

Investigasi Ventilasi Gaya-Angin Rumah Tradisional Indonesia dengan Simulasi CFD

Suhendri ¹, M. Donny Koerniawan ²

^{1,2} KK Teknologi Bangunan, Program Studi Arsitektur, Sekolah Arsitektur Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung

Abstrak

Bangunan modern di Indonesia hampir selalu menggunakan peralatan mekanis untuk menyediakan kenyamanan termal di dalam bangunan. Sementara bangunan tradisional dikenal tidak menggunakan strategi aktif dalam menyediakan kenyamanan termal bagi penghuninya. Dengan memfokuskan pada ventilasi gaya-angin, studi ini bertujuan untuk mempelajari pola pergerakan udara dan perubahan angin di dalam rumah tradisional Indonesia. Dua rumah tradisional dipilih sebagai studi kasus, Rumah Lampung dan Rumah Jawa, untuk dianalisis dengan simulasi komputer menggunakan software CFD. Sejalan dengan hasil studi, ventilasi alami pada rumah tradisional di Indonesia berpotensi menyediakan kenyamanan termal di dalam bangunan. Desain Rumah Jawa lebih dapat mengalirkan udara secara merata di dalam bangunan tanpa turbulensi dibanding Rumah Lampung. Namun, ventilasi gaya-angin yang terjadi pada Rumah Lampung dan Rumah Jawa belum optimal dalam mengurangi temperatur di dalam ruangan.

Kata-kunci : angin, rumah tradisional Indonesia, simulasi CFD, ventilasi gaya-angin

Abstract

Modern buildings in Indonesia still rely mostly on mechanical equipment to provide thermal comfort. On the other hand, traditional houses are well-known for their passive design strategies to provide thermal comfort for the occupants. Thus, this research investigates the performance of natural ventilation strategies from some Indonesian traditional houses by using Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation. Focus of the study is on wind-driven ventilation. Two traditional houses from Java and Lampung are selected as the case study. Simulation results conclude that the traditional natural ventilation strategies could be sufficient in delivering thermal comfort for the occupants. Java house is reckoned to be more preferable than the Lampung house, because it deliver more uniform indoor air movement. However, the natural ventilation strategies from both houses do not reduce the indoor temperature, and thus the strategies can still be optimized.

Keywords : Indonesian traditional houses, CFD simulation, wind-driven ventilation

Kontak Penulis

Suhendri

Kelompok Keahlian Teknologi Bangunan, Sekolah Arsitektur Perencanaan & Pengembangan Kebijakan, Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

Tel : 081221287380

E-mail : suhendri91@gmail.com

Informasi Artikel

Diterima editor 1 Agustus 2016. Disetujui untuk diterbitkan 5 Desember 2016

ISSN 2301-9247 | E-ISSN 2622-0954 | <https://jlbi.iplbi.or.id/> | © Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia (IPLBI)

Pengantar

Bangunan modern di Indonesia hampir selalu menggunakan peralatan mekanis untuk me-nyediakan kenyamanan termal dan visual di dalam bangunan. Penggunaan penghawaan dan pencahayaan buatan ini membuat bangunan menggunakan lebih banyak energy (OFFICE, 2001). Studi menunjukkan, konsumsi energi bangunan berkontribusi sebesar 33% terhadap konsumsi energi dunia (Kinnane, Dyer, & Grey, 2014). Dari energy yang digunakan oleh bangunan tersebut, 68% digunakan untuk penyediaan kenyamanan termal di dalam bangunan (Omer, 2008)

Sementara bangunan modern membutuhkan banyak energi, bangunan tradisional Indonesia sudah dikenal dapat menyediakan kenyamanan termal dengan strategi pasif (Jayasudha, Dhanasekaran, & Monsingh D. Devadas, 2014). Arsitek kini mulai kembali melihat strategi desain dari arsitektur tradisional. Sebab, arsitektur tradisional merupakan hasil dari ribuan tahun pengalaman dari masyarakat lokal yang sangat paham akan kondisi lingkungannya (Jayasudha, et al., 2014). Ia juga merupakan bagian dari *genius loci* dari suatu daerah (Toe & Kubota, 2015).

