

**KINERJA PENERAPAN MODEL JENDELA ADAPTIF
PADA BANGUNAN RUMAH TINGGAL SEDERHANA
DI MALANG**

JURNAL ILMIAH

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :
Erdwiansa Rachmad
NIM. 0510650027-65

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ARSITEKTUR
MALANG
2013**

KINERJA PENERAPAN MODEL JENDELA ADAPTIF PADA BANGUNAN RUMAH TINGGAL SEDERHANA DI MALANG

Erdwiansa Rachmad, Agung Murti Nugroho, Tito Haripradianto

Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65141, Indonesia

E-Mail : erdwiansa.memed@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan yang terjadi pada bangunan rumah tinggal sederhana dengan kondisi tipe jendela yang ada terkadang tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan kenyamanan termal. Adanya studi terdahulu terkait pengembangan jendela perumahan di Kota Malang menghasilkan suatu model bukaan, yaitu Jendela Adaptif. Oleh karena itu sangatlah perlu suatu penelitian untuk mengkaji kinerja penerapan Jendela Adaptif pada bangunan rumah tinggal sederhana. Hal ini terkait kondisi dan perbandingan termal pada rumah yang memakai Jendela Adaptif dengan yang tidak memakai Jendela Adaptif (Jendela Non-Adaptif) dan rekomendasi yang dapat diberikan terkait dari hasil penelitian terdahulu. Dari hasil yang ditunjukkan secara keseluruhan, kinerja Jendela Adaptif bisa dikatakan dapat mendekati kenyamanan termal, khususnya pada musim kemarau. Secara keseluruhan dapat menurunkan kelembaban dan suhu. Selain itu, kinerja Jendela Adaptif juga dapat mempertahankan kelembaban dan suhu dari pergerakan perubahan kelembaban dan suhu yang ekstrim.

Kata kunci : Kinerja Penerapan, Kenyamanan Termal, Jendela Adaptif

ABSTRACT

Problems that occur in residential simple house buildings with existing window type is often not sufficient of thermal comfort. The existence of previous research related development of residential windows in Malang to produce a window model, namely Adaptive Window. Therefore, it is need a necessary study to assess performance of the application of adaptive window in residential simple house. It is related the thermal comfort and comparisons on taking house with Adaptive Window with do not use Adaptive Window (Non-Adaptive Window) and related recommendations can be given of the results to previous research. The results, the performance of Adaptive Window can approach of thermal comfort, especially in dry season. Can reduce the overall humidity and temperature. The performance of Adaptive Window also maintain humidity and temperature from extremes movement in humidity and temperature.

Keywords : Application Performance, Thermal Comfort, Adaptive Window

PENDAHULUAN

Permasalahan di iklim panas dan lembab seperti di Indonesia adalah suhu yang tinggi dan rendahnya kecepatan angin. Pemecahan yang mudah dan efektif adalah dengan menggunakan penghawaan buatan. Hal ini tentunya akan menyebabkan pemborosan energi. Bangunan rumah tinggal satu lantai merupakan salah satu contoh bangunan yang memerlukan pendinginan alami. Elemen bukaan jendela merupakan pilihan utama dalam menunjang kenyamanan termal bangunan (Bansal, 1994).

Bukaan jendela berperan dalam proses pendinginan alami dengan membuang panas dalam bangunan melalui udara yang bergerak. Pada iklim panas dan lembab, desain bangunan seharusnya memaksimalkan penghawaan alami dan meminimalkan panas matahari yang masuk dalam bangunan untuk mengurangi energi pendinginan buatan (Khedari, 1997). Pergerakan udara yang mengenai tubuh manusia akan memberi sensasi sejuk apabila kecepatan angin lebih dari 0.25 m/detik (Khedari, 2000). Desain bangunan pada kawasan perkotaan yang padat dengan

bukaan jendela konvensional tidak mampu memberi strategi penghawaan alami yang baik. Kondisi tipe jendela kadang tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan kecepatan angin dalam ruang dengan ventilasi silang. Sehingga diperlukan strategi penghawaan alami yang mampu meningkatkan kecepatan angin dalam ruang melalui penerapan jendela adaptif.

