



PENGARUH WINDOW TO WALL RATIO TERHADAP KENYAMANAN FISIOLOGIS DENGAN MENGGUNAKAN CFD ANSYS 14.0

Rahmayanti*

Program Studi Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Universitas Pohnuato

Jl. Trans Sulawesi No. 47 kabupaten Pohnuato Provinsi Gorontalo

*E-mail: rahmayanti.architecture@gmail.com

Abstract

The use of air conditioning energy (AC) as an effort to remove heat in buildings reaches 30% of the total energy needed in the building. To reduce the use of energy in buildings by using natural ventilation because the system does not use mechanics. Field research has been carried out with the result that the openings at Balai Padang are unable to make occupants' comfort. Therefore, the existing openings will be given treatment by wider the existing openings which are 20%, 30%, and 40%. This study purpose to investigate the effect of WWR on Fisiologis comfort. The numerical methodology is based on the solution of the Navier-Stokes equations, using K-epsilon RNG. Numerical results are validated with available field measurement data. The results obtained that by increasing the percentage of openings, the wind speed is also high

Keywords: CFD; Fisiologis Comfort ; Window to wall ratio

Abstrak

Penggunaan energi *air conditioning* (AC) sebagai upaya penghapus panas di dalam bangunan mencapai 30% dari total energi yang dibutuhkan di dalam bangunan. Upaya yang dilakukan untuk mengurangi penggunaan energi di dalam bangunan yakni dengan menggunakan penghawaan alami sebagai penghapus panas karena sistemnya yang tidak menggunakan mekanis. Penelitian lapangan telah dilakukan dengan hasil bahwa bukaan yang ada di Balai Padang tidak mampu mencukupi kebutuhan kecepatan angin yang diperlukan untuk mendinginkan fisiologis penghuni. Oleh karena itu, bukaan yang ada akan diberikan perlakuan dengan memperbesar bukaan yang ada yakni 20%, 30% dan 40%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek dari WWR terhadap kenyamanan fisiologis penghuni. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan menggunakan bantuan software CFD (computational Fluid Dimension) berdasarkan persamaan Navier-Stoke, menggunakan K-Epsilon RNG. Eksperimen dilakukan dengan validasi hasil pengukuran lapangan. Hasil yang didapatkan bahwa dengan menambah prosentase bukaan, kecepatan angin juga semakin besar.

Kata kunci : CFD; Kenyamanan fisiologis; WWR

1. PENDAHULUAN

Penggunaan pendingin buatan (AC) sebagai penghapus panas di dalam bangunan semakin meningkat, hal ini juga sejalan dengan peningkatan penggunaan energi di dalam bangunan. Penggunaan energi untuk pendinginan sendiri mencapai 30% dari total energi yang dibutuhkan oleh bangunan. Salah satu solusinya yakni dengan menerapkan penghawaan alami di dalam bangunan. Selain mereduksi penggunaan energi karena sistemnya yang tidak memerlukan energi mekanis, penggunaan penghawaan alami juga dapat membantu mendinginkan fisiologi penghuni. Salah satu bangunan yang menerapkan penghawaan alami sebagai pendinginan fisiologis adalah rumah Balai Padang.

Berdasarkan penelitian di lapangan terhadap kinerja penghawaan alami rumah adat Balai Padang yang telah dilakukan [1]. nilai kecepatan angin di dalam Balai Padang berada dibawah standar kebutuhan kecepatan

angin yang nyaman. Oleh karena hasil pengukuran dilapangan diketahui bahwa bukaan yang ada di Balai Padang tidak mampu mencukupi kebutuhan kecepatan angin yang dapat mendinginkan fisiologis penghuni, sehingga dilakukan perlakuan dengan menambah luas bukaan.

Penelitian terkait penghawaan alami yang sebelumnya dilakukan diantaranya oleh Sangkertadi (1999), pada rumah tradisional Minahasa yang telah dimodifikasi, penambahan bukaan berupa ventilasi cerobong penelitian ini mengevaluasi kinerja penghawaan alami pada ventilasi silang dan ventilasi cerobong [2]. Menurut Defiana (2003), dalam penelitiannya mengenai penghawaan alami pada rumah multi fungsi, penelitian tersebut mengkaji penghawaan alami terkait fungsi ventilasi sebagai pendinginan fisiologis [3]. Sukawi (2013), memfokuskan penelitiannya pada ventilasi atap sebagai pendinginan pasif [4]. Wahyudi (2013) dalam penelitiannya menyatakan bahwa keberadaan bukaan sebagai pendinginan pasif untuk konservasi energi pada rumah tradisional Sunda [5]. Pada beberapa penelitian sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian mengenai bukaan yang terkait penghawaan alami berupa jendela. Sementara bukaan yang ada pada Balai Padang merupakan bukaan yang khas yakni bukaan yang ada karena adanya pertemuan antara dinding dan atap. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana luas bukaan yang ada di Balai Padang mampu memberikan kenyamanan fisiologis penghuni dengan memberikan perlakuan terhadap luasan bukaan tersebut. Penelitian yang dilakukan Allard, (1998) dan Defiana (2003) merekomendasikan bukaan sebesar 40% dari total luas dinding, sementara luasan bukaan pada Balai Padang kurang dari 20% [3.6]

