



## PENGARUH VARIASI DIMENSI & PENGELOMPOKAN BUKAAN TERHADAP PERGERAKAN DAN KECEPATAN ANGIN DI DALAM GEDUNG KANTOR (*OPENPLAN LAYOUT*)

M. S. Ulum<sup>1</sup>, S. N. N. Ekasiwi<sup>2</sup>, I. G. N. Antaryama<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dosen Program Studi Arsitektur, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Lampung

<sup>2,3</sup> Dosen Program Studi Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Jawa Timur

E-mail: shoful.ulum@ar.itera.ac.id, nastiti@arch.its.ac.id, antaryama@arch.its.ac.id

### Informasi Naskah:

Diterima:

2 Agustus 2019

Direvisi:

24 September 2019

Disetujui terbit:

15 November 2019

Diterbitkan:

Cetak:

29 November 2019

Online:

29 November 2019

**Abstract:** *Implementation of cross ventilation in highrise office building will face wind speed problem due to differences in elevation and system capabilities in creating wind distribution in the room. This paper examines the influence of apertures with configured distance on building facades against wind speed and wind flow distribution. It generated by using computational fluid dynamics. Performance of cross ventilation in hipotetical models were tested using calculation model k-e RNG. Enlarge the apertures dimension up to 40% window to wall ratio increase wind velocity in building without decrease wind distribution quality. Apertures with equal distance create good distribution of wind of up to 85% depth of building.*

**Keyword:** *cross ventilation, tropical, cooling effect*

**Abstrak:** Implementasi ventilasi silang di gedung kantor bertingkat akan menghadapi masalah kecepatan angin karena perbedaan ketinggian dan kemampuan sistem dalam menciptakan distribusi angin di ruangan. Penelitian ini meneliti pengaruh celah dengan jarak yang dikonfigurasi pada fasad bangunan terhadap kecepatan angin dan distribusi aliran angin. Penelitian dilakukan dengan menggunakan software CFD (*computational Fluid Dynamics*). Kinerja ventilasi silang dalam model hipotetis diuji menggunakan model perhitungan k-e RNG. Simulasi menunjukkan, memperbesar dimensi lubang hingga rasio jendela ke dinding 40% meningkatkan kecepatan angin di gedung tanpa menurunkan pemerataan distribusi angin. Lubang dengan jarak yang sama membuat distribusi angin yang baik hingga 85% kedalaman bangunan.

**Kata Kunci:** ventilasi silang, tropis, efek pendinginan

### PENDAHULUAN

Gedung kantor bertingkat biasanya menggunakan sistem pendingin udara sebagai sistem ventilasi utama. Sistem ini setidaknya memiliki tiga efek buruk terhadap lingkungan. Efek buruk tersebut adalah konsumsi energi tinggi, melepas panas ke ruang luar, dan efek rumah kaca. Kristensen (2003) dalam Shafii (2007) mengatakan sistem pendingin udara berkontribusi 52% dari total permintaan energi bangunan. Yungchareon (2004) mengatakan sistem ini berkontribusi terhadap 51,61% dari total permintaan energi bangunan. Sementara sistem mendinginkan udara di dalam ruangan, ia juga melepaskan panas ke lingkungan luar secara terus-menerus sehingga berpotensi meningkatkan temperatur udara di luar ruangan. Sistem pendingin buatan juga berkontribusi terhadap kebocoran gas pendingin.

Cara kerja sistem yang melepaskan panas ke ruang luar dan potensi kebocoran gas refrigeran membuat fenomena *urban heat island* di kota Surabaya

memburuk. Dampak sistem pendingin udara dapat dikurangi dengan menerapkan sistem ventilasi alami sebagai sistem alternatif.