Kajian tentang pengembangan prinsip desain jendela dilakukan dengan melakukan pengukuran lapangan pada obyek rumah nyata. Hasil pengukuran lapangan menunjukkan dengan tipe jendela yang dirancang berdasar prinsip penghawaan alami menghasilkan kondisi nyaman dalam bangunan. Indikasi utama adalah suhu dalam bangunan sama dengan suhu di luar bangunan. Namun demikian kondisi ini tidak menjamin kenyamanan termal dalam bangunan sepanjang hari. Sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut untuk tipe jendela yang mampu menurunkan suhu dalam bangunan di siang hari.

Jendela Adaptif adalah penghawaan alami dengan desain menangkap angin. Jendela ini merupakan hasil penelitian Nugroho (2009) yang menggunakan prinsip aerodinamika. Aspek aerodinamika ini juga digunakan oleh peneliti di bidang ventilasi (Bansal, 1994; Alfonso, 2000). Dasar acuan rancang bangun Jendela Adaptif mengacu pada kinerja terbaik dalam memaksimalkan kecepatan angin dan meminimalkan suhu dalam ruang untuk mencapai kenyamanan termal di Indonesia.

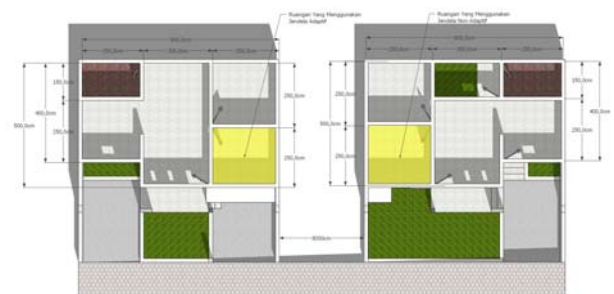
Yang terjadi pada bangunan rumah tinggal sederhana dengan kondisi tipe jendela yang ada terkadang tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan kenyamanan termal yaitu adanya studi terdahulu terkait pengembangan jendela perumahan di Kota Malang menghasilkan suatu model bukaan, yaitu Jendela Adaptif. Oleh karena itu sangatlah perlu suatu penelitian untuk mengkaji kinerja penerapan Jendela Adaptif pada bangunan rumah tinggal sederhana. Hal ini terkait kondisi dan perbandingan

termal pada rumah yang memakai Jendela Adaptif dengan yang tidak memakai Jendela Adaptif (Jendela Non-Adaptif) dan rekomendasi yang dapat diberikan terkait dari hasil penelitian terdahulu.

METODE PENELITIAN

Bahan penelitian sebagai fokus dan variabel utama dalam penelitian ini adalah aplikasi Jendela Adaptif. Perilaku suhu dan kelembaban di dalam bangunan menjadi penting dalam menunjang kenyamanan suhu, yaitu untuk menurunkan panas dan kelembaban yang tinggi.

Obyek bangunan yang diambil adalah rumah tipe 40 di Perumahan Griya Saxofone, Malang, yang merupakan tipikal model rumah sehat dengan lahan terbatas. Penelitian dilakukan pada rumah Griya Saxofone 40 dan Griya Saxofone 42. Mengingat rumah ini merupakan rumah yang tipikal, jadi pengukuran perbandingan dapat dilakukan. Pengukuran dilakukan pada masing-masing ruang kamar tidur yang terhubung langsung dengan area *outdoor*. Data-data penelitian yang telah terkumpul tersebut, kemudian dianalisa dengan menggunakan metode perbandingan antara Jendela Non-Adaptif dengan Jendela Adaptif yang dilakukan dengan cara manual. Hal ini dilakukan guna mendapatkan hasil untuk memecahkan permasalahan. Sedangkan data sekunder menjadi dasar analisa dan pendukung penelitian.



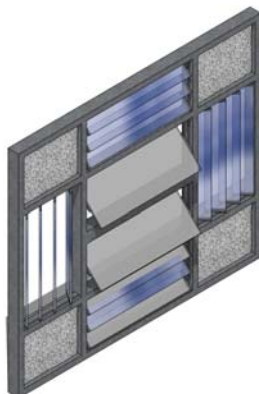
Gambar 1. Perbandingan Denah Rumah Griya Saxofone 40 dengan Rumah Griya Saxofone 42

Jendela Non-Adaptif merupakan bukaan dinding rumah yang digunakan dalam penelitian. Desain model ini menggunakan desain jendela jungkit atas. Ukuran jendela disesuaikan dengan rata-rata penggunaan jendela pada rumah perumahan sederhana di kota Malang. Jendela ini memiliki rasio 22,5%.