2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

2.1. Material

Alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin di dalam bangunan dengan menggunakan alat kanomax anemometer, alat ini memiliki keunggulan yaitu dapat mengukur kecepatan angin di bawah 1 m/dt, alat ini digerakkan secara mekanik menggunakan baterai. Sensor alat berada pada ujung dari alat ini berupa jarum. Kekurangan alat ini tidak mampu merekam data sehingga peneliti harus mencatat nilai yang tertera di layar alat tersebut. Untuk pengukuran angin di luar bangunan digunakan alat ukur weather station, alat ini selain mampu membaca kecepatan angin juga mampu mendeteksi arah angin, dan fenomena alam yang terjadi di luar bangunan seperti hujan meteor, alat ini bekerja secara mekanis dengan bantuan listrik. Kekurangan alat ini tidak mampu menyimpan atau merekam data secara otomatis. Untuk mengukur kelembaban udara digunakan alat questemp dan alat ukur temperatur udara digunakan weather station.

2.2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan adalah ekperimental menggunakan CFD dengan persamaan numerik K-epsilon RNG Enhanced wall treatment. Metode eksperimen merupakan metode yang baik untuk melihat pola aliran angin di dalam bangunan. Verifikasi data digunakan dengan membandingkan data kecepatan angin hasil pengukuran, pada tiga waktu yakni pukul 10.00, 13.00 dan 17.00. data input pada program CFD ANSYS 14.0 sebagai berikut:

- a. Meshing adalah proses pemilihan grid yang digunakan untuk membantu pembentukan kontur aliran udara. Tipe *meshing* yang digunakan adalah *proximity*, dengan *relevance centre* berkualitas *fine*, *smoothing* berkualitas *high*.
- b. Setup Model adalah proses penetapan parameter perhitungan. Perhitungan yang yaitu perhitungan *viscosity* dengan menggunakan rumus energi dan k-epsilon model RNG, rumus ini untuk menghitung turbulensi yang dihasilkan, *near wall treated* menggunakan *enhanced wall treated*.
- c. Setting *boundary condition* untuk menentukan kecepatan angin pada bidang *inlet*. Kecepatan angin yang ditetapkan pada *inlet* merupakan hasil analisa data BMKG dan data pengukuran lapangan, sedangkan setting pada *outlet* dipilih model yaitu *outflow*.
- d. *Solution initialization* yang digunakan yaitu *standar initialization*, kemudian ditetapkan perhitungan terhadap semua area (*all zone*) yang akan dilihat hasilnya. Kemudian ditetapkan jumlah iterasi yang diperlukan, jumlah iterasi berdasarkan estimasi kerumitan model sebanyak 200 iterasi. Pada model ini iterasi yang digunakan sebanyak 217 iterasi. Selanjutnya dilakukan proses *running* sampai didapatkan hasil *convergen*.
- e. Verifikasi Hasil Simulasi dan Pengukuran Lapangan

Verifikasi dilakukan untuk melihat kesesuaian antara hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi. Hal ini dilakukan agar model yang digunakan pada saat eksperimen valid. Data kecepatan angin yang didapatkan dari hasil pengukuran lapangan dan hasil simulasi digunakan sebagai perbandingan. Kecepatan angin yang dibandingkan dilakukan pada pukul 12.00, 14.00 dan 16.00 pada semua ruang yang diukur. Berikut adalah hasil simulasi sebagai verifikasi model dan data input pada program komputer yaitu:

Tabel 1 Verifikasi antara pengukuran lapangan dan simulasi

Pukul	Titik Ukur	Pematang			Bilik 1			Bilik 3			Bilik 5		
		Pengukuran	Simulasi	Deviasi	Pengukuran	Simulasi	Deviasi	Pengukuran	Simulasi	Deviasi	Pengukuran	Simulasi	Deviasi
12.00	T1	0.15	0.04	0.08	0.11	0.03	0.06	0.09	0.02	0.05	0.17	0.02	0.09
	T2	0.15	0.03	0.09	0.14	0.02	0.09	0.09	0.02	0.03	0.09	0.02	0.05
	T3	0.36	0.04	0.23	0.10	0.01	0.06	0.09	0.04	0.04	0.16	0.03	0.09
	T4	0.17	0.02	0.09	0.09	0.08	0.01	0.09	0.02	0.03	0.13	0.03	0.07
	T5	0.17	0.03	0.10	0.19	0.09	0.07						
	T6	0.17	0.03	0.10	0.35	0.04	0.22						
	T7	0.09	0.03	0.04	0.16	0.01	0.11						
	T8	0.15	0.02	0.09	0.17	0.02	0.11						
	T9	0.16	0.05	0.07	0.37	0.09	0.20						
14.00	T1	0.12	0.04	0.06	0.07	0.04	0.02	0.11	0.09	0.01	0.09	0.08	0.01
	T2	0.21	0.05	0.12	0.06	0.04	0.02	0.05	0.05	0.00	0.08	0.08	-
	T3	0.07	0.04	0.02	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	-	0.18	0.09	0.06
	T4	0.08	0.05	0.02	0.16	0.06	0.07	0.13	0.06	0.05	0.09	0.02	0.05
	T5	0.06	0.05	0.01	0.11	0.03	0.06						
	T6	0.06	0.06	0.00	0.12	0.02	0.07						
	T7	0.13	0.03	0.07	0.12	0.02	0.07						
	T8	0.40	0.09	0.22	0.09	0.02	0.05						
	T9	0.09	0.06	0.02	0.09	0.01	0.06						
16.00	T1	0.06	0.03	0.02	0.06	0.04	0.02	0.16	0.04	0.09	0.07	0.04	0.02
	T2	0.07	0.02	0.04	0.10	0.02	0.06	0.12	0.04	0.06	0.10	0.05	0.04
	T3	0.07	0.03	0.03	0.06	0.02	0.03	0.11	0.04	0.05	0.10	0.02	0.06
	T4	0.16	0.03	0.09	0.10	0.09	0.01	0.15	0.04	0.08	0.11	0.02	0.06
	T5	0.08	0.02	0.04	0.13	0.09	0.03						
	T6	0.16	0.03	0.09	0.19	0.18	0.01						
	T7	0.11	0.02	0.07	0.08	0.02	0.04						
	T8	0.09	0.06	0.02	0.11	0.02	0.07						
	T9	0.09	0.02	0.05	0.30	0.02	0.20						

Tabel 1 menunjukkan deviasi antara data pengukuran lapangan dan hasil simulasi. Kecepatan angin hasil pengukuran di lapangan, cenderung lebih tinggi dibandingkan hasil simulasi. Hal tersebut dikarenakan pada model simulasi terdapat penyederhanaan seperti pada Gambar 1. Meskipun demikian hasil perhitungan deviasi menunjukkan angka perbandingan yang kecil yakni <0.25 . Menurut Blocken (2014), standar deviasi yang diperbolehkan untuk kecepatan angin pada program CFD yakni 0.5-1m/s [7] Berdasarkan hal tersebut sehingga model dan penyederhanaan yang dilakukan dapat digunakan pada proses eksperimen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada eksperimen ini, bukaan pada setiap fasad dijadikan sebesar 20%, 30% dan 40%. Pada penambahan WWR 20% dan 30% penambahan hanya dilakukan pada fasad bilik, disebabkan bukaan pada fasad pematang memiliki WWR 30%.

3.1 Kinerja Eksperimen WWR 20%

Pada pukul 10.00 Menunjukkan perbandingan rata-rata kecepatan angin antara kondisi eksisting dengan hasil eksperimen dan hasil perhitungan *wind support comfort* (WSC) pada pukul 10.00. Peningkatan rata-rata kecepatan angin di dalam bangunan pada zona aktifitas (100 cm dari permukaan lantai) cukup signifikan yakni sebesar 65-80% dari kondisi eksisting. Hal ini disebabkan arah datang angin membentuk sudut (110°) terhadap bukaan sehingga *wind shadow* yang membentuk tekanan negatif lebih besar, maka dengan perbedaan tekanan pada windward dan leeward yang lebih besar menjadikan hisapan angin bergerak menuju ke arah leeward cepat, oleh karena itu kecepatan angin menjadi lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian Boutet (1987) bahwa arah datang angin yang membentuk sudut (*oblique*) terhadap inlet lebih baik dibandingkan dengan arah angin yang tegak lurus (*perpendicular*) terhadap inlet [8]

