

STUDI ALIRAN UDARA DENGAN METODE GAS DALAM JARINGAN (LATTICE GAS METHOD)

Jefrey Ignatius Kindangen

Staf Pengajar Jurusan Teknik Arsitektur, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: jkindangen@yahoo.com

ABSTRAK

Kode simulasi numerik dengan menggunakan bahasa pemrograman Pascal dan menerapkan metode Gas Dalam Jaringan (lattice gas method) telah dibuat. Beberapa obyek berupa bangunan 2-D (daerah dan potongan) telah diaplikasikan dalam simulasi ini. Hasil simulasi menunjukkan metode ini dapat digunakan untuk mempelajari pola aliran udara pada bangunan dengan bukaan lebar, secara kualitatif.

Kata kunci: *Metode gas dalam jaringan, simulasi, pola aliran udara..*

ABSTRACT

We have applied the lattice gas method with using Pascal program language. Some 2-D building models have been implemented in the simulation. The results showed that this method could be used and reliable for studying behavior of airflow pattern in buildings having wide openings.

Keywords: *Lattice gas method, simulation, airflow pattern.*

PENDAHULUAN

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui perilaku aliran udara terutama sebagai variabel penentu untuk mencapai kenyamanan termik dalam ruangan. Pada umumnya studi yang dilakukan menggunakan beberapa metode yang telah lazim digunakan, seperti:

- Pengukuran langsung pada obyek studi, metode ini ditujukan terutama untuk mengetahui kinerja ventilasi pada bangunan yang telah ada.
- Percobaan dalam terowongan angin (wind tunnel) dimana obyek studi berbentuk maket dalam skala reduksi.
- Metode numerik yang biasanya menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD).

Keterbatasan dari ketiga metode yang disebutkan di atas telah memberikan inspirasi kepada beberapa peneliti untuk terus menyempurnakan atau malah mencari metode baru.

Metode numerik yang digunakan saat ini biasanya menggunakan metode volume-batas (finite-volume) dengan menerapkan rumus-rumus hukum kekekalan dan kekontinyuitas energi dan momentum. Beberapa koefisien dasar

yang digunakan dalam metode ini diturunkan secara empirik. Keterbatasan yang sangat kentara adalah pemodelan aliran turbulen yang masih menjadi obyek penelitian para peneliti sampai saat ini. Beberapa penyempurnaan telah dilakukan dalam pemodelan aliran turbulen, seperti halnya model turbulen ke- ϵ RNG (Renormalization Group).

Dalam upaya mencari yang lebih optimal, beberapa ahli mulai melirik metode-metode lain, salah satunya adalah metode gas dalam jaringan (Lattice gas method).

GAS DALAM JARINGAN

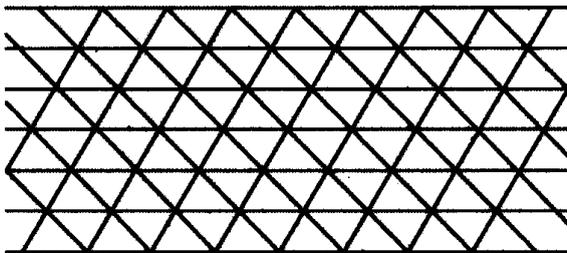
Gas dalam jaringan atau seluler otomatis dipakai untuk mengerti karakteristik fluida riil. Metode ini mempresentasikan suatu model yang sangat sederhana dari realitas, dalam hal mana gerakan partikel dan tubtukannya dibatasi dalam suatu jaringan (grid) yang terbatas dengan suatu himpunan diskret dari kecepatan partikel yang mungkin. Akan tetapi banyak sekali karakteristik dari perilaku fluida dapat ditampilkan dengan metode ini.

