

TEKNIK SISTEM SIMULASI TERMAL BANGUNAN DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT COMPUTATING FLUID DYNAMIC (CFD)

Building Systems Engineering Simulation of Thermal Using Computing Fluid Dynamic (CFD) Device

¹Tahang

e-mail: tahangfanrita@gmail.com

¹Program Studi Arsitektur, F. Teknik, UNIFA, Makassar

Abstract

Continuous aeration in the tropics to the main function room cooling naturally in improving the indoor climate, air movement and control that will deliver the best refreshment. The flow of air inside the building is not only influenced by the wind speed but supported by the architectural aspect. Getting the proper air flow patterns to the room as well as the controlling will depend on the performance of building ventilation which then can be a factor for good or bad, depending on the location of the building ventilation varied by using simulation method, which affect thermal comfort penghuni. Penelitian discusses thermal simulation techniques building flats on the behavior patterns of airflow and performance effective ventilation system simulation techniques software device Computing Fluid Dynamic (CFD) in some residential space in the flats Mariso in Makassar.

Mechanical simulation performed to study the rate of air distribution pattern and obtain the optimal design model then completed with the parameters according to the actual conditions then iterated until it reaches convergenitas. Conclusions derived from the results of the display contours, velocity vector, or a stream of particles in the simulation results.

Keywords: Simulation, Thermal Building.

PENDAHULUAN

Kenyamanan termal sangat dibutuhkan tubuh agar manusia dapat beraktivitas dengan baik (di rumah, sekolah ataupun di kantor/tempat bekerja). Szokolay (1980) dalam *'Manual of Tropical Housing and Building'* menyebutkan kenyamanan tergantung pada variabel iklim (matahari/radiasinya, suhu udara, kelembaban udara, dan kecepatan angin) dan beberapa faktor individual/subjektif seperti pakaian, aklimatisasi, usia dan jenis kelamin, tingkat kegemukan, tingkat kesehatan, jenis makanan dan minuman yang dikonsumsi, serta warna kulit, untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya telaah iklim makro dan iklim mikro agar kenyamanan ruang rumah tinggal dapat dirasakan.

Heins Frick 1998, mengatakan bahwa angin dan pengudaraan terus menerus mempersejuk ruangan udara. Yang bergerak menghasilkan

penyegaran terbaik karena dengan penyegaran tersebut terjadi proses penguapan yang menurunkan suhu pada kulit manusia dengan demikian juga dapat digunakan angin untuk mengatur udara didalam ruang.

Dalam mendesain sistem pemanasan dan pendinginan pada bangunan untuk mencapai kenyamanan termal diperlukan pengetahuan yang lengkap tentang sirkulasi udara di dalam ruangan, teknik simulasi dapat digunakan untuk mengestimasi temperatur dan kecepatan udara di dalam ruangan. CFD adalah penghitungan yang mengkhususkan pada fluida. Mulai dari aliran fluida, *heat transfer* dan reaksi kimia yang terjadi pada fluida

Pengamatan pada konteks ini adalah mengenai penurunan temperatur pada laju aliran udara yang maksimal pada rumah susun di Makassar yang di teliti.

METODE PENELITIAN

Variabel Penelitian

Menurut Somantri (2006), variabel adalah karakteristik yang akan diobservasi dari satuan pengamatan. Karakteristik tersebut merupakan ciri tertentu dari objek yang diteliti. Adapun variabel dari penelitian ini terdiri atas tiga jenis variabel, yakni: variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

Variabel bebas adalah suatu variabel yang variasinya mempengaruhi variabel lain atau variabel yang pengaruhnya terhadap variabel lain ingin diketahui. Dalam kenyamanan termal, yang termasuk variabel bebas antara lain: perbandingan besaran bukaan inlet-outlet, ukuran bukaan inlet-outlet, kecepatan angin.

Variabel terikat adalah variabel penelitian yang diukur untuk mengetahui besarnya efek atau pengaruh variabel lain. Pada perubahan temperatur, variabel terikatnya, terdiri atas: suhu ($^{\circ}\text{C}$), kecepatan angin (m/s).