Pada pukul 13.00 kondisi kecepatan angin di luar bangunan mengalami penurunan yakni 1.15m/s. Hal ini turut mempengaruhi kecepatan angin di dalam bangunan. Kecepatan angin dari luar yang masuk ke dalam bangunan tereduksi sebesar 89%. Hal ini disebabkan tekanan angin yang ada di luar bangunan kecil, sehingga

pada saat memasuki ruangan kecepatan angin menjadi rendah. Peningkatan nilai rata-rata kecepatan angin sebesar 10-70% dari kondisi eksisting. Nilai rata-rata kecepatan angin tertinggi juga berada pada bilik 3 sebesar 0.1m/s, sementara rata-rata kecepatan angin terendah berada pada bilik 5 dan 6 sebesar 0.11m/s. Meskipun kecepatan angin di luar bangunan mengalami penurunan, akan tetapi tidak mempengaruhi pola distribusi di dalam bangunan, dimana nilai kecepatan angin tertinggi tetap berada pada pada bilik 3 dan nilai terendah berada pada bilik 5 dan 6. Akan tetapi mempengaruhi besarnya nilai kecepatan angin di dalam ruang. Berdasarkan pola aktifitas pada pukul 13.00 penghuni melakukan kegiatan disemua ruangan, sehingga perlu diperhitungkan kenyamanan pada semua ruang. Hasil perhitungan *wind support comfort* menunjukkan bahwa kecepatan angin di dalam ruang belum mampu mencukupi kebutuhan kenyamanan dalam beraktifitas. Hal ini disebabkan kecepatan angin di dalam ruang berkurang, sementara suhu dan kelembaban udara meningkat yakni T_i : 31°C dan RH: 61%. Pada kondisi ini, kecepatan angin yang dibutuhkan sebesar 0.49 m/s.

Pada pukul 17.00 kecepatan angin kembali mengalami penurunan yakni 0.68m/s, nilai kecepatan angin dari luar ke dalam bangunan tereduksi sebesar 87%. Perbandingan nilai rata-rata kecepatan angin antara kondisi eksisting dengan hasil eksperimen dan perhitungan WSC pada pukul 17.00. Kecepatan angin di dalam ruang hampir dalam kondisi stagnan atau diam, hal ini terlihat pada potongan kontur kecepatan angin yang didominasi dengan warna biru tua yang menandakan bahwa tekanan udara di dalam ruang sangat rendah. Meskipun demikian nilai rata-rata kecepatan angin di dalam ruang meningkat sebesar 10-70% dari kondisi eksisting. Nilai rata-rata kecepatan angin di dalam ruang berada di bawah 0.2m/s, bahkan pada area *windward* kecepatan angin hanya 0.13m/s, sementara suhu dan kelembaban udara pada pukul 17.00 mengalami peningkatan yakni T_i :34.1oC dan RH:51%. Pada kondisi suhu dan kelembaban tersebut diperlukan kecepatan angin sebesar 0.54m/s

3.2 Pada eksperimen WWR 30%

Pada pukul 10.00 kecepatan angin dari luar ke dalam bangunan mengalami reduksi sebesar 83%. Peningkatan kecepatan angin di dalam ruang rata-rata sebesar 70-90% dari kondisi eksisting. Nilai rata-rata kecepatan angin di dalam ruang menunjukkan pola yang sama pada eksperimen WWR 20% sebelumnya dimana kecepatan tertinggi berada pada bilik 3 yakni sebesar 0.51m/s. Sementara nilai terendah berada pada bilik 6 sebesar 0.21m/s hal ini disebabkan oleh dimensi inlet bertambah sehingga angin yang masuk ke dalam bangunan meningkat. Meningkatnya kecepatan angin yang masuk ke dalam bangunan mempengaruhi jarak jangkauan angin dari *inlet* menuju ke *outlet* karena tekanan angin lebih lama hingga mencapai *fase terminal region* yakni hilangnya tekanan angin akibat bergesekan dengan udara di dalam ruang. Fase ini terjadi akibat gesekan terhadap dinding partisi yang ada di dalam bangunan sehingga menyebabkan tekanan udara menjadi hilang [9].