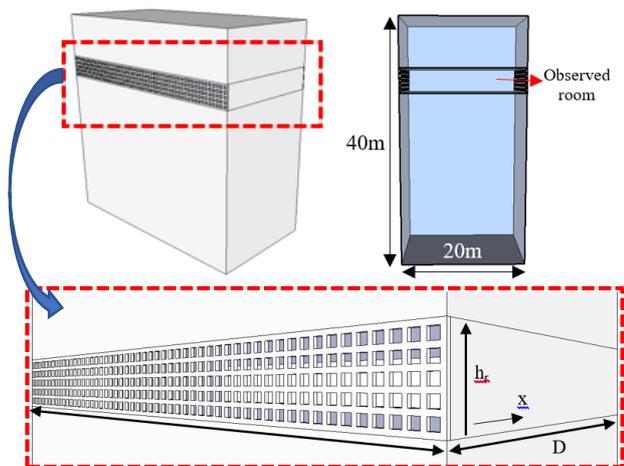
Ada dua prinsip sistem ventilasi alami. Mereka adalah *stack effect* (*bouyancy*) dan ventilasi silang (*gradien tekanan*). Berdasarkan penelitian Cahyani (2014), *stack effect* memiliki kinerja yang buruk dalam menciptakan efek pendinginan fisiologis manusia, karena perbedaan kecil suhu diurnal hanya dapat menciptakan angin berkecepatan sangat rendah. Di sisi lain, Surabaya memiliki kecepatan angin yang tinggi. Angin dapat digunakan untuk memasok udara segar dalam bangunan dan juga menciptakan efek pendinginan fisiologis.

Untuk menerapkan ventilasi silang di gedung bertingkat, ketinggian bangunan harus diperhatikan. Lokasi yang lebih tinggi akan menghadapi kecepatan angin yang lebih kencang (Aynsley 1977). Angin dengan kecepatan tinggi menciptakan ketidaknyamanan bagi pengguna. Untuk menjaga kenyamanan dalam membangun, kecepatan angin

harus dikurangi dan dikendalikan. Cara sederhana untuk mengurangi kecepatan angin adalah dengan mengontrol ukuran apertur. Bukaannya kecil menciptakan kecepatan angin lambat, bukaan besar menciptakan kecepatan angin tinggi (Allard, 1998). Sistem ventilasi silang juga dapat menghadapi masalah distribusi angin, yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan. Distribusi angin yang buruk ditunjukkan oleh kepadatan tinggi gradien kecepatan angin. Ramponi dan Blocken (2012) menyelidiki kecepatan angin menggunakan model dengan dua lubang besar di dinding yang berlawanan. Penelitian ini menggunakan metode *computational fluid dynamics* (CFD) dengan perhitungan  $k-\epsilon$  RNG. Hasilnya menunjukkan kecepatan angin menurun secara dramatis pada jarak 50% dari kedalaman ruangan.

Kondisi tersebut mungkin terjadi akibat *air jet* yang berukuran besar di *inlet*, tidak mampu menjaga bentuknya akibat gesekan dengan udara di dalam ruangan. Awbi (1991) memaparkan, kecepatan angin pada *core airjet* sangat jauh berbeda dibandingkan kecepatan angin pada kondisi stabil. Masalah di atas mungkin dapat diselesaikan dengan mengadopsi penelitian Araujo (2012). Araujo menyelidiki beberapa lubang pada fasad bangunan bertingkat rendah menghasilkan kecepatan angin yang sama di semua lubang inlet.

## METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Letak Ruang Observasi Pada Model Hipotetik

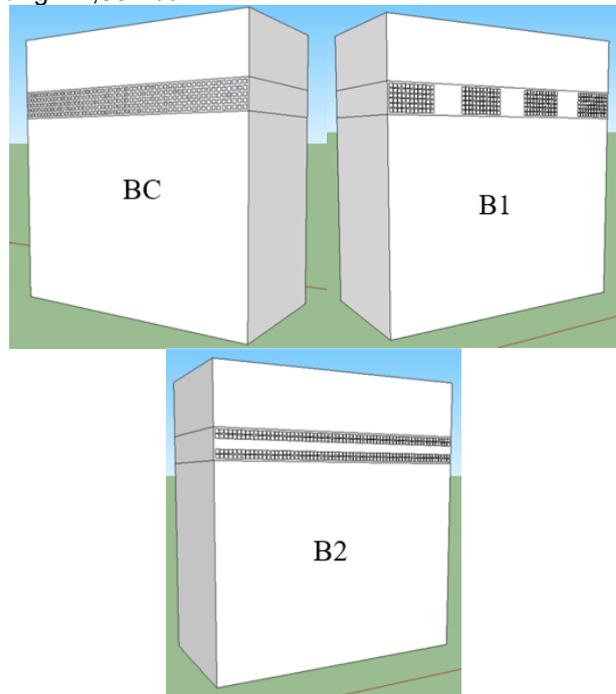
Simulasi dilakukan dengan menggunakan *computational fluid dynamics* (CFD) dengan metode RNG, Enhanced wall treatment diterapkan. Dimensi model yang digunakan adalah 40m x 20m dan tinggi 40m. Ruang observasi terletak di ketinggian 28 m (lantai 8) dari permukaan tanah. Lubang berbentuk persegi, terletak di dua dinding yang berseberangan (Gambar 1). Model dengan masing-masing dimensi bukaan 50 cm x 50 cm, WWR 41,4%, sebagai model kasus dasar.