Gas dalam jaringan yang akan digunakan di sini menggunakan model yang diformulasikan oleh Frisch, Hasslacher dan Poneau yang dikenal

dengan model FHP. Kelompok aturan tumbukan partikel (collision rules) berasal dari Henon. Ini dipilih untuk meminimalkan viskositas gas dan tentunya memungkinkan untuk mengakses ke suatu selang angka Reynolds yang lebih luas sebisa mungkin. Tumbukan partikel ditetapkan secara acak dari suatu kelompok pilihan (opsi) yang sah. Konsekuensinya model ini menjadi non-deterministik. Di sini, kami mengimplementasi algoritma ini dalam kode bahasa pemrograman komputer Pascal. Dengan menggunakan metode ini, pola aliran yang melewati bangunan dalam dua dimensi (2-D) dengan bukaan lebar dipelajari. Beberapa model bangunan seperti bangunan beratap miring dan datar diteliti juga. Kondisi batas dalam arah aliran adalah periodik, demikian halnya dalam arah transversal terhadap aliran.

a. Geometri

Jaringan (grid) dimana partikel berinteraksi harus cukup simetri untuk menjamin bahwa tensor kepadatan momentum adalah isotropik. Dalam 2-D, sebuah grid yang terdiri dari sebuah bidang beraturan dengan segitiga yang ekuilateral memenuhi kriteria ini. Geometri tersebut berbentuk hexagonal dimana enam segitiga yang sama bertemu pada suatu simpul. Gambar 1 menunjukkan geometri jaringan yang digunakan untuk memenuhi model FHP.

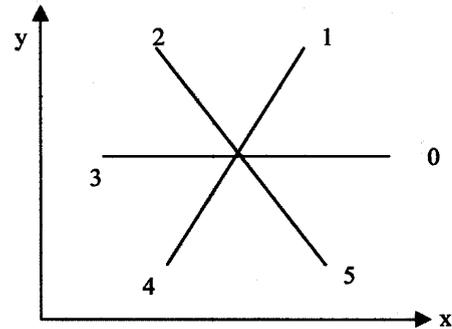


Gambar 1. Contoh Jaringan Hexagonal

Partikel dan jaringan adalah homogen: panjang hubungan, kecepatan dan massa partikel semuanya dalam satuan yang sama. Jumlah gerakan dipertahankan tetap, untuk itu pengaruh temperatur tidak diperhitungkan.

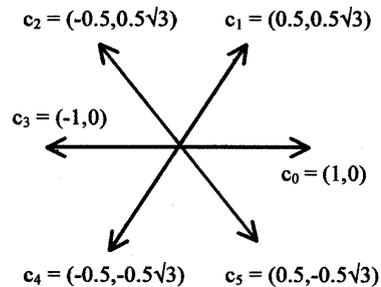
b. Aturan Tumbukan (Collision rules)

Orientasi relatif dari jaringan pada suatu kerangka acuan (Sistem Koordinat Cartesius 2 dimensi) diperlihatkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Orientasi dari Jaringan

Angka 0 sampai 5 adalah indeks yang menunjukkan lokasi sel pada setiap simpul jaringan. Hanya satu partikel boleh menetap pada salah satu dari sel ini pada suatu waktu. Semua partikel pada jaringan diasumsikan memiliki satu massa dan gerak dengan satu kecepatan, dalam arah yang diberikan seperti dalam Gambar 3.



Gambar 3. Kecepatan yang mungkin pada setiap simpul sebelum propagasi.

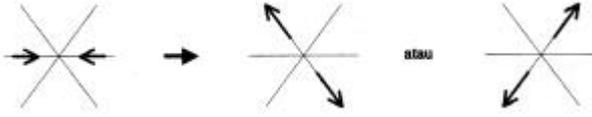
Jadi jika simpul jaringan diasumsikan untuk menghubungkan pada satuan jarak dari enam tetangganya terdekat, partikel akan menempati secara tepat satu unit waktu untuk propagasi dari satu simpul ke simpul berikutnya. Mereka akan tiba pada simpul yang baru secara simultan. Partikel-partikel yang tiba pada suatu simpul pada waktu yang bersamaan akan terjadi tumbukan.

Partikel bergerak di atas hubungan jaringan antara waktu t dan $t+1$. Mereka sampai dalam $t+1$ pada satu simpul dimana bertemunya enam hubungan. Pada simpul ini dapat terjadi suatu tumbukan jika beberapa partikel tiba pada waktu yang bersamaan.