Pukul 13.00 kecepatan angin yang masuk ke dalam bangunan mengalami reduksi sebesar 79%. peningkatan kecepatan angin di dalam bangunan sebesar 15-75% dari kondisi eksisting. Penurunan kecepatan angin di luar mempengaruhi jarak jangkauan angin di dalam bangunan. Kecepatan angin dalam kondisi stabil memiliki jarak yang lebih pendek dari pada pukul 10.00. Nilai rata-rata kecepatan angin yang tertinggi juga pada bilik 3 yang merupakan fasad *windward* dengan kecepatan angin sebesar 0.24m/s, sampai pada bilik 4 dengan kecepatan menurun menjadi 0.21m/s, sementara angin yang sampai pada bilik 5 dan 6 sebesar 0.13m/s. Begitu pula pada bilik 1 dan 2, rata-rata kecepatan angin hanya berkisar 0.13 dan 0.14m/s. Pendeknya jarak jangkauan angin di dalam ruang disebabkan tekanan angin pada *area windward* kecil, maka angin lebih cepat memasuki kondisi stabil. Sementara hasil perhitungan WSC menunjukkan kecepatan angin yang ada di dalam bangunan, jauh dibawah kecepatan angin yang dibutuhkan untuk kenyamanan dalam beraktifitas. Hal ini juga dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara di dalam bangunan yang meningkat sementara kecepatan angin menurun. Kecepatan angin yang tereduksi dari luar sebesar 73%, meskipun demikian kecepatan angin di dalam bangunan mengalami peningkatan sebesar 15-90% dari kondisi eksisting. Pola aliran angin di dalam bangunan memiliki pola yang sama pada pembahasan sebelumnya yakni nilai rata-rata kecepatan angin tertinggi berada pada bilik 3 sebesar 0.18m/s dan terendah pada bilik 5 sebesar 0.10m/s, sedangkan pada bilik 1, 2, 5, 6 dan pematang rata-rata kecepatan angin sebesar 0.11m/s.

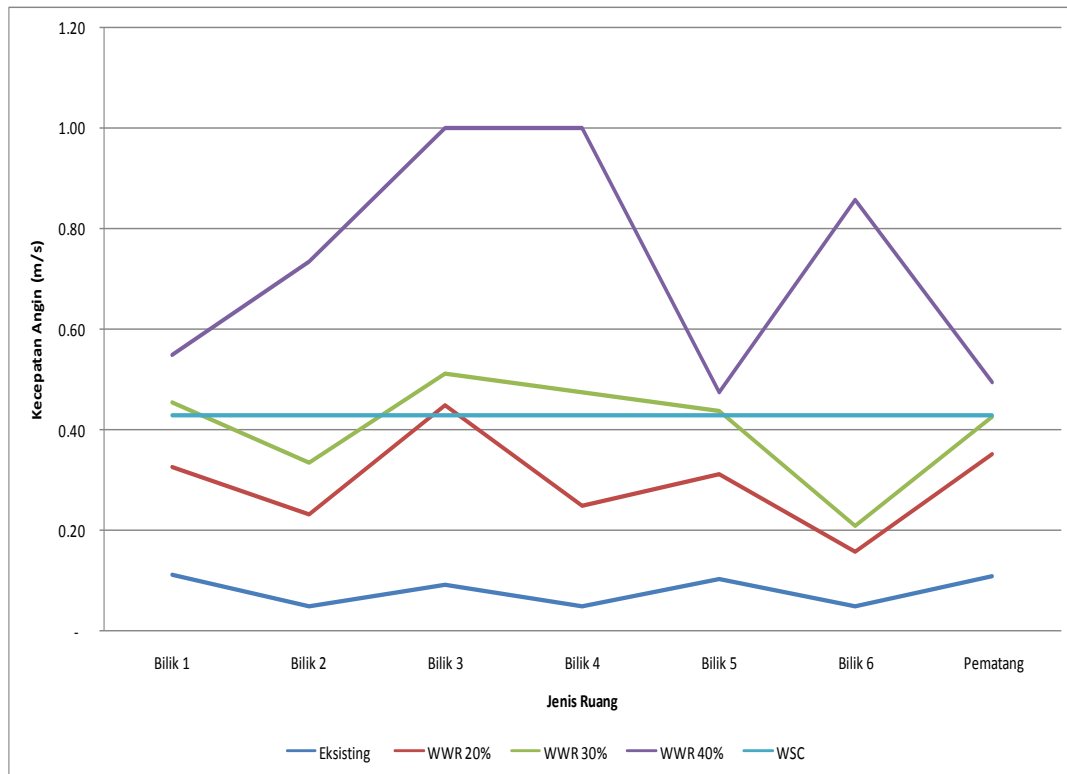
3.3 Pada eksperimen WWR 40%

Pada pukul 10.00 nilai kecepatan angin dari kondisi eksisting mengalami peningkatan sebesar 77-95% dari kondisi eksisting. Pada pukul 10.00 nilai kecepatan angin di luar bangunan sebesar 3.16m/s. Nilai kecepatan angin yang tertinggi juga berada pada bilik 3 dan 4 sebesar 1.0 m/s dan nilai terendah berada pada bilik 5 sebesar 0.7m/s. Kondisi ini menunjukkan bahwa kecepatan angin yang mencapai zona huni tereduksi sebesar 68% dari kecepatan angin di luar.