Gambar 2. Jendela Non-Adaptif Dengan Posisi Daun Jendela Terbuka

Jendela Adaptif adalah jendela tanggap iklim dengan kemampuan dasar. Kemampuan dasar yang dimiliki adalah jendela tanggap terhadap komponen iklim, yaitu suhu dan kelembaban. Desain model kemampuan dasar dapat dilihat dari ukuran, material dan tipe yang dimiliki. Rasio ukuran jendela sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya (Nugroho, 2009) 50% dari luasan lantai dan dinding yaitu memiliki panjang 1,6m dan lebar 1,4m.



Gambar 3. Jendela Adaptif Dengan Posisi Daun Jendela Terbuka

Pengukuran suhu dilakukan di dalam bangunan, dan di luar bangunan pada ketinggian 1.1m sesuai penelitian Nugroho (2009), yaitu pada rata-rata suhu terpanas disemester pertama yang terjadi pada bulan April tahun 2013. Sebagai pembandingan, pengukuran juga dilakukan waktu sama

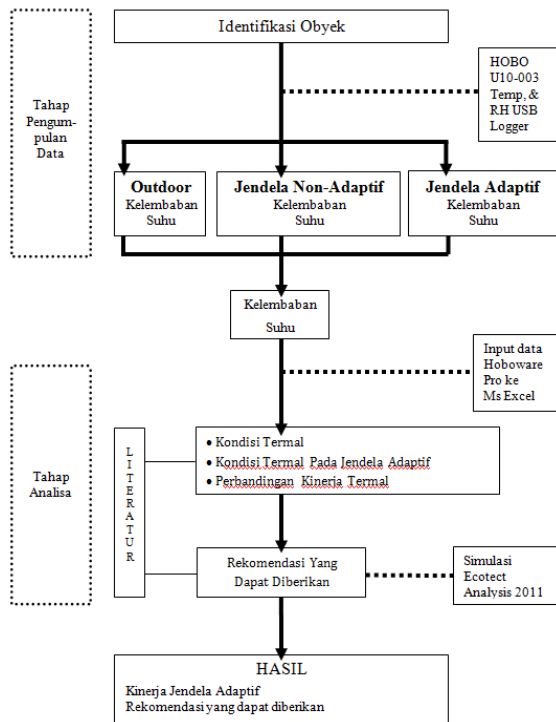
Komparasi kinerja Jendela Adaptif dengan kinerja Jendela Non-Adaptif dapat terlihat perbandingan kinerja termal antara rumah yang memakai (Jendela Adaptif) dan tidak memakai Jendela Adaptif (Jendela Non-Adaptif). Ini akan memberikan sebuah gambaran umum mengenai variabel perbedaan suhu.

Metode analisis yang digunakan mencakup analisis kinerja termal untuk hasil kinerja dan analisis data iklim untuk menetapkan termal netral.

Pada proses simulasi termal, metode yang digunakan adalah metode eksperimen dengan tahapan awal adalah membuat zona bentukan eksisting bangunan termasuk bukaan pintu dan jendela dengan simulasi tiga dimensi sesuai dengan keadaan lapangan. Model dasar ini digunakan simulasi data menggunakan perangkat lunak Ecotect Analysis 2011. Piranti lunak ini dapat secara detail menentukan perhitungan dan animasi grafis secara langsung, sehingga dapat dilihat saat pengerjaan secara langsung.

Simulasi dalam penelitian ini bertujuan sebagai instrumen untuk mengetahui kondisi kenyamanan pada suatu obyek penelitian. Metode ini merupakan lanjutan dari pengujian lapangan.

Dalam proses analisa simulasi dibatasi dalam pengolahan hasil pengukuran untuk menemukan rekomendasi. Hasil rekomendasi tidak lepas dari keterbatasan yang dimiliki oleh perangkat simulasi desain.