Variabel kontrol adalah variabel yang berfungsi sebagai kendali variabel bebas terhadap variabel terikat. Variabel kontrol dari penelitian ini adalah nilai standarisasi Mom, dkk. (1947) yang pernah dilakukan di Indonesia.

Alat Pengumpul Data

Parameter alat yang digunakan untuk mengukur kondisi nyata dalam penelitian ini adalah untuk mengukur temperatur udara dan kelembaban udara digunakan alat higrometer dan thermometer, dan kecepatan angin diukur dengan alat Anemometer, untuk elemen bangunan digunakan rol meter, lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Teknik Simulasi Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)

Pola distribusi suhu dan kelembaban udara relatif (RH) pada suatu ruangan tertentu dapat dianalisis menggunakan CFD. Dalam CFD, pola aliran udara digambarkan secara kuantitatif dalam besaran suhu dan kecepatan melalui persamaan diferensial. Pemecahan secara matematik dalam CFD dilakukan melalui analisis numerik tiga dimensi dengan metode volume hingga melalui diskretisasi

dan iterasi. Analisis distribusi dan simulasi suhu dan RH pada FH dalam CFD dapat dilakukan dengan menggunakan software gambit 2.2.30 (meshing dan boundary condition) dan Ansys 14 (mendefinisikan model 3D, pemakaian energi, viscous model, jenis material dan sifat termofisik fluida, input nilai boundary condition, inisialisasi, iterasi dan visualisasi).

Computational Fluid Dynamics (CFD) secara umum mengandung 3 komponen utama, yaitu: Preprocessor, Solver, Post processor

Pre-processor

Merupakan bagian input suatu problem fluida ke sebuah program CFD melalui interface dan transformasi lanjut ke dalam sebuah bentuk yang sesuai untuk solver. Langkah-langkah pengguna dalam tahap pre-processing yaitu:

- Definisi geometri region analisa: domain komputasional
- Pembuatan grid: pemecahan domain menjadi beberapa sub domain yang lebih kecil dan non overlapping: sebuah grid (mesh) atau volume atur/elemen
- Pemilihan fenomena fisik dan kimia yang perlu dimodelkan
- Definisi properties fluida
- Spesifikasikan kondisi batas yang sesuai pada sel-sel yang berhimpit dengan batas domain

Solusi sebuah problem fluida (kecepatan, tekanan, temperature dsb) didefinisikan di setiap nodal di dalam masing-masing sel. Akurasi sebuah solusi CFD ditentukan oleh jumlah sel dalam grid. Secara umum, semakin besar jumlah sel semakin baik akurasi solusi. Baik akurasi solusi dan biaya hardware komputer serta lama kalkulasi tergantung kepada halusnya/rapatnya grid. Mesh-mesh optimal sering merupakan non-uniform: lebih rapat pada area di mana variasi-variasi banyak terjadi dari poin ke poin dan lebih jarang pada region dengan perubahan yang sedikit. Kemampuan teknik (self) adaptive meshing telah membantu pengembangan CFD guna otomatisasi penghalusan grid untuk area dengan variasi yang padat. Sekitar 50% waktu proyek CFD di industry tercurah pada pendefinisian geometri domain dan

penyusunan grid.

memasukkan model proses fisikal dan kimikal (model turbulence, perpindahan kalor radiatif, pembakaran) bersama persamaan aliran fluida utama.

Solver

Terdapat 3 macam teknik solusi numerik: beda hingga (*finite difference*), elemen hingga (*finite element*) dan metode spectral. Kerangka utama metode numerik untuk dasar sebuah solver terdiri dari langkah:

- Aproksimasi variabel-variabel aliran yang tidak diketahui dengan fungsi-fungsi sederhana.
- Diskretisasi dengan substitusi aproksimasi ke dalam persamaan atur aliran dan manipulasi matematis lanjut.
- Solusi persamaan-persamaan aljabar. Perbedaan utama di antara ketiga macam teknik adalah pada cara aproksimasi variabel-variabel aliran dan proses diskretisasi.