Salah satu perbedaan mencolok dari bangunan tradisional dan bangunan modern adalah strategi desain dalam penghawaan. Bangunan tradisional menggunakan ventilasi alami, se-dangkan bangunan modern cenderung menggunakan AC. Ventilasi alami adalah salah satu faktor penting dalam penyediaan kenyamanan termal bagi pengguna bangunan (Stavarakakis, Zervas, Sarimvei, & Markatos, 2009). Oleh karena itu, studi mengenai ventilasi alami dari rumah tradisional di Indonesia sangat potensial untuk dilakukan (Eduard, 2014). Dengan memfokuskan pada ventilasi gaya-angin, studi ini bertujuan untuk mempelajari pola per-gerakan udara dan perubahan angin di dalam rumah tradisional Indonesia.

Pada daerah beriklim tropis seperti Indonesia, angin menjadi elemen penting dalam mem-berikan sensasi nyaman secara termal (Feriadi & Wong, 2014). Iklim tropis dicirikan dengan kelembabannya yang tinggi. Angin mempercepat penguapan pada tubuh manusia, sehingga sensasi nyaman akan didapatkan dari tiupan angin dengan kecepatan tertentu. Menurut Webb (1959), kecepatan angin yang nyaman di iklim tropis kurang lebih pada 0.2 m/s.

Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif dan bersifat eks-ploratif. Dua rumah tradisional dipilih sebagai studi kasus, yaitu Rumah Lampung dan Rumah Jawa.

Gambar 1a (kiri). Rumah tradisional Lampung
Gambar 1b (kanan). Rumah tradisional Jawa

Simulasi dilakukan secara 2 dimensi pada denah dan potongan bangunan. Pada rumah tradisional Jawa hanya diambil satu potongan karena kedua arah potongan mempunyai kemiripan jika dipotong di bagian jendela.

Penelitian hanya berfokus pada rumah tradisional sebagai sebuah bangunan, dengan kondisi angin luar diasumsikan konstan. Konteks fisik lingkungan di sekitar bangunan, seperti bangunan dan vegetasi juga ditiadakan.

Hal ini dilakukan agar perilaku dari ventilasi gaya angin dan pengaruhnya terhadap kenyamanan termal di dalam bangunan bisa dianalisa tanpa terganggu oleh variabel lain. Selain itu, dengan kondisi yang sama, pengaruh ventilasi

gaya-angin pada kedua bangunan juga dapat dibandingkan.

Investigasi terhadap sistem ventilasi alami pada Rumah Lampung dan Rumah Jawa dilakukan dengan menghitung kecepatan angin dan angin di dalam bangunan. Kecepatan angin dan angin udara termasuk dua variabel fisik yang mempengaruhi kenyamanan termal.

Dua parameter tersebut kemudian dianalisis untuk mendapatkan gambaran tentang efek dari bentuk bangunan dan pengaturan jendela dalam penyediaan kenyamanan termal bagi penghuni rumah tradisional tersebut.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian dilaksanakan dengan simulasi komputer menggunakan software CFD (*Computational Fluid Dynamics*). CFD adalah metode penghitungan dan prediksi aliran fluida secara numerik dengan simulasi komputer. Pada kasus ini, analisis CFD yang dilakukan adalah

analisis CFD dua dimensi pada potongan dan denah bangunan.

Kecepatan angin yang digunakan pada simulasi CFD ini adalah 0.2 m/s, yang diasumsikan sebagai kecepatan angin rata-rata di Indonesia. Temperatur udara luar yang digunakan pada simulasi CFD adalah 27°C. Temperatur ini didapat dari data temperatur rata-rata selama 5 tahun terakhir di provinsi asal rumah tradisional yang disimulasikan, seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Temperatur Rata-Rata di Provinsi Lampung, Jawa Tengah, dan DI Yogyakarta. Provinsi tersebut merupakan daerah asal dari rumah tradisional yang disimulasikan. CITATION BPS15 \l 1033 (BPS, 2015)

Hal ini dilakukan untuk menghindari ketidak-akuratan data hasil simulasi dengan kondisi nyata apabila dilakukan pengukuran langsung.

Dari hasil simulasi didapat dua jenis data. Pertama, data berupa gambar yang menjelaskan arah pergerakan angin dan kontur angin. Kedua, data berupa angka yang menunjukkan besarnya kecepatan angin dan temperatur di dalam ruangan.

Untuk besaran nilai kecepatan angin dan temperatur, diambil sampel pada titik-titik tertentu. Untuk data pada simulasi potongan, titik-titik tersebut antara lain adalah jendela-jendela, dan pada setiap jarak 1 meter pada ketinggian 1 meter dari lantai.