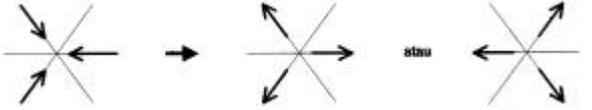
Suatu “aturan tumbukan” menentukan arah setelah terjadinya pertemuan untuk semua kemungkinan. Partikel kemudian bergerak di atas hubungan koresponden dimana dia bergerak antara $t+1$ dan $t+2$. Siklus ini dapat disimpulkan dalam dua fase utama yakni: berpindah atau tumbukan. Gambar 4 menunjukkan beberapa hukum tumbukan partikel.

Tubrukan yang mungkin dipilih sehingga jumlah partikel sebelum dan sesudah tetap sama. Demikian juga jumlah momentum dari setiap partikel adalah konstan.

2 partikel muka lawan muka



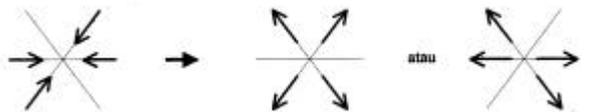
3 partikel muka lawan muka



3 partikel dengan kombinasi



4 partikel dua-dua muka lawan muka



Gambar 4. Aturan tubrukan (Collision rules)

c. Dinamika Jaringan

Partikel dalam jaringan didasari oleh statika Fermi-Dirac, dengan hanya satu partikel menempati suatu keadaan yang diberikan. Suatu keadaan didefinisikan dalam konteks ini sebagai suatu partikel dengan posisi pada suatu simpul dengan satu dari enam kecepatan yang mungkin. Jadi berdasarkan definisi, mereka menginginkan suatu prinsip eksklusi, sebab hanya akan ada satu partikel pada setiap keadaan.

Dalam rangka merubah gerakan diskret partikel ke dalam kuantitas fisik maka penting untuk membuat beberapa definisi, yakni: Kepadatan massa rata-rata, \bar{r} , dalam beberapa segiempat daerah asal Z dari jaringan:

$$\bar{n} = \frac{1}{|Z|} \sum_{z \in Z} \sum_{i=0}^5 N_i(z) c_i \tag{1}$$

Dimana $N(z)$ adalah jumlah partikel pada simpul $z \in Z$ dengan kecepatan $c_i/|Z|$ berarti jumlah simpul yang terdapat dalam Z . Dalam konteks ini, kepadatan massa mengekspresikan jumlah rata-rata partikel pada suatu simpul.

Kepadatan momentum, ρv diberikan oleh:

$$\bar{n}v = (\bar{n}\bar{v}_x, \bar{n}\bar{v}_y) = \frac{1}{|Z|} \sum_{z \in Z} \sum_{i=0}^5 N_i(z) c_i \tag{2}$$

Rumus (2) menunjukkan momentum rata-rata pada setiap simpul. Kecepatan rata-rata $v = (v_x, v_y)$ dari partikel pada suatu simpul dapat dideduksi dengan membagi kepadatan momentum dengan kepadatan massa, sehingga:

$$v = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)} \tag{3}$$

Persamaan kontinuitas untuk aliran tak inkompresibel $\nabla \cdot v = 0$, maka persamaan Navier-Stokes jaringan adalah:

$$\mathbb{I}v + g(d)v \cdot \tilde{N}v = -\tilde{N}P + v(d) \tilde{N}^2v \tag{4}$$

Koefisien P adalah:

$$P = \frac{\tilde{n}}{2} (1 - g(d)v^2) \tag{5}$$

Ini, dengan membandingkan persamaan Navier-Stokes untuk fluida riil, dapat diinterpretasikan sebagai tekanan. V adalah viskositas kinematis, dan faktor Galilea, $g(d)$ adalah:

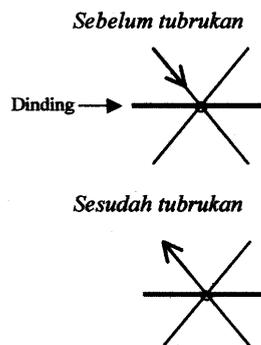
$$g(d) = \frac{1}{2} \left(\frac{1-2d}{1-d} \right) \text{ dan } d = \frac{\tilde{n}}{6} \tag{6}$$

Dalam persamaan di atas d adalah kepadatan sel dan ρ adalah kepadatan simpul.

