

Studi aliran fluida melalui ventilasi penangkap angin bangunan gedung di Kota Pekanbaru

Eddy Elfiano¹, Kurnia Hastuti¹, Ibrahim Rasyid¹, M. Arif Rahmat Firgiyandi¹, Alfinovawan Lumban Tobing¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Riau
Jl. Kaharuddin Nasution, Marpoan, Kota Pekanbaru, Riau 28284
Email korespondensi: eddy_elfiano@eng.uir.ac.id

Abstrak

Sistem penangkap angin (*wind catcher*) sudah dimanfaatkan di beberapa negara di kawasan Timur Tengah, Afrika Utara bahkan di Eropa. Sistem ini digunakan untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dan mengurangi ketergantungan pada beban pendingin. Sirkulasi alami fluida ini disebabkan adanya perbedaan densitas, sehingga densitas fluida yang ringan akan didesak oleh densitas fluida yang berat untuk keluar melalui ventilasi di dalam ruangan. Studi ini fokus untuk mengkaji aliran melalui ventilasi hingga masuk ke dalam ruangan bangunan. Data empirik yang diperoleh dari literatur hingga eksperimen menunjukkan adanya sifat-sifat fluida berdasarkan perbedaan tekanan dan kecepatan yang bergerak berawal turbulensi hingga akhirnya melambat dengan laminar. Penangkap angin ini memiliki ventilasi dengan model lingkaran dan empat persegi dalam bentuk vertikal dengan luasan laluan fluida yang sama. Tinggi bangunan gedung tempat penangkap angin yang diletakkan yaitu 12 meter dan tinggi penangkap angin dari permukaan datum adalah 4 meter. Salah satu data yang diperoleh dari anemometer pada kajian ini menunjukkan adanya perbedaan kecepatan fluida yang masuk melalui ventilasi berbentuk lingkaran dan empat persegi vertikal yaitu 0,60 m/s dan 1,10 m/s, sementara kecepatan fluida yang sampai ke dalam ruangan sebesar 0,30 m/s dan 0,80 m/s berturut-turut. Beberapa studi menyatakan bahwa kenyamanan penghuni ruangan didapat mulai dari kecepatan 0,25 m/s hingga 0,50 m/s. Model penangkap angin ini berdasarkan keadaan alam, sehingga disebut juga dengan sistem pendinginan pasif. Berdasarkan hasil kajian ini dan faktor geografi kota Pekanbaru, memungkinkan untuk disosialisasikan pemanfaatan *wind catcher* sebagai pendinginan suatu bangunan.

Kata kunci: wind catcher, anemometer, kecepatan fluida, kualitas udara.

Abstract

Wind catcher have been used in several countries in the Middle East, North Africa and even Europe. This system is used to improve indoor air quality and reduce dependence on cooling loads. The natural circulation of this fluid is due to the difference in density, so that the light density of fluid will be forced by the heavy fluid density to exit through the ventilation in the room. This study focuses on assessing the flow through the ventilation to enter the building. Empirical data is obtained from the literatures to experiments show that there are fluid properties based on differences in pressure and velocity, which starts with turbulence and eventually slows down with a laminar regime. This wind catcher has ventilation with circular and rectangular models in a vertical shape with the same fluid passage area. The height of the building where the wind catcher is placed is 12 meters and the height of the wind catcher from the datum surface is 4 meters. One of the data is obtained from the anemometer in this study to shows that there are differences in the velocity of the fluid entering through the circular and rectangular vertical vents, namely 0.60 m/s and 1.10 m/s, while the velocity of the fluid entering the room is 0.30 m/s and 0.80 m/s respectively. Several studies state that the comfort of the occupants of the room is obtained from air velocity of 0.25 m/s to 0.50 m/s. This wind catcher model is based on natural conditions, so it is also called a passive cooling system. Based on the results of this research and the geographical factors of the city of Pekanbaru, it is possible to socialize the use of wind catchers as cooling a building.