Tabel 1. Variasi ukuran lubang ventilasi

Model	Ukuran Lubang	WWR
D30	30x30cm	14.9%
D40	40x40cm	26.5%

D60	60x60cm	59.6%
-----	---------	-------

Ada dua perlakuan yang dilakukan. Pertama, variasi dimensi dan kedua pengelompokan lubang inlet. Pengaruh variasi dimensi lubang diamati melalui model D30, D40, D60 (Tabel 1). Efek pengelompokan inlet diamati melalui model B1 dan B2 (Gambar 2). Simulasi menggunakan kecepatan angin 1,85 m/s.



Gambar 2. Variasi peletakan lubang ventilasi pada dinding

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Simulasi yang dilakukan terhadap model BC menunjukkan kinerja ventilasi yang bagus. Angin mencapai kecepatan 0.56m/s dengan kecepatan yang cenderung konstan. Pengamatan pada *centerline* menunjukkan angin berkecepatan konstan terjadi pada jarak  $x/D = 0.2-0.75$  (55% dari kedalaman ruang) dan pada *sideline*, angin berkecepatan konstan terjadi pada jarak  $x/D = 0.05-0.8$  (75% dari kedalaman ruang). Hasil tersebut lebih baik dibandingkan penelitian Ramponi dan Blocken (2014). Hasil yang lebih baik ini disebabkan karena model BC menciptakan *air jet* berukuran lebih kecil dibandingkan dengan penelitian Ramponi & Blocken. Kecepatan angin di *centerline* 0.04m/s lebih tinggi dibandingkan *sideline* karena perbedaan tekanan yang lebih tinggi. Pada ketinggian yang diamati *eddy* tidak terbentuk karena tidak adanya dinding yang cukup masif untuk menciptakan area *wind shadow*. Simulasi menunjukkan adanya perbedaan kecepatan angin di dalam bangunan akibat adanya perbedaan dimensi lubang. Model D30 menciptakan angin dengan kecepatan konstan pada jarak  $x/D = 0.1-0.95$  (85% kedalaman ruang) di *centerline* dan pada jarak  $x/D = 0.05-0.95$  (90% kedalaman ruang) di *sideline*. Model D40 menciptakan angin berkecepatan konstan pada jarak  $x/D = 0.15-0.85$  (70% kedalaman ruang) di *centerline* dan pada jarak  $x/D = 0.05-0.8$  (75% kedalaman ruang) di

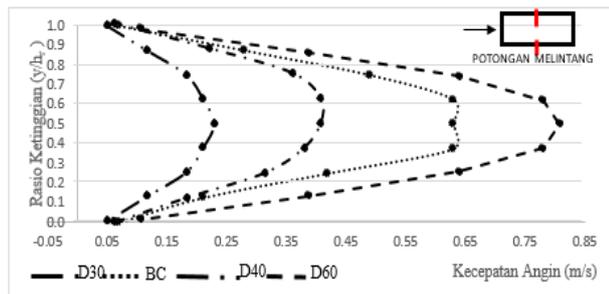
sideline. Model D60 menciptakan angin berkecepatan konstan pada jarak  $x/D = 0.2-0.65$  (45% kedalaman ruangan) di *centerline* dan *sideline*.

**Tabel 2.** Persentase angin berkecepatan konstan terhadap kedalaman ruangan.

Model	Dimensi Lubang	$x/D$ ( <i>center</i> )	$x/D$ ( <i>side</i> )
BC	50x50	55%	75%
D30	30x30	85%	90%
D40	40x40	70%	75%
D60	60x60	45%	45%

Berdasarkan hasil simulasi tersebut. Diketahui bahwa *centerline* model D30 & D40 memiliki area dengan angin berkecepatan konstan yang lebih besar dibandingkan *centerline* model BC, dengan nilai sebesar 30% & 15% secara berurutan. Selain itu *sideline* model D30 memiliki area dengan angin berkecepatan konstan lebih besar 15% dibandingkan model BC, sedangkan *sideline* model D30 bernilai sama dengan model BC.