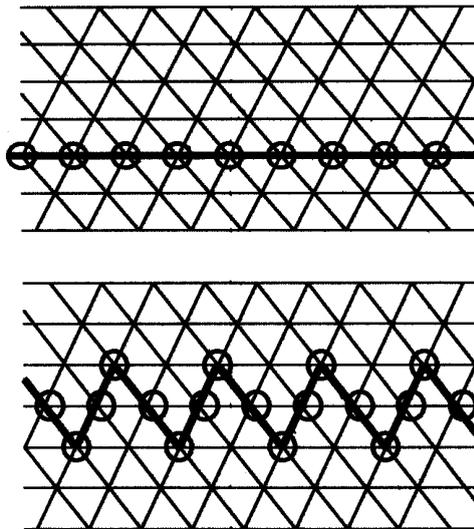
d. Kondisi Batas

Kondisi awal akan menentukan kepadatan sel rata-rata. Tidak ada penambahan partikel selama simulasi. Kecepatan-x awal dan kepadatan sel dikendalikan dengan mensetting beberapa simpul dengan partikel pada sel 1, 2, 4 dan 5. Kondisi batas periodik, sisi-sisi berlawanan diidentifikasi satu dengan yang lain. Sebuah partikel mencapai satu sisi akan dipantulkan pada yang lain, berlawanan, sisi dengan kecepatan yang sama.

Kondisi no-slip diimplementasikan pada batas dinding solid dengan membalikkan partikel ke arah dari mana dia berasal seperti digambarkan dalam Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Implementasi Kondisi no-slip pada batas solid



Gambar 6. Simpul batas dinding solid

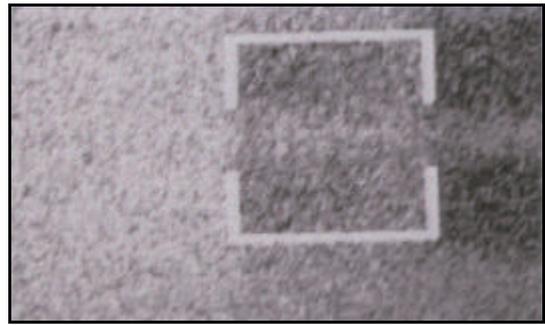
HASIL DAN ANALISIS

Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan Metode Gas dalam Jaringan terutama dengan menggunakan model FHP untuk mempelajari aliran udara yang melewati bangunan 2-D dengan bukaan lebar, dan memberikan dorongan dalam hal penelitian mengenai aliran udara dengan menggunakan metode-metode yang telah lazim digunakan.

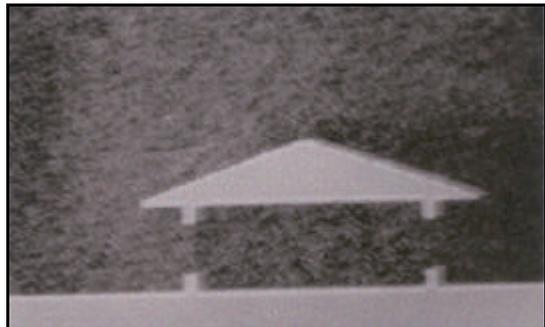
Pada intinya keseluruhan penelitian ini menggunakan metode simulasi numerik. Suatu kode simulasi numerik dengan menggunakan bahasa pemrograman Pascal untuk menerapkan Metode Gas Dalam Jaringan (Lattice Gas Method) telah dilakukan.

Dalam simulasi diharuskan adanya instalasi graphic card untuk inisialisasi grafik. Prosedur init-palette memungkinkan memvisualisasikan secara langsung kepadatan setiap jaringan.