Gambar 4. Kerangka Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi iklim Kota Malang tercatat rata-rata suhu udara berkisar antara 22,7°C - 25,1°C. Sedangkan suhu maksimum mencapai 32,7°C dan suhu minimum 18,4°C. Rata-rata kelembaban udara berkisar 72% - 86%. Dengan kelembaban maksimum 99% dan minimum mencapai 40% (Pemkot Malang, 2011). Seperti umumnya daerah lain di Indonesia, Kota Malang mengikuti perubahan perputaran 2 iklim, yaitu Musim Hujan, dan Musim Kemarau.

Lokasi penelitian berada di Kota Malang. Kecamatan Lowokwaru memiliki suhu minimum 20⁰C dan maksimum 28⁰C dengan curah hujan rata-rata 2,71 mm (Pemkot Malang, 2011).

Obyek bangunan adalah tipikal rumah sehat sesuai Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah Nomor: 403/KPTS/M/2002 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Sehat. Obyek rumah bertipe 40 di Perumahan Griya Saxofone.



Gambar 5. Lay Out Perumahan Griya Saxofone (sumber : Google Earth, 2013)

Menggunakan penelitian sebelumnya, rerata suhu udara tahunan perbulan dari data iklim untuk data cuaca BMKG Malang, dengan mengambil 24,9°C sebagai suhu netral bangunan, didapatkan 26,4°C sebagai batas atas zona nyaman.

Telah ditentukan beberapa pengukuran dengan metode analisis yang digunakan mencakup analisis kinerja termal untuk hasil kinerja. Beberapa variabel yang digunakan adalah :

- Kelembaban dan Suhu Outdoor,
- Kelembaban dan Suhu Jendela Non-Adaptif, dan
- Kelembaban dan Suhu Jendela Adaptif.

Variabel diatas berdasar hasil evaluasi terhadap kenyamanan termal dari faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal. Hasil pengukuran ini sesuai dengan dengan tingkat kenyamanan termal yang dapat dikendalikan perubahannya, yaitu Kelembaban dan Suhu.

Pengukuran lapangan Outdoor ini diambil di area luar rumah yang menggunakan Jendela Non-Adaptif. Hal ini disebabkan karena tidak adanya aktifitas yang dapat mengganggu penelitian dan lebih mudah dalam pelaksanaan. Rumah yang menggunakan Jendela Non-Adaptif merupakan rumah kosong atau tidak berpenghuni. Oleh pemilik, rumah ini akan digunakan untuk usaha properti tetapi belum terlaksana.

PENGUKURAN OUTDOOR



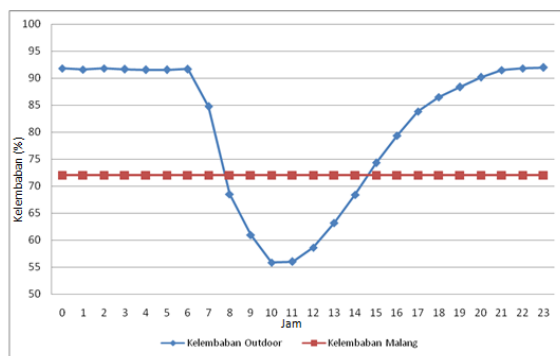
Gambar 6. Titik Pengukuran Termal Outdoor

Kondisi kelembaban udara *Outdoor* selama pengukuran setiap satu jam ditunjukkan dalam gambar 7.

Berdasarkan data tersebut, kelembaban tertinggi terjadi pada pukul 11 malam sebesar 91,97% dan terendah terjadi pada pukul 10 pagi sebesar 55,83%. Sedangkan kelembaban rerata harian musim kemarau 2013 adalah 80,64%.

Bila dilihat dari hasil pengukuran, maka kelembaban netral terjadi pada pukul 7-8 pagi dan 2-3 sore.

Berdasar kelembaban rata-rata Kota Malang (Pemkot, 2011), dimana kelembaban udara berkisar 72% - 86% dan kelembaban maksimum 99% dan minimum mencapai 40%, maka area *Outdoor* ini berada dalam zona rata-rata kota Malang.