Fenomena yang terjadi pada model BC, D30, D40, dan D60 disebabkan oleh perbedaan ukuran *air jet* yang terbentuk. Model D30 & D40 dengan ukuran lubang lebih kecil dari model BC membuat jarak yang dibutuhkan oleh angin untuk mencapai kecepatan stabil lebih pendek, sebaliknya pada model D60 jarak yang dibutuhkan lebih jauh karena ukuran *air jet* yang lebih besar.



**Grafik 1.** Gradien Kecepatan Angin di dalam Ruangan.

Pada model BC, D30, D40, dan D60 terlihat adanya gradien kecepatan angin di dalam ruangan. kecepatan angin di ketinggian 1.5m ( $y/h: 0.5$ ) lebih tinggi dibandingkan dekat plafon dan lantai. Hal ini terjadi dikarenakan adanya gesekan angin dengan permukaan lantai dan plafon (Grafik 1).

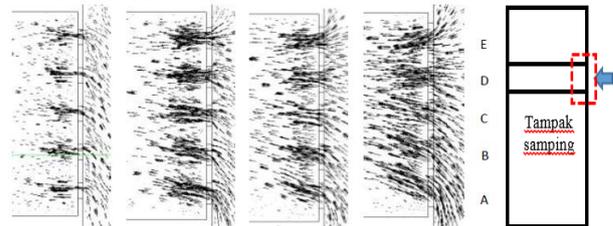
Berdasarkan simulasi juga dapat diketahui bahwa kecepatan angin di dalam ruangan semakin rendah seiring dengan semakin kecil ukuran lubang ventilasi. Kecepatan angin di model D60 hanya sebesar 0.73m/s (39% dari kecepatan angin *reference*). Persentase kecepatan angin tersebut dicapai dengan WWR yang mencapai 59.6%. Hal ini menunjukkan bahwa, dengan membagi lubang ventilasi menjadi lubang-lubang berukuran kecil dan diletakkan merata di permukaan dinding dapat mengurangi kecepatan angin dengan baik.

**Tabel 2.** Persentase kecepatan angin di dalam ruangan terhadap kecepatan angin *reference*.

Model	Rata2 Angin (m/s)	Thp Angin Ref. (%)
D60	0,73	39
BC	0,56	30

D40	0,33	18
D30	0,12	6

Pengurangan ukuran lubang ventilasi sebesar 37% menunjukkan adanya pengaruh pada penurunan kecepatan angin sebesar 9%-12%. Pada model-model yang diamati, hal tersebut menyebabkan kecepatan angin di model D40 & D30 berada dibawah kecepatan minimum untuk menciptakan efek pendinginan.



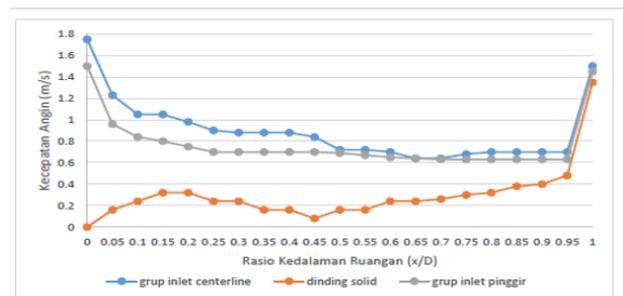
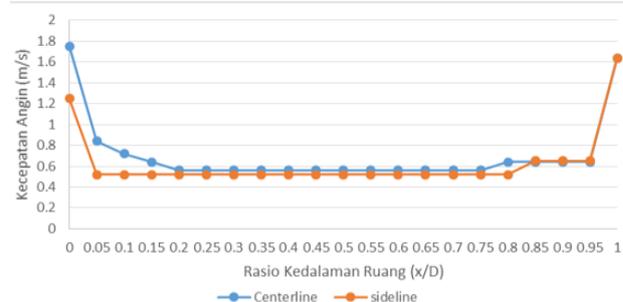
**Gambar 3.** Arah Pergerakan Aliran Udara di Inlet model D30, D40, BC, D60 (Dari Kiri Ke Kanan).