Keywords: wind catcher, anemometer, fluid velocity, air quality.

1. Pendahuluan

Penangkap angin atau *Wind catcher* sudah digunakan sejak 2000 tahun yang lalu di kawasan Timur Tengah seperti Dubai, Jordan, Bahrain, Oman, Iran dan Pakistan [1]. Sebelum ditemukan sistem pendingin mekanis, alat ini memanfaatkan sumber daya alam untuk memberikan kenyamanan ruangan di iklim panas, salah satu contohnya adalah penangkap angin.

Wind catcher adalah komponen arsitektur yang ditempatkan pada atap bangunan yang memberikan udara segar ke dalam ruangan dan mengeluarkan udara tidak segar melalui jendela atau pembuangan lainnya [2]. Bentuk penangkap angin tidak hanya indah dan dekoratif, tetapi juga memiliki fungsi dan potensi yang cukup besar karena berperan penting dalam sistem pengkondisian udara melalui ventilasi untuk ruangan, gudang, maupun tempat ibadah dengan cara alami tanpa menggunakan energi listrik

[3], karena *wind catcher* tidak memiliki bagian yang bergerak, sehingga membantu mengurangi kebisingan dengan biaya perawatan yang murah [4]. Selain sistem *air conditioning* (AC) biasa, ada alternatif solusi yang ditawarkan untuk diterapkan dalam sistem ventilasi gedung, seperti ventilasi alami dan ventilasi model campuran [5]. Sebuah kajian menyebutkan bahwa keuntungan penangkap angin dapat mengurangi suhu dalam ruangan hingga 10° [6]. Kenyamanan suhu di dalam ruangan berpengaruh besar terhadap kehidupan manusia, apabila kenyamanan suhu terpenuhi akan berdampak positif pada produktivitas kinerja manusia, sehingga aktivitas dalam bangunan berjalan dengan maksimal [7]. Hampir setengah dari total penggunaan listrik di gedung-gedung adalah demi menyediakan kondisi udara yang nyaman secara termal, seperti dilansir dari penggunaan *air conditioning* (AC) di negara-negara tropis [8]. Konsumsi energi meningkat karena pengaturan suhu yang lebih rendah digunakan. Di beberapa negara, keadaan ini telah mengarah pada kampanye pengaturan suhu minimum seperti *Cool Biz* Jepang, mempromosikan pengaturan AC minimum 28°C untuk pendinginan [9], dan pemerintah Malaysia mempromosikan penggunaan suhu minimum 24°C di gedung perkantoran [10].

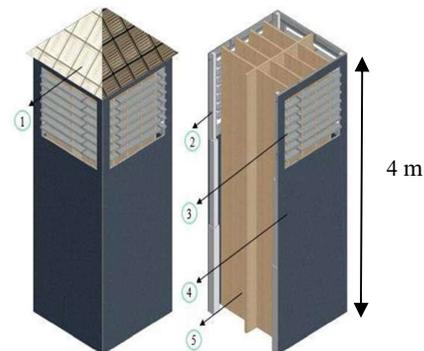
Kajian lain menyebutkan bahwa kecepatan angin dan pengaruh terhadap kenyamanan termal berkisar antara 0,25–0,50 m/s [11],[12]. *Wind catcher* berbentuk menara dengan tinggi antara 3 meter hingga 33 meter dan dipasang pada bagian atap bangunan tergantung dari jenis bangunan yang akan dipasang dengan tujuan untuk menangkap angin pada ketinggian tertentu dan langsung menyalurkan angin ke bagian dalam bangunan. Faktor-faktor penentu untuk memaksimalkan kinerja dari penangkap angin yaitu potensi angin lokal, kelembapan udara, suhu, dan intensitas cahaya matahari.

2. Metode

Kota Pekanbaru terletak antara 101°14' - 101°34' Bujur Timur dan 0°25' - 0°45' Lintang Utara. Lokasi pengambilan data berada di atas gedung lantai empat Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau di Kecamatan Bukit Raya. Wilayah ini memiliki ketinggian dari permukaan laut yaitu 27,04 mdpl dengan kecepatan angin rata-rata selama tahun 2019 sekitar 2,88 m/s [13].