Gambar 7. Kelembaban Udara *Outdoor* Pada Area Penelitian Musim Kemarau Tahun 2013

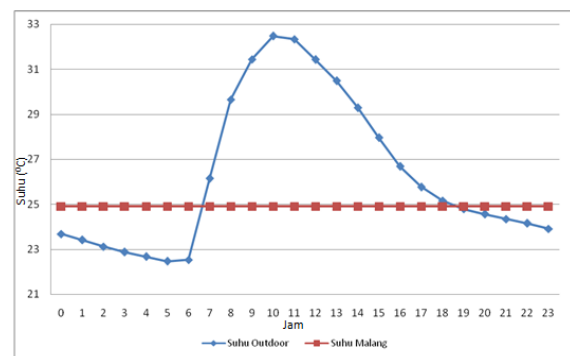
Kondisi suhu udara *Outdoor* selama pengukuran setiap satu jam ditunjukkan dalam gambar 8.

Berdasarkan data tersebut, suhu terendah terjadi pada pukul 5 pagi sebesar

22,46⁰C dan tertinggi terjadi pada pukul 10 pagi sebesar 32,47⁰C. Sedangkan suhu rerata harian musim kemarau 2013 adalah 26,30⁰C.

Bila dilihat dari hasil pengukuran, maka suhu netral terjadi pada pukul 6-7 pagi dan 6-7 sore.

Berdasar suhu rata-rata Kota Malang (Pemkot, 2011), dimana suhu udara berkisar antara 22,7⁰C - 25,1⁰C. Sedangkan suhu maksimum mencapai 32,7⁰C dan suhu minimum 18,4⁰C, maka area *Outdoor* ini memiliki suhu yang tinggi dengan selisih 1,2⁰C (diambil dari rata-rata tertinggi Kota Malang).



Gambar 8. Suhu Udara *Outdoor* Pada Area Penelitian Musim Kemarau Tahun 2013

PENGUKURAN JENDELA NON-ADAPTIF



Gambar 9. Titik Pengukuran Jendela Non-Adaptif

Dari hasil pengukuran kelembaban Jendela Non-Adaptif, kelembaban tertinggi

terjadi pada pukul 10 malam sebesar 78,17% dan terendah terjadi pada pukul 1 siang sebesar 72,57%. Sedangkan kelembaban rerata harian musim kemarau 2013 adalah 75,83%.

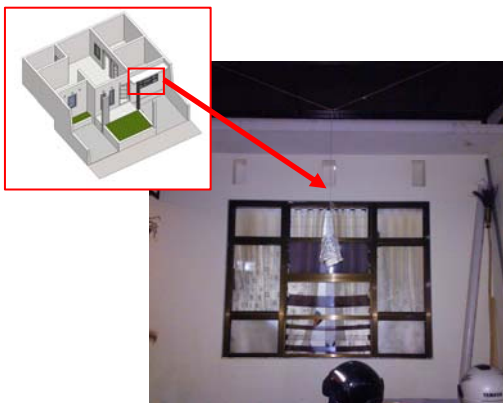
Berdasar kelembaban rata-rata Kota Malang (Pemkot, 2011), dimana kelembaban udara berkisar 72% - 86% dan kelembaban maksimum 99% dan minimum mencapai 40%, maka kelembaban Jendela Non-Adaptif ini berada dalam zona rata-rata kota Malang. Memiliki selisih rata-rata dengan Kota Malang sebesar 3,83%.

Dari hasil pengukuran suhu Jendela Non-Adaptif, suhu terendah terjadi pada pukul 6 pagi sebesar $26,36^{\circ}\text{C}$ dan tertinggi terjadi pada pukul 1 siang sebesar $28,95^{\circ}\text{C}$. Sedangkan suhu rerata harian musim kemarau 2013 adalah $27,68^{\circ}\text{C}$. Keadaan mendekati suhu netral terjadi pada pukul 6 pagi.

Berdasar suhu nyaman (Nugroho, 2007), daerah ini memiliki suhu yang cukup tinggi dengan perbedaan $2,78^{\circ}\text{C}$.

Dengan jangkauan zona nyaman sebesar 5°C , dapat meluas $2,5^{\circ}\text{C}$ keatas dan kebawah (Szokolay, 1997), maka suhu Jendela Non-Adaptif berada diatas batas suhu nyaman.