Sedangkan untuk data pada simulasi denah, sampel yang diambil adalah pada jendela-jendela dan titik tengah ruangan.

Jendela diambil sebagai titik sampel untuk mendapatkan gambaran proses masuknya angin ke dalam bangunan, sedangkan titik sampel 1 meter dari lantai pada potongan adalah ketinggian pengguna bangunan ketika dalam posisi duduk. Selanjutnya, titik tengah pada denah mewakili rata-rata dari kondisi ruangan, dan juga sejauh mana angin bisa menjangkau merata sampai ke dalam bangunan.

Metode Analisis Data

Data hasil simulasi diolah dengan pendekatan visual analisis dan juga statistik deskriptif untuk masing-masing rumah tradisional. Lebih jauh, kedua data hasil simulasi dari rumah tradisional Lampung dan Jawa juga dikomparasi satu sama lain.

Analisis secara visual dilakukan pada data gambar vektor angin dan kontur temperatur dari Rumah Lampung dan Rumah Jawa.

Analisis dilakukan dengan mengelaborasi data dari masing-masing rumah tradisional dan juga komparasi dari keduanya. Selanjutnya, analisis statistik deskriptif dilakukan untuk memperkuat analisis dari data visual.

Analisis ini juga untuk mengetahui sejauh mana pengaruh dari sistem ventilasi pada masing-masing bangunan terhadap kenyamanan termal di dalamnya. Komparasi juga dilakukan pada data nilai kecepatan angin dan temperatur ini.

Analisis dan Interpretasi

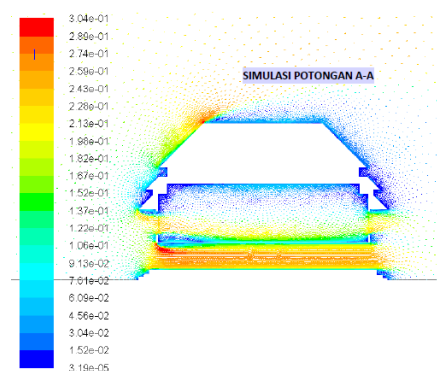
Rumah Lampung

Jika dilihat dari Gambar 2, pergerakan angin pada Rumah Lampung, terjadi aliran udara dari luar ke dalam bangunan. Pergerakan angin terutama pada ketinggian jendela atau lebih rendah.

Dengan kecepatan angin antara 0.16 m/s sampai dengan 0.25 m/s, kondisi ini masih merupakan kondisi yang nyaman bagi pengguna bangunan. Namun, rata-rata kecepatan angin yang masuk ke dalam bangunan lebih kecil daripada kecepatan angin di luar bangunan (0.2 m/s).

Dari data di atas juga terlihat bahwa bentuk atap dan posisi atap terhadap jendela memengaruhi pergerakan angin yang masuk. Bentuk Rumah Lampung mendorong terjadinya turbulensi di sekitar jendela, sehingga kecepatan angin di titik sekitar jendela arah masuknya angin lebih besar.

Ini berpotensi menjadi sumber ketidak-nyamanan akibat hembusan angin apabila kecepatan angin di luar bangunan cukup tinggi.



Gambar 2. Data simulasi untuk potongan A, Rumah Lampung (atas). Pergerakan angin di dalam bangunan (bawah) Besarnya kecepatan angin yang terjadi di dalam bangunan.

Gambar 3. Data simulasi untuk potongan B, Rumah Lampung (atas). Pergerakan angin di dalam bangunan (bawah) Besarnya kecepatan angin yang terjadi di dalam bangunan.

Jika melihat dari kecepatan angin tepat di jendela-jendela pada Rumah Lampung lebih besar dari kecepatan angin di luar bangunan. Jika arah angin datang dari sisi-sisi bangunan yang terdapat jendela, angin di jendela depan Rumah Lampung menjadi angin yang paling kencang. Namun, karena sisi belakang tidak terdapat jendela, jendela-jendela di sisi samping juga berubah menjadi *outlet* angin.

Hal inilah yang membuat bagian tengah ruangan tidak mengalami pergerakan angin, karena angin yang masuk terutama dari jendela depan langsung keluar dari jendela di sisi samping bangunan. Analisis ini menjawab simulasi dari potongan B yang menunjukkan bahwa angin dari sisi depan tidak menjangkau sampai ke dalam bangunan.