Post-processor

Hasil penghitungan modul solver berupa nilai-nilai numerik (angka-angka) variabel-variabel dasar aliran seperti komponen-komponen kecepatan, tekanan, temperatur dan fraksi-fraksi masa. Dalam modul post-processor nilai-nilai numerik ini diolah agar pengguna dapat dengan mudah membaca dan menganalisis hasil-hasil penghitungan CFD. Hasil-hasil ini dapat disajikan dalam bentuk grafis-grafis ataupun kontur-kontur distribusi parameter-parameter aliran fluida. Selain itu juga, modul post-processor menghitung parameter-parameter desain.

Permodelan

Terlebih dahulu dilakukan pemodelan dalam bentuk tiga dimensi, Langkah awal dilakukan penggambaran model dalam bentuk volume udara yang akan disimulasikan. Model digambar dalam bentuk 1 unit ruang hunian yang akan disimulasi dalam volume. *Geometry and Mesh*.

Proses meshing merupakan langkah lanjutan yang dilakukan setelah proses penggambaran selesai. Ukuran mesh yang terdapat pada suatu obyek akan mempengaruhi ketelitian analisis

CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang akan dilakukan. Semakin kecil ukuran mesh pada sebuah obyek, maka akan semakin teliti hasil yang didapat. Tampak hasil *mesh* dari benda yang digambar dan penentuan daerah-daerah batas *inlet*, *outlet* dan *wall*. Kemudian mengubah *solver* ke bentuk FLUENT. Selain itu, agar bisa terbaca dan terdeteksi pada CFD untuk proses simulasi, gambar pada *mesh* harus di ekspor terlebih dahulu ke dalam file dengan ekstensi *msh*.

Pemilihan Solver

Dalam window di awal membuka ANSYS, ada beberapa pilihan *solver*. *Solver* 2D digunakan untuk menganalisa komponen yang digambar 2 dimensi, sedangkan *solver* 3D digunakan untuk menganalisa komponen dengan bidang 3 dimensi. Apabila dipilih 2d/3d (*double precision*), maka analisis akan menghasilkan data yang lebih akurat, dikarenakan *solver* tersebut merupakan *solver* dengan keakuratan ganda.

Mengimpor dan Memeriksa Mesh

Mesh model yang telah dibuat dalam harus dibuka dahulu di FLUENT agar dapat dilakukan analisa dan file yang dipilih untuk dibuka pada FLUENT adalah file dengan ekstensi (*msh*) merupakan file kasus yang berisi *mesh* dan parameter-parameter yang telah dimasukkan.

Menentukan Kondisi Batas

Setelah itu kita tentukan kondisi model yang digunakan untuk simulasi. Ada yang berfungsi sebagai dinding (*wall*) dan ada yang berfungsi sebagai *outlet-inlet*. Perlu dipastikan bahwa parameter yang dimasukkan telah sesuai dengan kondisi nyata.

Proses Iterasi

Langkah selanjutnya, semua yang telah di tentukan kondisi batas dimasukkan ke dalam *software* dan disesuaikan dan dicocokkan dengan kondisi *software* sebelum direaksikan/dijalankan literasi tersebut terlihat pada grafik, sehingga akan mengetahui hasilnya konvergen atau divergen. Jika hasilnya divergen, berarti terdapat kesalahan dalam memasukkan data atau dalam pembatasan pada *boundary condition*.

Setelah melakukan Iterasi, yang merupakan cakupan dari keseluruhan proses reaksi yang terjadi, maka didapatkan tampilan kontur dari bidang yang dianalisa, kemudian menghasilkan nilai dalam *output* lihat Gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

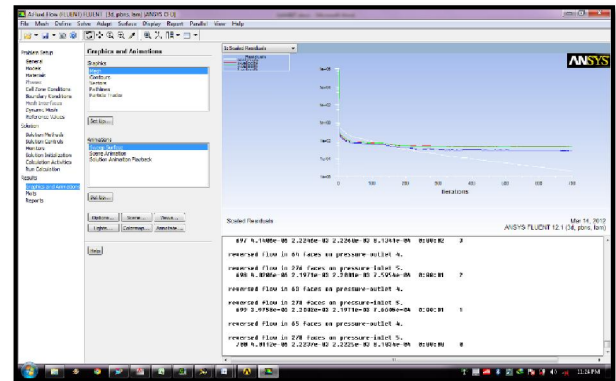
Kondisi Nyata Model Rumah Susun

Nilai yang diperoleh dari pengukuran pada lantai 4 merupakan salah satu hasil pengukuran, dapat dijelaskan hal-hal sebagai berikut:

- Pada pukul 06:00 pengukuran diawali dengan kondisi temperatur lantai 4 kamar tidur masih rendah dengan nilai temperatur 26°C luar ruangan 26.6°C dan kecepatan angin 0,2 m/s, kondisi matahari dalam keadaan akan terbit, nilai temperatur dan kecepatan angin sesuai pada standard nyaman, kondisi ini belum mengalami adanya peningkatan suhu yang diakibatkan matahari terbit.
- Pada pukul 07:00 s/d pukul 12:00 adanya peningkatan disebabkan matahari telah terbit yang menghasilkan nilai 31,9°C s/d 33,4°C namun adanya peningkatan suhu temperatur yang signifikan akibat radiasi dan konveksi namun faktor radiasi tidak terlalu berpengaruh karena posisi kamar lantai 4 berada pada posisi barat yang tidak terkenal langsung oleh radiasi matahari, akan tetapi nilai kecepatan angin meningkat 0.2 s/d 0.9 m/s dengan adanya peningkatan nilai kecepatan angin hal ini mampu menekan peningkatan suhu pada ruang kamar pada bangunan rumah susun.
- Pada pukul 13:00 s/d pukul 18:00 nilai temperatur semakin meningkat drastis diakibatkan radiasi matahari pada sisi barat berlangsung selama 5 jam namun peningkatan kecepatan angin pada luar bangunan 1,4 m/s hal ini mampu menekan peningkatan suhu pada ruang kamar namun angka-angka ini berada d bawah batas kenyamanan penghuni.
- Pada pukul 19:00 s/d pukul 00:00 nilai temperatur semakin menurun terjadi penurunan suhu 27,8°C diakibatkan matahari terbenam dan adanya penurunan kecepatan angin pada luar bangunan 0,9

m/s angin hal ini mampu menekan peningkatan suhu pada ruang kamar.

- Pada pukul 01:00 s/d pukul 05:00 nilai temperatur semakin menurun terlihat bahwa kondisi nyaman bangunan berlangsung hanya selama 6 jam dalam sehari yaitu antara pukul 01.00-06.00, dini hari



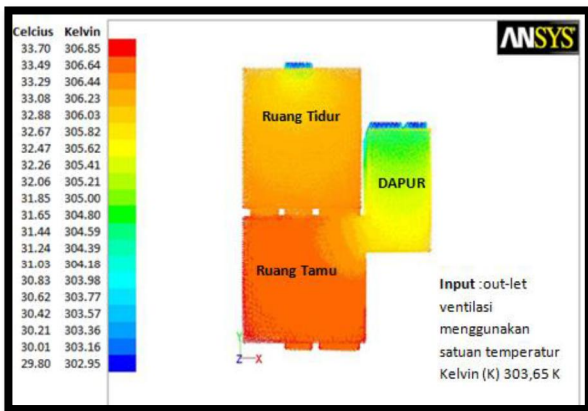
Gambar 1. Hasil dari Iterasi konvergen atau divergen pada Analisis simulasi

Simulasi Kondisi Nyata (Eksisting)

Terdapat 1 jendela sebagai distribusi udara (inlet) pada satu hunian rumah susun Sebagaimana diketahui bahwa udara siang hari di daerah beriklim tropis lembab menyebabkan kondisi tidak nyaman di ruangan-ruangan rumah karena tingginya temperatur hal ini di sebabkan kurangnya distribusi udara pada ruang kamar tidur dan ruang tamu, dari hasil simulasi distribusi udara belum cukup mendistribusi udara karena jumlah bukaan *inlet* dan luas bukaan *inlet* tidak sebanding dengan bukaan *outlet*,

Validasi Simulasi Temperatur

Untuk mendapatkan suatu rekomendasi desain dalam proses pengukuran yang menggunakan program simulasi komputer, diperlukan verifikasi atau validasi atau usaha membandingkan antara kondisi sebenarnya dengan hasil yang diperoleh melalui komputerisasi. Validasi dilakukan dengan membandingkan nilai-nilai temperatur dan kecepatan angin di titik ukur yang diperoleh dari pengukuran anemometer dan hygrometer dan simulasi komputer Ansys.