Pada pukul 13.00 kecepatan angin di luar bangunan menurun yaitu sebesar 1.13m/s. Hal ini menyebabkan kondisi kecepatan angin di dalam ruang juga menjadi rendah, dimana kecepatan angin yang masuk ke dalam bangunan tereduksi sebesar 56%. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa rata-rata persentase peningkatan kecepatan angin hingga 40-90% dari kondisi eksisting. Pola aliran kecepatan angin yang terjadi pada pukul

13.00 sama dengan kondisi pada pukul 10.00 dimana rata-rata kecepatan angin tertinggi berada pada bilik 3 (0.5m/s) begitu pula rata-rata kecepatan angin terendah berada pada bilik 5 (0.11m/s). Walaupun kecepatan angin di luar bangunan pada pukul 13.00 dan 10.00 terdapat perbedaan yang cukup signifikan, tidak merubah pola kecepatan angin di dalam bangunan.

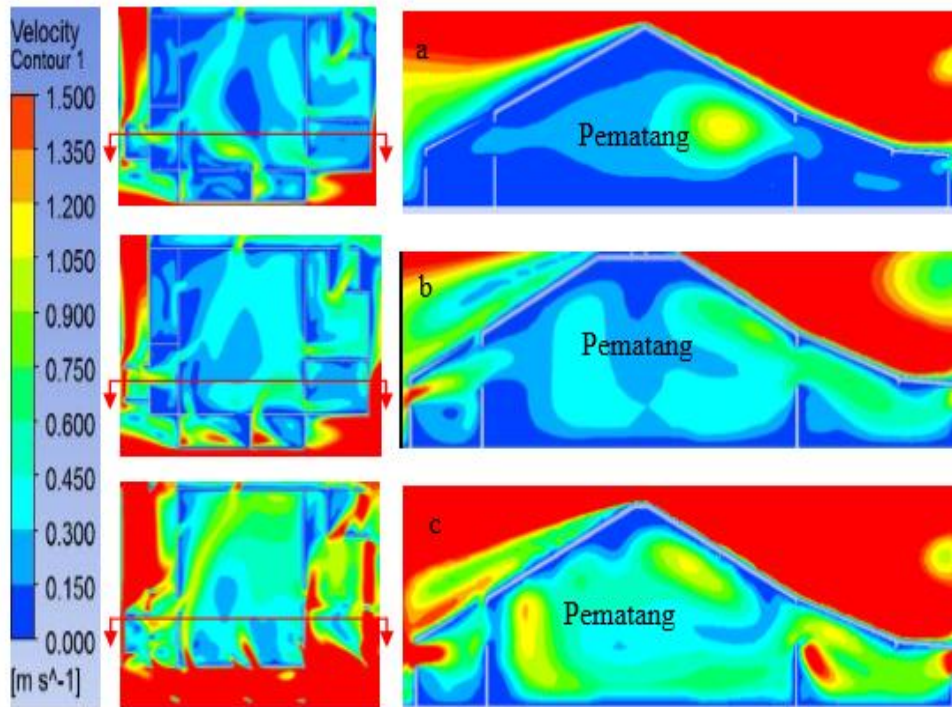
Pada pukul 17.00 kecepatan angin di luar bangunan menunjukkan lebih rendah dibandingkan pada pukul 10.00 (3.16m/s) dan 13.00 (1.13 m/s), sehingga penambahan wwr 40% pada pukul 17.00 hanya mampu meningkatkan kecepatan angin sebesar 10-60%. Kondisi kecepatan angin yang kecil menyebabkan perbedaan tekanan pada sisi *windward* dan *leeward* kecil, sehingga daya hisapan *outlet* juga kecil. Hal ini menyebabkan kondisi kecepatan angin di dalam ruang tereduksi sebesar 70%. Tetapi kondisi kecepatan angin yang relatif kecil juga tidak merubah pola kecepatan angin di dalam bangunan dimana bilik 3 memiliki nilai tertinggi (0.25m.s) dan bilik 5 (0.10m/s) memiliki nilai terendah.



Gambar 1. Perbandingan Kecepatan Angin pada eksperimen WWR 20%, 30% dan 40%

Gambar 1 menunjukkan semakin besar dimensi *inlet* dan *outlet* maka kecepatan angin di dalam bangunan semakin besar, yang berarti reduksi kecepatan dari luar semakin kecil. Hal ini disebabkan dimensi bukaan yang besar mengurangi hambatan angin yang akan masuk ke dalam bangunan. Dimensi bukaan yang besar mengindikasikan tekanan pada *windward* rendah, dengan tekanan yang rendah pada fasad bangunan menjadikan kecepatan angin lebih tinggi.