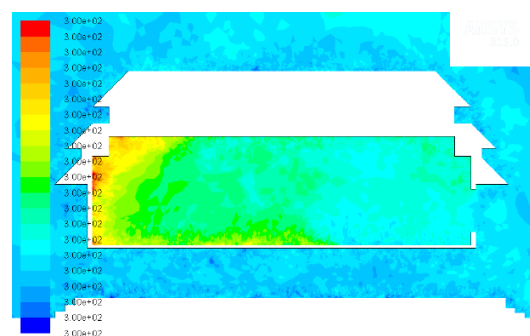
Kondisi tersebut di atas dapat menyebabkan suhu di bagian dalam ruangan yang jauh dari jendela menjadi lebih panas. Ini dikonfirmasi oleh data temperatur ruangan. Jika dilihat pada Gambar 5, temperatur ruangan semakin meningkat pada titik-titik yang makin jauh dari jendela.

Secara keseluruhan, temperatur rata-rata ruangan pada Rumah Lampung lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur udara di luar (Gambar 6). Artinya, angin yang masuk ke bangunan belum mampu untuk menurunkan suhu ruangan.

Gambar 4. Pergerakan angin pada Rumah Lampung dilihat secara denah

Berbeda dengan hasil simulasi pada Potongan A, pada sisi Potongan B dapat dikatakan tidak terjadi aliran udara (Gambar 3). Hal ini disebabkan sisi bukaan hanya satu arah, sehingga tidak terjadi ventilasi silang (*cross-ventilation*). Dengan begitu, udara yang masuk ke dalam ruangan tidak optimal dari sisi depan bangunan.

Semakin jauh dari jendela, kecepatan angin makin turun, hingga mendekati nol. Jika dikombinasikan pergerakan udara dari potongan A dan B ke dalam simulasi denah pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa tidak terjadinya ventilasi silang di sisi potongan B membuat angin tidak optimal menjangkau bagian tengah bangunan, sehingga suhu di tengah bangunan juga lebih panas.



Gambar 5. Data temperatur untuk potongan B, Rumah Lampung. Atas: sebaran temperatur di ruangan. Bawah: nilai temperatur di titik sampel.

pesebaran udara di Rumah Jawa lebih merata dibandingkan dengan Rumah Lampung.

Lebih jauh, melihat ke data temperatur ruangan, kecepatan angin yang ditimbulkan oleh bentuk dan desain bukaan Rumah Jawa ini cenderung tidak berefek pada temperatur. Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa rata-rata temperatur ruangan hampir sama dengan temperatur di luar bangunan (27°). Ini menunjukkan bahwa udara yang masuk ke dalam ruangan masih membawa udara panas dari luar ruangan. Jadi, walaupun kondisi pergerakan angin merata dan tanpa turbulensi, penghawaan alami Rumah Jawa, jika tanpa kombinasi dengan strategi desain pasif lainnya, masih belum optimal dalam menyediakan kenyamanan termal.

Gambar 6. Sebaran temperatur di dalam ruangan pada Rumah Lampung

Gambar 7. Data hasil simulasi untuk potongan Rumah Jawa. Atas: pergerakan angin di dalam bangunan. Bawah: besarnya kecepatan angin yang terjadi di dalam bangunan.

Rumah Jawa

Jika dilihat dari pergerakan angin, Rumah Jawa menyediakan aliran angin yang lebih tenang tanpa turbulensi (Gambar 7). Kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan juga lebih rendah daripada angin di luar bangunan. Namun, dibandingkan dengan Rumah Lampung, kecepatan angin di Rumah Jawa lebih rendah, tetapi masih merupakan kondisi yang nyaman bagi pengguna bangunan.

Ditinjau dari hasil simulasi denah pada Gambar 8, dapat dilihat bahwa terjadi *cross-ventilation* pada Rumah Jawa. Kondisi pergerakan angin yang lebih baik dibandingkan pergerakan angin pada Rumah Lampung. Bukaan yang diposisikan di keempat sisi bangunan memungkinkan terjadinya ventilasi silang yang lebih optimal.

Kecepatan angin tepat di jendela-jendela Rumah Jawa (Gambar 8) menunjukkan bahwa kecepatan angin di jendela-jendela lebih besar dari kecepatan angin di luar bangunan. Namun berbeda dari Rumah Lampung, dimana jendela-jendela samping juga dapat berubah menjadi *outlet* angin, jendela-jendela pada rumah Jawa dapat saling berbagi peran. Ketika jendela di satu sisi menjadi tempat masuknya udara, jendela di sisi seberangnya akan berfungsi sebagai *outlet*. Hal inilah yang membuat

Gambar 8. Pergerakan angin pada Rumah Lampung, dilihat secara denah.

