar 1 menyerupai bentuk silinder dengan panjang tak hingga dan jari jari dari

medium pipa sebesar 30 cm. Arah aliran fluida yang dimodelkan bergerak dari kiri ke kanan. Dengan menerapkan syarat batas periodik yaitu menganggap fungsi distribusi pada ujung kanan partikel sama dengan fungsi distribusi pada ujung kiri. Hasil simulasi numerik yang dilakukan untuk memodelkan aliran fluida dalam medium pipa tanpa penghalang, untuk kondisi awal jika diasumsikan fluida dalam keadaan fluida statik dan memiliki kecepatan aliran sebesar 0 m/s dapat dilihat pada Gambar 2.. Pada Gambar 2 dimensi dari model diambil dalam ukuran 400 mm x 400 mm. Didapatkan hasil simulasi numerik seperti pada Gambar 2.

Untuk pergerakan fluida yang terjadi karena adanya perbedaan kecepatan dan perbedaan tekanan dapat dilihat pada Gambar 3. Pada bagian peninjauan pemodelan untuk fluida yang mengalir didalam medium pipa, diasumsikan fluida merupakan fluida newtonian yaitu fluida yang akan mengalir terus tanpa dipengaruhi gaya-gaya yang bekerja pada fluida tersebut. Selain itu pada pemodelan ini juga diasumsikan aliran fluida merupakan aliran fluida steady state yaitu kecepatan aliran fluida tidak merupakan fungsi dari waktu. Pada Gambar 3 dimensi dari model diambil dalam ukuran 400 mm x 400 mm. Didapatkan hasil simulasi numerik seperti Gambar 3.



Gambar 2. Model fluida pada kondisi awal dalam medium pipa tanpa penghalang dengan kecepatan 0 m/s

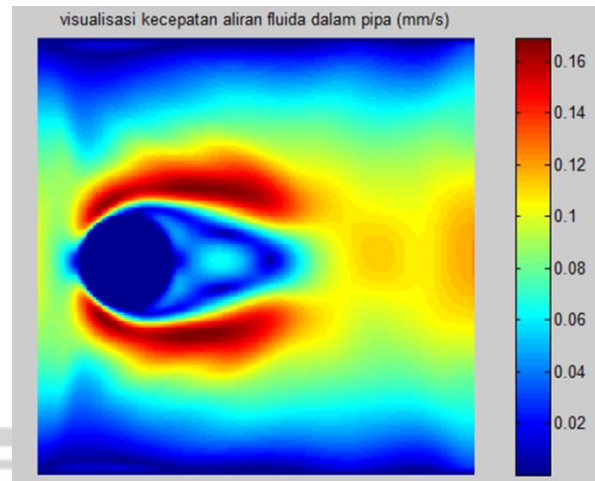


Gambar 3. Model kecepatan aliran fluida didalam pipa tanpa penghalang

Dari gambar 3 terlihat bahwa aliran fluida tanpa penghalang memiliki kecepatan yang lebih besar dibagian tengahnya dibandingkan dengan bagian atas dan bawah. Fluida dibagian atas dan dibagian bawah memiliki nilai kecepatan lebih kecil dibandingkan nilai dibagian tengah, hal tersebut dikarenakan didalam medium pipa fluida selain mengalami gesekan antar partikel fluida itu sendiri juga mengalami gesekan antara partikel dengan dinding pipa. Sedangkan untuk fluida yang mengalir dibagian tengah, partikel fluida hanya bergesekan dengan partikel fluida lain saja tanpa mengalami gesekan dengan dinding pipa.

Pemodelan aliran fluida dalam pipa dengan penghalang lingkaran

Untuk pergerakan fluida yang terjadi karena adanya perbedaan kecepatan dan perbedaan tekanan pada medium pipa dengan penghalang lingkaran dapat dilihat pada gambar 4. Pada bagian peninjauan pemodelan untuk fluida yang mengalir didalam medium pipa, diasumsikan fluida merupakan fluida newtonian yaitu fluida yang akan mengalir terus tanpa dipengaruhi gaya-gaya yang bekerja pada fluida tersebut. Selain itu pada pemodelan ini juga diasumsikan aliran fluida merupakan aliran fluida steady state yaitu kecepatan aliran fluida tidak merupakan fungsi dari waktu. Pada gambar 4, dimensi dari model diambil dalam ukuran 400 mm x 400 mm. Didapatkan hasil simulasi numerik seperti Gambar 4.



Gambar 4. Distribusi kecepatan aliran fluida dengan penghalang lingkaran dengan posisi silinder berada ditengah

Dari gambar 4 dapat dianalisis bahwa kecepatan aliran fluida yang diberi penghalang mengalami perubahan kecepatan aliran saat fluida melewati penghalang silinder. Terlihat bahwa fluida saat mendekati penghalang memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi dibandingkan dengan fluida yang tidak melewati penghalang. Dibagian tepi yang bersentuhan langsung dengan penghalang lingkaran nilai kecepatan lebih kecil, hal tersebut dikarenakan adanya batas bounce back yang diterapkan dalam pemodelan aliran fluida tersebut. Selain itu didapatkannya perbedaan kecepatan pada aliran fluida seperti yang terlihat pada gambar 4, dikarenakan adanya gesekan yang terjadi antara molekul fluida dibagian tengah dan gesekan tersebut terjadi pada area yang lebih sempit, sedangkan untuk aliran fluida bagian atas dan bawah memiliki kecepatan yang lebih kecil karena fluida dibagian tersebut selain bergesekan dengan partikel fluida lain juga mengalami gesekan dengan dinding pipa.

KESIMPULAN

kecepatan aliran fluida dalam medium berpori tanpa halangan, kecepatan lebih besar pada aliran fluida yang berada ditengah dan kecepatan lebih kecil pada fluida yang berada di bagian atas dan bagian bawah medium pipa. Untuk kecepatan fluida dengan penghalang didapatkan kecepatan lebih besar berada

di tengah saat melewati penghalang lingkaran. Perubahan kecepatan pada aliran fluida disebabkan karena adanya gesekan antara partikel fluida, gesekan fluida antar partikel dengan dinding medium pipa dan tumbukan partikel dengan dinding penghalang. Dengan menerapkan syarat batas bounce back maka aliran fluida akan mengalami pemantulan 180° setelah menumbuk dinding penghalang, hal tersebut menyebabkan kecepatan aliran fluida tepat pada dinding penghalang lebih kecil

dibandingkan dengan kecepatan aliran fluida yang berada disekitar penghalang.

DAFTAR RUJUKAN

- Amyx G C. *Petroleum Engineering*. GrawHill Press Inc. 1976
- A. Mohamad, 2011, "*Lattice Boltzmann Method, Fundamentals and Engineering Applications with Computer Codes*", Springer-Verlag London.