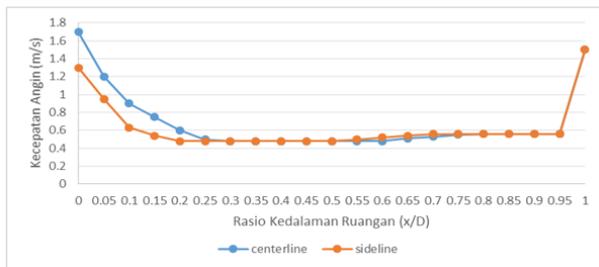
Pergerakan angin di lubang inlet A, B, C menunjukkan adanya perubahan arah angin sebesar  $10^\circ$  ke atas seiring dengan membesarnya ukuran lubang. Perubahan tersebut disebabkan oleh aliran angin dari bawah ke atas yang besar dan tebal dinding yang hanya 15cm tidak mampu mengubah arah aliran angin agar bergerak lurus di dalam ruangan.

**Tabel 3.** Persentase angin berkecepatan konstan terhadap kedalaman ruangan.

Model	$x/D$ ( <i>Center</i> )	$x/D$ ( <i>Side1</i> )	$x/D$ ( <i>Side2</i> )
BC	55%	75%	75%
B1	20%	70%	70%
B2	45%	75%	75%

Pengamatan terhadap pengaruh pengelompokan lubang ventilasi diamati melalui model BC, B1, dan B2 (Grafik 2). Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa angin pada model BC memiliki kecepatan konstan yang lebih baik dibandingkan model B1 & B2. Angin berkecepatan konstan pada *centerline* model B1 hanya terjadi pada jarak  $x/D= 0.75-0.95$  (20% kedalaman ruangan) sedangkan pada model B2 terjadi pada jarak  $x/D= 0.3-0.75$  (45% kedalaman ruangan).





**Grafik 2.** Gradien Kecepatan Angin pada model BC, B1, B2 (atas ke bawah).

## KESIMPULAN

Lubang ventilasi berukuran sama dengan atau lebih kecil dari 50x50cm, dengan perlakuan jarak antar lubang yang sama dapat menghasilkan pemerataan distribusi angin hingga 55%-90%. Pada model D60, kecepatan angin dapat direduksi sebesar 60%, semakin kecil ukuran lubang membuat kecepatan angin bertambah rendah.

Ukuran lubang yang semakin besar maka akan berdampak pada pergerakan angin yang dapat bergerak diagonal sebesar  $10^0$ . Pada penelitian ini arah angin bergerak diagonal ke atas dikarenakan aliran angin lebih banyak berasal dari sisi bawah. Agar pergerakan angin tersebut dapat diubah menjadi tegak lurus terhadap lubang, maka diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh ketebalan lubang ventilasi atau pengarah angin di luar bangunan.

Membagi lubang inlet menjadi kelompok (grup) atas/bawah hanya membuat kecepatan angin di *centerline* melemah 10%. Mengelompokkan lubang menjadi 3 grup disisi kanan kiri dan tengah, berdampak besar terhadap angin di dalam ruangan. Pusaran angin (*eddy*) terbentuk dibalik dinding *windward* dan perbedaan kecepatan angin maksimum dan minimum juga membesar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allard, Francis. (1998). *Natural Ventilation in Buildings: A Design Handbook*. London: James & James Ltd.
- Araujo, Bianca C. D. dan Bistafa, Sylvio R.. (2012). "Facade Elements for Natural Ventilation and Sound Insulation". *Building Acoustics*, Vol. 19, hal. 25-43
- Aynsley, R. M., Melbourne, W., Vickery, B. J.. (1977). *Architectural Aerodynamics*. England: Applied Science Publisher LTD.
- Awbi, H. B., (1991), *Ventilation of Buildings*, E & FN Spon, London.
- Cahyani, Septi. (2014). *Pengaruh Posisi dan Orientasi Bukaannya untuk Efektivitas Penghawaan Alami Pada Ruang Kantor Bertingkat Menengah dengan Fasad Selubung Ganda*, Tesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
- Ramponi, R. dan Blocken B..(2012). "CFD simulation of cross-ventilation for a generic isolated building: Impact of computational parameters". *Building and Environment*, Vol. 53, Hal 34-48.
- Shafii, Faridah, (2007), *Status of Sustainable Building in South-East Asia*, Institute Sultan Iskandar of Urban Habitat & Highrise Universiti Teknologi Malaysia.