Gambar 9. Data temperatur Rumah Jawa. Atas: sebaran temperatur di ruangan. Bawah: nilai temperatur di titik sampel.

modern masih perlu improvisasi dengan mempertimbangkan konteks lingkungan di sekitar bangunan.

Penelitian ini adalah salah satu dari sedikit penelitian yang menelaah lebih dalam tentang strategi desain pasif pada rumah tradisional Indonesia. Namun begitu, penelitian ini masih bisa disempurnakan dengan melakukan pengukuran langsung terhadap kecepatan angin dan temperatur pada Rumah Lampung dan Rumah Jawa. Pengukuran langsung di lapangan berfungsi sebagai validasi terhadap hasil simulasi CFD.

Daftar Pustaka

- BPS. (2015, September 29). Suhu Minimum, Rata-Rata, dan Maksimum di Stasiun Pengamatan BMKG. Retrieved September 13, 2016. from Badan Pusat Statistik: <http://www.bps.go.id>
- C.G., W. (1959). An analysis of some observations of thermal comfort in an equatorial climate. *British Journal of Industrial Medicine*. 297-310.
- Eduard, A. (2014). Academia. Retrieved October 19, 2015. from <http://www.academia.edu/>
- Feriadi, H., & Wong, N. H. (2014). Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia. *Energy and Buildings*. 614–626.
- Jayasudha, P. Dhanasekaran, M. & Monsingh D. Devadas, N. R. (2014). A study on sustainable design principles: A case study of a vernacular dwelling in Thanjavur region of Tamil Nadu, India. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 13(4). 762-770.
- Kinnane, O. Dyer, M. & Grey, T. (2014). Energy and Environmental Forensic Analysis of Public Buildings. *Engineering Sustainability*. 167, 143-156.
- OFFICE. (2001). *Energy Efficient Office Refurbishment*. London: James & James (Science Publisher) Ltd.
- Omer, A. (2008). *Renewable building energy systems and passive human comfort solutions*. Renewable Sustainable Energy Review. 1562-1587.
- Stavrakakis, G. Zervas, P. Sarimvei, H. & Markatos, N. (2009). Development of a computational tool to quantify architectural-design effects on thermal comfort in naturally ventilated rural houses. *Building and Environment*. 65-80.
- Toe, D. H. Kubota, T. (2015). Comparative assessment of vernacular passive cooling techniques for improving indoor thermal comfort of modern terraced houses in hot-humid climate of Malaysia. *Solar Energy*. 114, 229–258.

Kesimpulan

Penghawaan alami yang berupa terjadinya ventilasi silang pada rumah tradisional di Indonesia dapat menurunkan temperatur ruang-an. Akan tetapi, ventilasi gaya-angin yang terjadi pada Rumah Lampung dan Rumah Jawa belum optimal, terlihat dari perbedaan temperatur luar dan temperatur dalam ruangan yang tidak signifikan. Angin yang masuk masih membawa udara luar yang panas ke dalam ruangan.

Untuk itu, ventilasi gaya-angin ini perlu strategi desain yang dapat menurunkan temperatur udara sebelum masuk ke dalam ruangan. Selain itu, kondisi lingkungan di sekitar bangunan juga memungkinkan untuk mengoptimalkan sistem penghawaan alami dari rumah tradisional ini. Dua hal tersebut bisa menjadi studi kasus untuk penelitian-penelitian ke depan.

Selanjutnya, desain atap serta posisi bukaan berpengaruh terhadap pergerakan angin masuk. Desain Rumah Jawa lebih dapat mengalirkan udara secara merata di dalam bangunan tanpa turbulensi dibanding Rumah Lampung. Peletakan jendela di sisi-sisi yang berlawanan mendorong terjadinya aliran udara melalui ventilasi silang. Sedangkan atap yang terlalu dekat dengan jendela menyebabkan turbulensi.

Sejalan dengan hasil studi, ventilasi alami pada rumah tradisional di Indonesia berpotensi menyediakan kenyamanan termal di dalam bangunan. Namun, penerapan strategi ventilasi alami ini pada bangunan