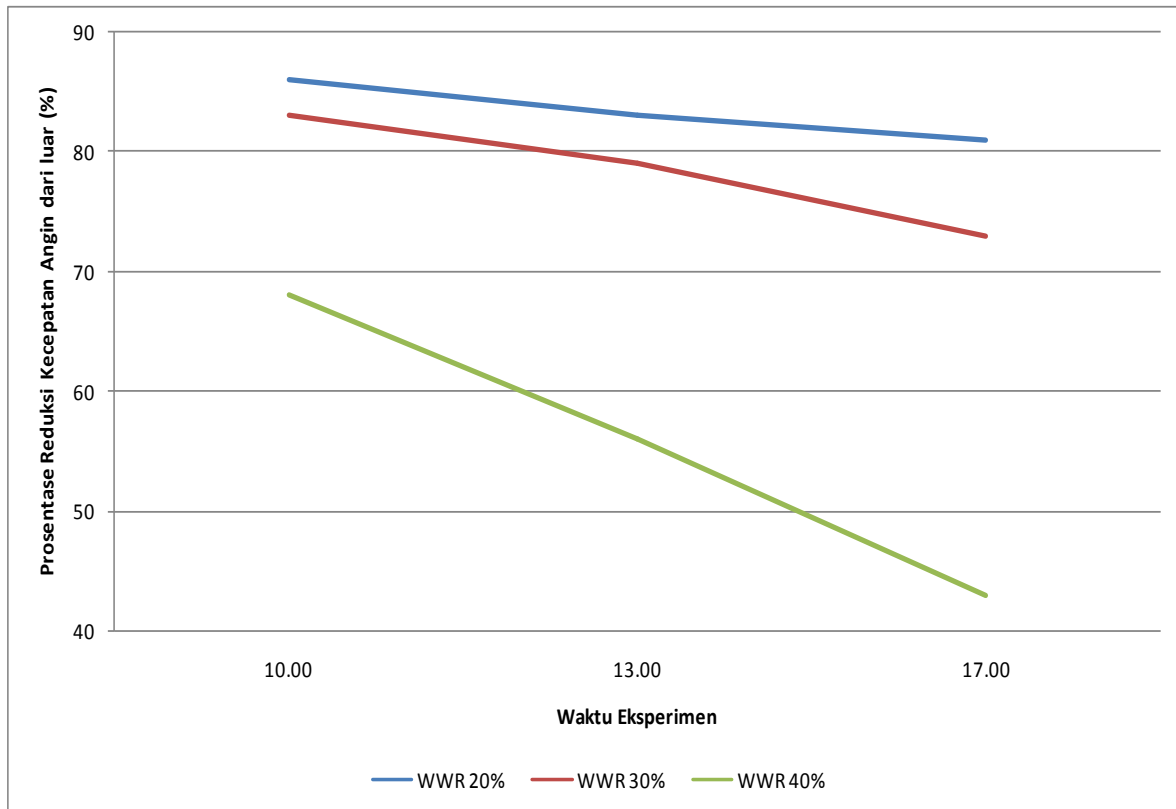
Telah dikemukakan bahwa luasan WWR tidak hanya memberikan pengaruh terhadap kecepatan angin tetapi juga memberikan pengaruh terhadap pemerataan distribusi aliran angin di dalam ruang. Pengaruh tersebut dapat dilihat pada potongan kontur secara vertikal pada gambar 2. Kemampuan WWR 20% dalam mendistribusikan udara lebih rendah dibandingkan dengan WWR 30%, dimana terlihat jarak jangkauan aliran angin yang masuk melalui bilik 3, hanya mampu sampai pada sisi samping pematang. Begitu pula dengan WWR 30% memiliki kemampuan jarak jangkauan yang lebih pendek dibanding dengan WWR 40%, meskipun kemampuan WWR 30% menjangkau hingga ke tengah pematang, akan tetapi kecepatan angin yang sampai pada area tersebut lebih rendah dibanding dengan WWR 40%. Sementara pada WWR 40% memiliki distribusi aliran udara yang mencapai hingga ke bilik 6.