Gambar 2. Nilai Temperatur hasil dari Simulasi kondisi nyata

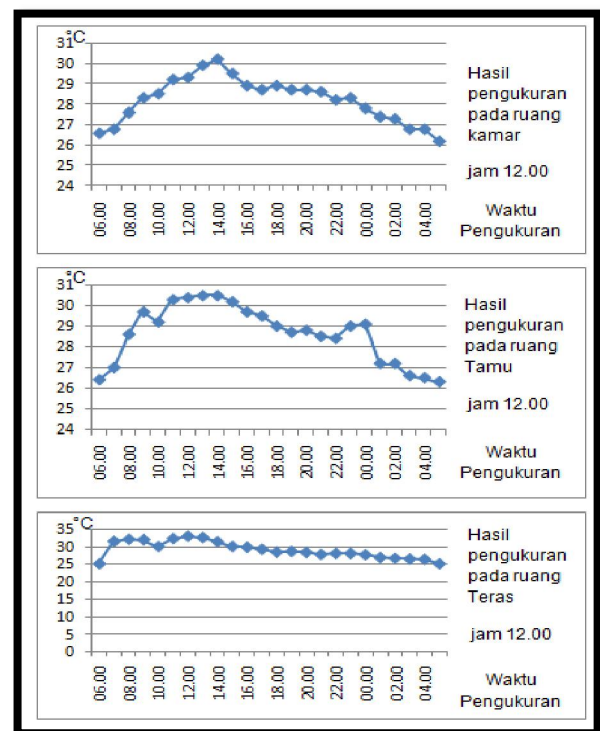
Hasil dari simulasi nilai temperatur dan kecepatan angin kondisi nyata pada titik ukur dapat dilihat pada gambar 2. Nilai-nilai temperatur dan kecepatan angin pada titik ukur yang diperoleh pada simulasi komputer kemungkinan sama persis dengan yang diperoleh pada pengukuran anemometer dan hygrometer sangatlah sulit. Akan tetapi, meskipun terjadi perbedaan antara hasil pengukuran dan simulasi komputer, namun terdapat persamaan kecenderungan yang terjadi, di antaranya nilai temperatur mencapai titik tertinggi pada siang hari, dan cenderung menurun pada sore harinya, grafik hasil pengukuran manual dapat di lihat pada Gambar 3.

Pada Typical Rumah susun bukaan jendela hanya satu permukaan dinding sehingga mengakibatkan aliran udara yang masuk dan keluar sangat sedikit dan sulit, untuk mengatasinya harus di buat bukaan yang berseberangan supaya terjadi ventilasi silang. Kecepatan angin dalam rumah ini berkisar 0.1 m/s sampai dengan 0.4 m/s tidak terasa dan tidak berpengaruh pada kenyamanan udara luar juga yang bersuhu tinggi 33,80 °C tetapi kecepatan angin cukup nyaman yaitu sebesar 1,6 m/dt . dengan melihat rumah ini sebagai rumah tengah, maka tidak dapat leluasa membuat bukaan kecuali pada ruang kamar tidur dan penambahan dimensi bukaan ruang dapur, demikian juga dengan sebagian bukaan menggunakan kaca mati pada jendela ruang tamu sangat tidak tepat karena tidak dapat leluasa memasukkan udara.