PENGUKURAN JENDELA ADAPTIF



Gambar 10. Obyek Jendela Adaptif



Gambar 11. Titik Pengukuran Jendela Adaptif

Dari hasil pengukuran kelembaban Jendela Adaptif, kelembaban tertinggi terjadi pada pukul 9 malam sebesar 77,16% dan terendah terjadi pada pukul 1 Siang sebesar 70,31%. Sedangkan kelembaban rerata harian musim kemarau 2013 adalah 73,91%.

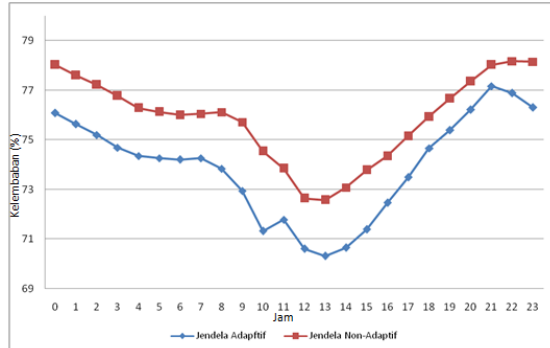
Berdasar kelembaban rata-rata Kota Malang (Pemkot, 2011), dimana kelembaban udara berkisar 72% - 86% dan kelembaban maksimum 99% dan minimum mencapai 40%, maka kelembaban Jendela Adaptif ini berada dalam zona rata-rata kota Malang. Memiliki selisih rata-rata dengan Kota Malang sebesar 1,91%.

Dari hasil pengukuran suhu Jendela Adaptif, suhu terendah terjadi pada pukul 5 pagi sebesar $25,79^{\circ}\text{C}$ dan tertinggi terjadi pada pukul 1 siang sebesar $29,01^{\circ}\text{C}$. Sedangkan suhu rerata harian musim kemarau 2013 adalah $27,38^{\circ}\text{C}$.

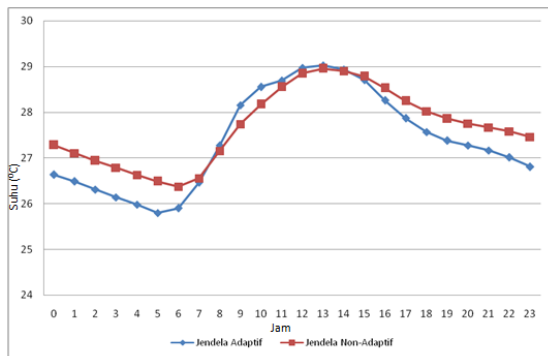
Berdasar suhu nyaman (Nugroho, 2007), daerah ini memiliki suhu yang cukup tinggi dengan perbedaan $2,48^{\circ}\text{C}$.

Dengan jangkauan zona nyaman sebesar 5°C , dapat meluas $2,5^{\circ}\text{C}$ keatas dan kebawah (Szokolay, 1997), maka suhu jendela adaptif berada batas suhu nyaman.

PERBANDINGAN JENDELA NON-ADAPTIF DENGAN JENDELA ADAPTIF



Gambar 12. Perbandingan Kelembaban Pada Area Penelitian Musim Kemarau Tahun 2013



Gambar 13. Perbandingan Suhu Pada Area Penelitian Musim Kemarau Tahun 2013

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kelembaban

No	Komponen	Outdoor	Jendela Non-Adaptif	Jendela Adaptif
1	Terendah	91,97%	78,17%	70,31%
2	Tertinggi	55,83%	72,57%	77,16%
3	Rata-rata	80,64%	75,83%	73,91%
4	Selisih	8,64%	3,83%	1,91%

Catatan : Kelembaban standart Kota Malang 72 %

Tabel 2. Hasil Pengukuran Suhu

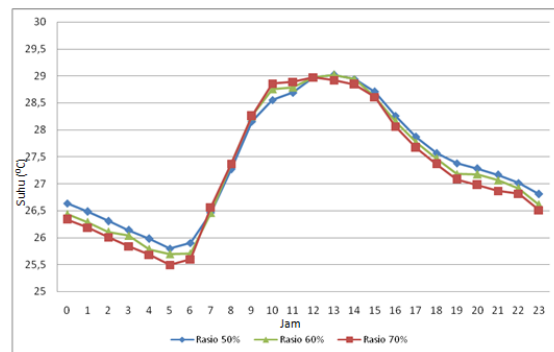
No	Komponen	Outdoor	Jendela Non-Adaptif	Jendela Adaptif
1	Terendah	22,46 ⁰ C	26,36 ⁰ C	25,79 ⁰ C
2	Tertinggi	32,47 ⁰ C	28,95 ⁰ C	29,01 ⁰ C
3	Rata-rata	26,30 ⁰ C	27,68 ⁰ C	27,38 ⁰ C
4	Selisih	1,4 ⁰ C	2,78 ⁰ C	2,48 ⁰ C