Gambar 2. Potongan vertikal kontur perbandingan distribusi kecepatan angin pada eksperimen WWR 20%, 30% dan 40%

Dari pemaparan diatas dapat disimpulkan bahwa eksperimen dengan mengubah WWR dapat meningkatkan kecepatan angin di dalam ruangan. Semakin besar WWR maka kecepatan angin di dalam ruang juga meningkat. Sementara pola distribusi aliran udara di dalam bangunan yang memiliki banyak ruang dipengaruhi oleh adanya partisi yang membelokkan atau menghambat aliran angin menuju ke ruangan lain. Selain itu, kecepatan angin di luar bangunan juga mempengaruhi tekanan angin yang masuk ke dalam bangunan. Sejalan dengan penelitian Allard (1998) dan Defiana (2003), WWR 40% memiliki kinerja yang lebih baik dalam meningkatkan kecepatan angin di dalam ruang [3.6]

Selain luas bukaan kondisi kecepatan angin dan lingkungan di luar bangunan juga mempengaruhi kecepatan angin di dalam bangunan. Gambar 3 menunjukkan prosentase perbandingan rata-rata kecepatan angin di luar dan di dalam bangunan berbanding lurus dengan prosentase reduksinya. Hal ini terlihat pada saat kecepatan angin di luar bangunan tinggi pada pukul 10.00 reduksi yang terjadi juga tinggi dan sebaliknya ketika kecepatan angin di luar bangunan rendah pada pukul 13.00 dan 17.00 reduksinya semakin kecil. Fenomena ini dipengaruhi oleh energi kinetik angin yang berubah menjadi tekanan pada saat menghadapi hambatan. Semakin tinggi kecepatan angin maka penurunan semakin besar karena gesekan yang terjadi semakin kuat. Begitu juga sebaliknya, pada saat tekanan angin yang datang kecil maka gesekan yang terjadi juga pelan sehingga penurunan kecepatan angin rendah. Hal ini dijelaskan oleh Ansley (1977) bahwa kecepatan angin yang tinggi memiliki energi kinetik yang tinggi, pada saat angin menghadapi penghalang energi kinetik tersebut berubah menjadi tekanan yang menurunkan kecepatan angin. [10]



Gambar 3. Prosentase perbandingan reduksi kecepatan angin dari luar ke dalam pada eksperimen WWR 20%, 30% dan 40%.

4. KESIMPULAN

Dari pemaparan diatas dapat disimpulkan bahwa eksperimen dengan mengubah WWR dapat meningkatkan kecepatan angin di dalam ruangan. Semakin besar WWR maka kecepatan angin di dalam ruang juga meningkat. Sementara pola distribusi aliran udara di dalam bangunan yang memiliki banyak ruang dipengaruhi oleh adanya partisi yang membelokkan atau menghambat aliran angin menuju ke ruangan lain. Selain itu, kecepatan angin di luar bangunan juga mempengaruhi tekanan angin yang masuk ke dalam bangunan. Sejalan dengan penelitian Allard (1998) dan Defiana (2003), WWR 40% memiliki kinerja yang lebih baik dalam meningkatkan kecepatan angin di dalam ruang [3.6]

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahmayanti, (2016). *The Role of Openings in the Balai Padang House, South Kalimantan*. 3rd International Conference on Indonesian Architecture and Planning. Agustus 2016. Departement of Architecture and Planning, Faculty of Engineering, Gajah Mada University.165-169
- [2] Sangkertadi, (1999), *Mengevaluasi Penghawaan Alami Sebuah Rumah Tropis Dua Lantai Dengan Menggunakan Teknik Simulasi Numerik Dimensi Teknik Arsitektur* Vol. 27, No. 1, Juli 1999 : 56 – 63
- [3] Defiana, I. (2003) *Sistem Ventilasi Alam pada Fasad Hunian Multifungsi di Daerah Tropis Lembab*, Tesis Magister Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [4] Sukawi, (2009), *Aplikasi Eko Arsitektur pada Rumah Panggung Dalam Mengantisipasi Kondisi Termal Lingkungan (Tinjauan Konstruksi dan Bahan Bangunan)*, *Lingkungan Tropis*, Edisi Khusus Agustus 2009: 307316
- [5] Wahyudi, A. (2013), *Perancangan Bangunan Tradisional Sunda sebagai Pendekatan Kearifan Lokal, Ramah Lingkungan dan Hemat Energi*, *Proceeding PESAT (Psikologi, Ekonomi, Sastra, Arsitektur & Teknik Sipil)* Vol. 5 Oktober 2013.
- [6] Allard, F. (1998), *Natural Ventilation Building-A Design Handbook*, James and James Science Publishers, London
- [7] Blocken, B, dkk. (2014). *CFD Simulation of Wind Flow Over Natural Complex Terrain: Case Study with Validation bu field Measurements for Ria de Ferrol, Galicia, Spain*. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 147 (2015) 43-57.
- [8] Boutet, T.S. (1987), *Controlling Air Movement, Manual for Architect and Building*, McGraw-Hill, United State of America
- [9] Awbi. H.B.(1991). *Ventilation of Buildings*. Chapman & Hall. London
- [10] Ansley Melbourne and Vickery, (1977) *Architectural Aerodynamics*, Applied Science Publishers LTD, London.