Experimental setup dilakukan pada bangunan *wind catcher* dengan tinggi 4 m, menggunakan bentuk geometri ventilasi vertikal, horizontal dan lingkaran. Ventilasi berada di keempat sisi. Bagian dalam dari badan dibuat saluran angin berbentuk konvergen, diameter saluran mengecil ke bawah, dimaksudkan untuk mempercepat kecepatan angin yang akan masuk ke dalam bangunan gedung (Gambar 1). Peralatan ukur yang digunakan seperti anemometer (merek *Flowatch*, Swiss dengan bahan aluminium, diameter *windspeed impeller* 20 mm), termometer

digital (*K type thermocouple* APPA 50BK), *hydrometer* (DEKKO FD-7175), dan *pyranometer* (LP PYRA 02, dengan *radiometer Delta OHM HD 2102.2*) untuk melihat dan mengobservasi fenomena angin yang diharapkan secara alami masuk ke dalam *wind catcher*.



Gambar 1. Skema bangunan.

Keterangan:

1. Atap
2. Tower
3. *Opening* / Ventilasi
4. *Cover*
5. Partisi

Bangunan *wind catcher* terbuat dari rangka baja ringan yang disambung menggunakan baut dan ditutup dengan plastik pada eksperimen ini. Dalam kenyataannya *wind catcher* terbuat dari bahan batu bata untuk menghindari konduksi panas dari lingkungan, sehingga suhu angin yang masuk ke dalam bangunan diharapkan dapat mendekati suhu nyaman. Kajian lain menyebutkan bahwa kenyamanan *thermal* merupakan kondisi di mana seseorang merasa nyaman dengan keadaan suhu lingkungannya [14]. Standar kenyamanan termal untuk kategori hangat nyaman untuk kondisi khatulistiwa (Kota Pekanbaru) adalah pada suhu udara 22,5°C - 29°C dengan kelembapan udara 20 – 50%.

Pengambilan data dilaksanakan dari tanggal 04-14 Januari 2021, dimulai dari pukul 09.00-15.00. Data yang diambil tiap 15 menit sekali. Seperti yang kita ketahui kenyamanan suhu ruangan juga kita perlukan untuk malam hari. Pemasangan alat untuk mengukur suhu dipasang pada tiap-tiap 2 m dari ketinggian *wind catcher*. Sebelum melakukan pengambilan data, sebaiknya mengukur suhu lingkungan sebagai perbandingan suhu yang masuk ke dalam ruangan.

Penggunaan anemometer dengan cara mengarahkan ke beberapa tempat pada *wind catcher* yaitu yang pertama pada bagian atas atau pada ventilasi masuknya angin, kedua pada bagian tengah alat dan yang terakhir pada bagian bawah tempat masuknya angin ke dalam ruangan yang bertujuan untuk melihat kecepatan angin yang dihasilkan dan tingkat stabil

angin yang masuk ke dalam ruangan. Pengambilan data kelembapan udara yang dihasilkan dengan cara menggunakan *hygrometer* yang diletakkan pada bagian bawah *wind catcher* tempat aliran angin masuk ke dalam ruangan dan akan menampilkan data *relative humidity* (RH) yang akan dinyatakan dalam persentase (%). Pengambilan data intensitas cahaya matahari pada setiap menit dengan menggunakan alat *pyranometer* dan dinyatakan dalam W/m². Tujuan diambil data intensitas cahaya matahari untuk melihat apakah terdapat pengaruh pada tiap-tiap parameter seperti kecepatan angin, suhu ruangan dan kelembapan di dalam ruangan. Apabila semua data sudah didapatkan dan dievaluasi, selanjutnya dilakukan simulasi dengan CFD *Ansys Fluent* untuk memprediksi distribusi aliran udara.