Tabel 1. Alat-alat perekam dan pengukuran

PARAMETER	ALAT	JUMLAH
Temperatur udara	Thermo -	6 buah
Temperatur udara	Hygrometer	
Kelembaban	Hygrometer	2 buah
Angin (kecepatan)	Anemometer	1 buah
Mendapatkan Wet Bulb Temperatur	Diagram Psikometrik	-
Temperatur Efektif (ET) – dari DBT	Diagram Temp. Efektif (ET) Monogram)	-
Standar Kenyamanan	Mom, <i>et al.</i> , 1947	-
		-

Mencari desain bangunan yang optimal dari segi distribusi udara dalam hal kenyamanan termal, dilakukan simulasi terhadap beberapa modifikasi ventilasi atau bukaan pada bangunan. Simulasi mengambil hari yang sama dengan hari yang digunakan untuk simulasi dan dengan mengambil sampel di mana pada saat temperatur tertinggi, Pada modifikasi bukaan yang diuji pengaruhnya terhadap kualitas temperatur dan kecepatan angin, kondisi eksisting untuk mendapatkan kualitas kenyamanan Termal.



Gambar 3. Grafik pengukuran hygrometer temperatur

Standar kenyamanan Termal Mom dan Wiesebrum dalam (Soegijanto, 1998) adalah sejuk nyaman suhu antara 20,5°C sampai dengan 22,8°C (TE), nyaman optimal suhu antara 22,8°C

sampai dengan 25,8°C (TE) dan hangat nyaman suhu antara 25,8°C sampai dengan 27,1°C (TE).%.

Konfigurasi arsitektural yang telah menjadi tipe umum untuk diterapkan di daerah beriklim tropis lembab, yakni dengan adanya naungan penghalang sinar matahari langsung. Bentuk penghalang tersebut secara geometris mempengaruhi besarnya angka Cd. Namun angka Cd ini tidak terpengaruh oleh posisi bukaan menurut ketinggian Sangkertadi dkk (2001).

Penggunaan teknik simulasi numerik dengan perangkat paket CFD dapat menghasilkan keluaran yang representatif untuk disajikan secara visual karena Penggunaan teknik simulasi numerik ini pada akhirnya dapat memudahkan kita untuk menyatakan secara kuantitatif bahwa ternyata faktor kecepatan angin dan besaran bukaan ventilasi sangat berperan dalam mencapai tingkat kenyamanan penghuni ruang Kussoy Wailan John (2001).

PENUTUP

Kesimpulan

Apabila ditinjau dari konfigurasi arsitektur yaitu pada jendela perlunya penambahan beberapa modifikasi desain jendela yang mampu mengatur distribusi udara ventilasi silang dengan cara analisis simulasi CFD (Computating Fluid Dynamic) pada penelitian selanjutnya.

REFERENSI

- Budihardjo Eko. (2009). Pengaruh Budaya dan Iklim dalam Perancangan Arsitektur. PT. Alumni, Bandung.
- Frick, Heinz, Ardiyanto Antonius, & Darmawan AMS. (2008). Ilmu Fisika Bangunan. Penerbit kanisius. Yogyakarta.

- Kussoy Wailan John (2001) Jurnal Ilmiah Sains Vol. 11 No. 1, April 2011
- Mom, C. P., Wiesebron, J. A., Courtice, R. & Kip, C. G. (1947). The application of the effective temperature scheme to the comfort zone in the Netherlands Indies. *Chronica Naturae*,
- Norbert Lechner. (2007). Heating, Cooling, Lighting: Metode desain untuk Arsitektur. PT. RajaGrafindo. Jakarta.
- Lippsmeier, Georg. (1984). Bangunan Tropis, Erlangga, Jakarta.
- Lindley, James A. And James H. Whitaker. (1996). Agricultural Buildings and Structures: Revised Edition. ASAE. St. Joseph, USA.
- Olgay, V. (1963). Design with Climate: Bioclimatic Approach to Arvhitectural Regionalism, Princenton University Press, Princenton.
- Somantri, Ating dan Sambas Ali Muhidin. (2006). Aplikasi Statistik Dalam Penelitian. Bandung: Pustaka Setia.
- Soegijanto. (1999). Bangunan Di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau Dari Aspek Fisika Bangunan. Institut Teknonolgi Bandung. Bandung.
- Szokolay, SV. (1980). Environment Science Handbook, Construction Press Longman, London.
- Sangkertadi dkk (2001). Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 29, No. 2, Desember 2001: 147 - 150