Catatan : Suhu standart Kota Malang 24,9 ⁰C

SIMULASI ANALISA

Berdasarkan hasil simulasi analisa terhadap perbandingan rasio, suhu rata-rata Jendela Adaptif memiliki penurunan 0,10⁰C setiap perubahan rasio 10%. Kinerja Jendela Adaptif dengan rasio 70% lebih dapat mendekati kenyamanan termal dalam memaksimalkan tanggapan terhadap suhu dari pada Jendela Adaptif dengan rasio 50% dan rasio 60%.

Terdapat catatan pada Jendela Adaptif. Yaitu dimana saat terdapat matahari suhu yang yang dihasilkan berbanding terbalik dibandingkan dengan pada saat tidak terdapat matahari. Bisa dikatakan, apabila rasio semakin besar, maka kenaikan suhu pada saat terdapat matahari semakin tinggi, dan pada saat tidak terdapat matahari mengalami penurunan suhu.



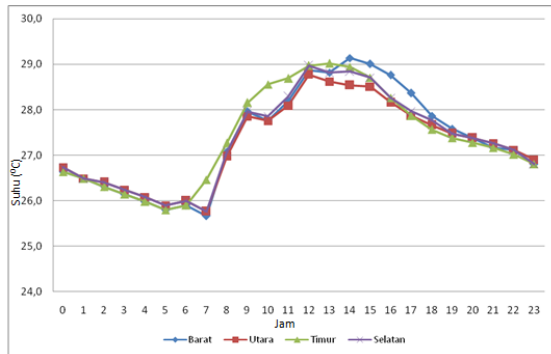
Gambar 14. Perbandingan Jendela Adaptif Rasio 50% Dengan Rasio 60% dan Dengan Rasio 70%

Tabel 3. Hasil Perbandingan Orientasi

No	Komponen	Rasio 70%	Rasio 60%	Rasio 50%
1	Terendah	25,19 ⁰ C	25,70 ⁰ C	25,80 ⁰ C
2	Tertinggi	29,00 ⁰ C	29,00 ⁰ C	29,00 ⁰ C
3	Rerata	27,20 ⁰ C	27,30 ⁰ C	27,40 ⁰ C
4	Selisih	2,30 ⁰ C	2,40 ⁰ C	2,50 ⁰ C

Berdasarkan hasil simulasi analisa terhadap perbandingan orientasi semua arah, dapat disimpulkan bahwa Jendela Adaptif sangat tanggap terhadap pergerakan matahari. Dapat menurunkan suhu pada siang hari pada pukul 7 sampai 5 sore. Penurunan ini disesuaikan dengan arah hadap Jendela Adaptif, dimana pengaruh

matahari sangat kuat. Hal ini bisa dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan penghuni rumah yang menerpakan Jendela Adaptif.



Gambar 15. Perbandingan Orientasi Semua Arah

KESIMPULAN

Kinerja Jendela Adaptif dapat mendekati kenyamanan termal dalam memaksimalakan tanggapan terhadap kelembaban. Kinerja Jendela Adaptif dapat menurunkan kelembaban sebesar 1,92% pada Musim Kemarau 2013. Hal ini merupakan bukti dari kinerja Jendela Adaptif.

Namun terdapat kekurangan dari Jendela Adaptif ini. Dimana kelembaban pada pukul 12 siang kinerja dalam menurunkan kelembaban menurun. Bila dibandingkan dengan Jendela Non-Adaptif, pada pukul 12 siang dapat menurunkan kelembaban. Sedangkan pada Jendela Adaptif menghasilkan kinerja yang berlawanan, dimana kelembaban menjadi naik.