Parameter-parameter yang diperoleh akan digunakan untuk analisis dan investigasi pada kajian ini. Parameter yang digunakan adalah laju aliran volume angin (Persamaan 1), *air change per hour* (Persamaan 2), laju aliran volume udara melalui ventilasi *wind catcher* dalam ruangan bangunan (Persamaan 3) dan Bilangan Reynold.

$$Q = v_{surr} A \tag{1}$$

v_{surr} = Kecepatan angin lingkungan, m/s
 A = Area, m²
 Q = Laju aliran volume angin, m³/s

$$N_{ACH} = 60 \times (Q/V) \tag{2}$$

N = Jumlah
 V = Volume ruangan, m³

Pergantian udara di dalam ruangan sering dinyatakan dalam satuan ACH (*Air Change per Hour*). ACH merupakan jumlah pergantian seluruh udara dalam ruangan dengan udara segar dari luar setiap jamnya.

$$Q_{vent} = V_{ACH} (1000/3600) \tag{3}$$

Bentuk aliran (laminar, transisi maupun *turbulance*) yang masuk ke ventilasi diprediksi dengan parameter kecepatan angin yang masuk ventilasi, diameter hidrolis dari geometri ventilasi, massa jenis udara dan viskositas dinamik udara.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dievaluasi berdasarkan rata-rata pengambilan data tiap 15 menit dalam satu jam. Pelaksanaan dilakukan selama tujuh hari untuk memastikan fenomena aliran angin. Data yang diperoleh pada Tabel 1 dilakukan pada tanggal 04 Januari 2021, memperlihatkan data rata-rata pengujian.

Keterangan dibawah ini menunjukkan nomenklatur Tabel 1.

v_{Surr} : Kecepatan angin lingkungan (m/s)
 v_{wd} : Kecepatan angin masuk ventilasi (m/s)
 v_r : Kecepatan angin masuk ke ruangan (m/s)

T_{surr} : Temperatur angin lingkungan (°C)
 T_{wd} : Temperatur angin masuk ventilasi (°C)
 T_r : Temperatur angin masuk ke ruangan (°C)

Dalam teori termal dinyatakan untuk menurunkan suhu angin masuk ke dalam ruangan bangunan, dinding bangunan *wind catcher* harus dari bahan yang memiliki nilai konduktivitas termal yang rendah, dalam pemilihan bahan ini harus dipilih batu bata. Kecepatan angin yang masuk ke dalam ruangan masih dalam *range* kenyamanan termal berkisar 0,25-0,50 m/s. Hal ini harus memenuhi syarat dari luasnya ventilasi *wind catcher* dan besarnya ruangan bangunan gedung. Faktor kelembapan udara tergantung dari intensitas matahari. Penggunaan *wind catcher* ini dapat menurunkan suhu hingga 10° seperti yang dinyatakan di awal. Ventilasi alami bangunan umumnya mengarah pada kualitas udara yang lebih baik dan mengurangi beban termal sistem *air conditioning*. Dalam bangunan berventilasi alami, udara didorong masuk dan keluar oleh perbedaan tekanan yang disebabkan oleh angin atau gaya apung (*buoyancy forces*) [15].

Pada Tabel 1 dan 2, walaupun intensitas matahari pada jam 12.00 rendah, kecepatan angin yang masuk ventilasi tetap besar, keadaan alam ini dievaluasi terhadap tekanan angin mempengaruhi kecepatan angin dari daerah yang bertekanan besar. Nilai rata-rata dalam tiap jam dari kecepatan angin, suhu angin dan kelembapan akan digunakan pada tabel selanjutnya. Pada Tabel 2 memperlihatkan nilai laju aliran volume angin masuk ventilasi, laju aliran volume angin masuk ruangan bangunan dan ACH.

Tabel 1. Data pengujian pada pengambilan data di 04 Januari 2021.