Prosedur pengambilan dan penyimpanan gambar tipe BMP dimungkinkan dengan suatu list program. Pembuatan gambar dalam BMP haruslah memperhatikan warna, yakni hitam untuk background dan putih untuk warna obyek. Bentuk denah persegi panjang dengan bukaan lebar pada kedua sisi berlawanan telah disimulasi. Demikian juga halnya dengan potongan bangunan dengan tiga tipe atap. Gambar-gambar berikut ini merupakan hasil dari simulasi.



(7)

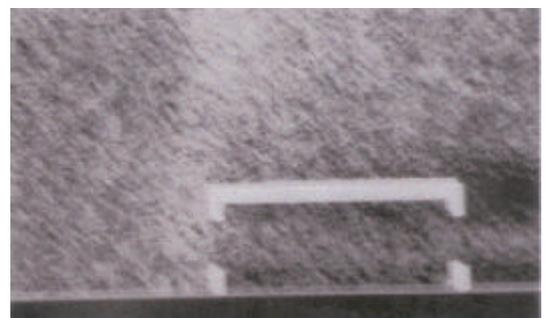


(8)

Gambar 7 & 8. Hasil simulasi: Keadaan aliran udara yang melewati inlet dan outlet pada suatu ruangan dengan cross ventilation (denah); dan atap segitiga dengan teritis (potongan).



(9)



(10)

Gambar 9 & 10. Hasil simulasi: Keadaan aliran udara yang melewati inlet dan outlet pada suatu ruangan dengan cross ventilation, atap datar dengan teritis (potongan); dan atap datar tanpa overstek/teritis (potongan)

Catatan yang perlu dikemukakan di sini adalah hasil simulasi masih bersifat kualitatif, beberapa penyempurnaan dalam hal program dan penggunaan perangkat keras memungkinkan perbaikan yang berarti. Beberapa penelitian sementara mencoba menggunakan metode ini untuk simulasi tiga dimensi (3-D) yang memerlukan perangkat keras yang berat seperti komputer paralel. Diharapkan hasil dari penyempurnaan simulasi ini tentunya akan lebih baik dan berarti secara fisik.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Metode gas dalam jaringan (Lattice Gas Method) yang dipresentasikan di sini dapat digunakan untuk memberikan keterangan kualitatif dari perilaku fluida secara fisik. Metode ini berpotensi untuk memberikan sebuah alternatif dari penggunaan analisa Komputasi Dinamika Fluida (Computational Fluid Dynamics, CFD) untuk prediksi pola aliran udara. Kelihatannya untuk mendapatkan hasil simulasi yang baik membutuhkan prosesing yang besar dan pemodelan dalam tiga dimensi (3-D). Ini merupakan rekomendasi untuk penelitian lanjutan dalam domain ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Kindangen, J.I., *Contribution à l'étude des coefficients de vitesse à l'aide de réseaux de neurones- Application à l'écoulement de l'air dans les bâtiments pour le confort thermique en climat tropical humide*, Thèse de Docteur, INSA de Lyon, 1997.
- Masselot, A. and Chopard, B., Cellular Automata Modeling of Snow Transport by Wind, in "Applied paralel computing: computations in physics, chemistry and engineering science: PARA'95: proceedings", Dongarra J., Madsen Kaj, Wasniewski J. (ed), Berlin Springer, Vol. 1041, 1996, pp. 429-435.
- Orme, M., *A Lattice Gas Simulation of Flow Through a Two-Dimensional Channel*, M.Sc. Dissertation, University of Warwick, 1995.
- Orme, M., Lattice Gas Methods-Fluid Dynamics from Particle Collisions, *Air Infiltration Review*, Vol. 17, No. 2, March 1996, pp. 4-6.
- Zaleski, S., *Lattice gases: a new approach to single and multiphase flow simulations, Special course on modern theoretical and experimental approaches to turbulent flow structure and its modelling*, Advisory Group for Development (AGARD), Switzerland, 1987.