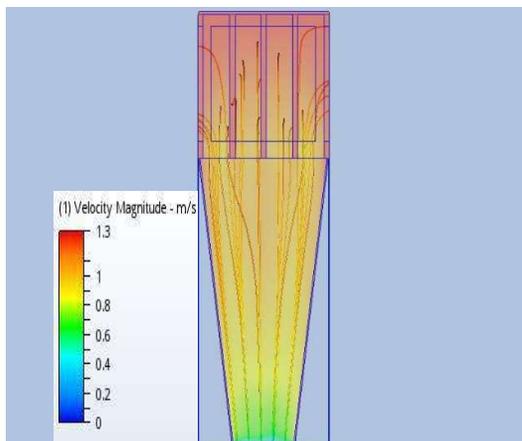
Time	Kecepatan Angin (m/s)			Suhu Udara (°C)			Kelembapan RH (%)	Intensitas Matahari (W/m ²)
	v_{surr}	v_{wd}	v_r	T_{surr}	T_{wd}	T_r		
09.00	1,30	0,82	0,52	29,4	32,2	30,1	52,0	286,40
10.00	1,20	0,70	0,4	33,0	35,5	31,4	51,2	347,50
11.00	2,10	1,50	1,25	35,3	38,8	34,3	36,8	724,40
12.00	2,20	1,67	1,12	32,8	36,7	32,2	39,5	398,82
13.00	1,50	1,00	0,7	32,9	35,6	31,1	40,4	352,72
14.00	1,57	1,10	0,77	32,5	35,0	30,9	41,25	311,55
15.00	1,10	0,72	0,5	32,0	33,5	29,6	42,6	253,30

Tabel 2. Kalkulasi data pada pengambilan data di 04 Januari 2021.

Time	Q_{vent} (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	ACH
09.00	3,46	0,208	8,32
10.00	3,20	0,192	7,68
11.00	5,60	0,336	13,44
12.00	5,86	0,352	14,08
13.00	4,00	0,24	9,60
14.00	4,18	0,251	10,04
15.00	2,93	0,176	7,04

Laju aliran volume angin merupakan fungsi dari kecepatan angin itu sendiri, tergantung dari luas laluan angin tersebut. Dievaluasi bahwa semakin tinggi laju aliran volume angin masuk ke dalam ruangan akan menghasilkan jumlah ACH yang tinggi. Artinya jumlah ACH berbanding lurus dengan laju aliran volume angin tersebut. Nilai ACH dan laju aliran volume angin masuk ke dalam ruang bangunan pada setiap jam berbeda-beda dikarenakan mengalami peristiwa naik dan turun yang disebabkan oleh faktor cuaca. *Trend* pada Tabel 1 dan 2 mewakili pengambilan data selama 11 hari. Nilai pada tabel diperoleh dari kajian pada geometri ventilasi vertikal.

Evaluasi dan pengolahan data selanjutnya dilakukan simulasi dengan CFD *Ansys Fluent* untuk membuktikan dan memprediksi distribusi aliran angin masuk ke ruangan bangunan, ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Simulasi CFD.

Indikator warna merah menandakan kecepatan angin dari luar menuju ventilasi tinggi dengan nilai 1,3 m/s pada bagian partisi dan mengakibatkan angin turun menjadi 0,9 m/s sebelum masuknya angin pada bagian *windward* dengan nilai 0,82 m/s dengan indikator bewarna hijau dan semakin menjauh dari posisi

windward, kecepatan angin semakin menurun dikarenakan adanya jarak yang ditandai dengan indikator berwarna hijau pada bagian bawah dengan nilai 0,52 m/s, *wind catcher* dirancang dengan permukaan divergen masuknya angin dari ventilasi menuju permukaan convergen untuk meningkatkan kecepatan angin masuk ke dalam ruangan.

4. Kesimpulan

Kajian ini menggunakan *wind catcher* sebagai pendinginan pasif melalui ventilasi geometri vertikal alami. Alat ini mempunyai prinsip mengondisikan udara segar dari luar untuk dimasukkan ke dalam serta menyirkulasikan udara di ruangan. *Wind catcher* memiliki ketinggian 4 meter dari permukaan datum dan 16 meter dari permukaan lantai dasar bangunan karena semakin tinggi suatu tempat maka angin akan bertiup semakin besar. Pengambilan data dilaksanakan selama 11 hari. Berdasarkan faktor geografis Kota Pekanbaru, memungkinkan untuk disosialisasikan pemanfaatan *wind catcher* sebagai pendinginan pasif suatu bangunan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan kajian ini terutama kepada Laboratorium Konversi Energi dan Direktorat Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat (DPPM) Universitas Islam Riau yang telah mendukung semua dana penyusunan kajian hingga selesai.

Daftar Pustaka

- [1] Elzaidabi, A.A. (2009). Low energy, wind catcher assisted indirect-evaporative cooling system for building applications. Nottingham: PhD thesis, University of Nottingham.
- [2] Valipour, E., & oshrieh, R. (2012). Survey of traditional wind catcher of Middle East. ICSDEC 2012, 912-920.
- [3] Dehghani-Sanij, M. (2018, May 25). Wind towers: architecture, climate and sustainability. International Journal of Ambient-Energy. doi:10.1080/01430750.2018.1477070
- [4] Elmualim, A. A., & H.B, A. (2003). Post occupancy evaluation of a building employing wind catcher for summer ventilation. Facilities, 21(13/14). doi:10.1108/02632770310507980
- [5] Damiatil, S.A. Zaki, Wonorahardjo, M.S. Mat Ali, Mat. Rijal, H.B. (2015). Thermal Comfort Survey in Office Buildings in Bandung, Indonesia.
- [6] Nejat, P., Jomehzadeh, F., Hussen, M. H., Calautit, K. J., & Majid, M. Z. (2018, September 23). Application of Wind as a Renewable Energy Source for Passive Cooling through Windcatchers Integrated with Wing Walls. Energies, 11(2536), 1-36.
- [7] Sugini. (2004, July). Pemaknaan Istilah- Istilah Kualitas Kenyamanan Thermal Ruang Dalam

- Kaitan Dengan Variabel Iklim Ruang. LOGIKA, 1(2). doi:ISSN: 1410-2315.
- [8] T. H. Karyono and G. Bahri, "Energy efficient strategies for JSX building in Jakarta, Indonesia," in International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment," 2005, pp. 207–211.
- [9] M. Haneda, "Workplace productivity and environmental impacts of Cool Biz office," 2010
- [10] L. C. Lau, K. T. Tan, K. T. Lee, and A. R. Mohamed, "A comparative study on the energy policies in Japan and Malaysia in fulfilling their nations' obligations towards the Kyoto Protocol," *Energy Policy*, vol. 37, no. 11, pp. 4771–4778, 2009
- [11] Razak, H., Gandarum, D. N., & Juwana, J. S. (2015). Pengaruh Karakteristik Ventilasi dan Lingkungan Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Ruang Kelas SMPN Di Jakarta Selatan. *Jurnal Arsitektur*, 15(2), 1 - 18.
- [12] Jomehzadeh, F., Nejat, P., Calautit, J. K., Mohd Yusof, M., Zaki, S. A., Hughes, B. R., & Muhammad Yazid, M. A. (2017, April). A review on windcatcher for passive cooling and natural ventilation in buildings, Part 1: Indoor air quality and thermal comfort assessment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 736-756. doi:10.1016.2016.11.254
- [13] Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Provinsi Riau (2021)
- [14] Rilatupa, J. (2008, Agustus). Aspek Kenyamanan Thermal Pada Pengkondisian Ruang Dalam. *Jurnal Sains dan Teknologi EMAS*, 18(3), 191-198.
- [15] Zaki, S.A., Hagishima, A., Tanimoto, J (2012). Experimental study of wind-induced ventilation in urban building of cube arrays with various layouts, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 103 (2012) 31-4