Dalam hal termal suhu, kinerja Jendela Adaptif kurang dapat mendekati kenyamanan dalam memaksimalakan tanggapan terhadap suhu. Kinerja menurunkan suhu dibandingkan dengan Jendela Non-Adaptif hanya sebesar 0,30°C. Tetapi, dengan jangkauan zona nyaman sebesar 5°C, dapat meluas 2,5°C keatas dan kebawah (Szokolay, 1997), maka jendela ini masih dalam kinerja yang tepat mendekati kenyamanan termal.

Namun terdapat kekurangan dari Jendela Adaptif ini. Dimana suhu pada pukul 8 pagi hingga pukul 1 siang kinerja dari Jendela Adaptif ini menurun. Bila dibandingkan dengan Jendela Non-Adaptif, Jendela Adaptif menghasilkan kinerja yang berlawanan. Dimana suhu menjadi naik.

Dari hasil yang ditunjukkan secara keseluruhan, kinerja Jendela Adaptif bisa dikatakan dapat mendekati kenyamanan termal, khususnya pada musim kemarau. Secara keseluruhan dapat menurunkan kelembaban dan suhu. Selain itu, kinerja Jendela Adaptif juga dapat mempertahankan kelembaban dan suhu dari pergerakan perubahan kelembaban dan suhu yang ekstrim.

Perubahan rasio Jendela Adaptif dapat dilakukan dengan menambah hingga 20% dari rasio Jendela Adaptif. Hal ini akan menurunkan suhu 0,10°C pada rasio 60% dan menurunkan suhu 0,20°C pada rasio 70% dibandingkan dengan rasio 50%.

Terdapat catatan pada perubahan rasio Jendela Adaptif. Yaitu dimana saat terdapat matahari suhu yang yang dihasilkan berbanding terbalik dibandingkan dengan pada saat tidak terdapat matahari. Bisa dikatakan, apabila rasio semakin besar, maka kenaikan suhu pada saat terdapat matahari semakin tinggi, dan pada saat tidak terdapat matahari mengalami penurunan suhu.

Jendela Adaptif sangat tanggap terhadap pergerakan matahari. Dapat menurunkan suhu pada siang hari pada pukul 7 sampai 5 sore. Penurunan ini disesuaikan dengan arah hadap Jendela Adaptif, dimana pengaruh matahari sangat kuat. Hal ini bisa dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan penghuni rumah yang menerpakan Jendela Adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfonso, Clito. (2000). Soiar Chimneys: Simulation and Experiment. *Energy and Buildings*. Vol. 32, Pergamon Press. 71-79.
- Auliciems, A. and Szokolay, S. (1997) Thermal Comfort. PLEA Note 3. PLEA International / University of Queensland.
- Amin, Muhammad., Danusputra, Hernowo., Prianto , Eddy. (2004). Pengaruh Buka-an Terhadap Kenyamanan Thermal pada Bangunan Publik di Daerah Tropis (Studi kasus : Masjid Raya Al-Mashun Medan). [Http://Jurnal.unimus.ac.id](http://Jurnal.unimus.ac.id)
- Arrum C., Arranzi. (2008). Konsep Arsitektur Tropis pada Fasade Perumahan di Kota Malang. Skripsi tidak dipublikasikan, Malang: Universitas Brawijaya.
- Bansal, N. K., Mathur, R., Bhandari, M.S. (1994). A Study of Solar Chimney Assisted Wind Tower System for Natural Ventilation in Buildings, *Building and Environment*. Pergamon Press 29(4): 495-500.
- Bouted, Terry S. (1987). Controlling Air Movement. New York : McGraw-Hill Book Company.
- Brager, G. S., De Dear, R. (2001). Climate, Comfort & Natural Ventilation : A new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55. In : *Moving Thermal Comfort Standarts into the 21st Century*, Windsor, UK, Loughborough University, pp. 60-77.
- Bradshaw, Vaughn. (1993). *Building Control System*. New York:John Wiley & Sons.
- Dewi, Cynthia Permata. (2008). Pengoptimalan Penghawaan alami Melalui Pengolahan Elemen Buka-an Jendela dan Teritisan Bangunan Rumah Tinggal di Malang. Skripsi tidak dipublikasikan, Malang: Universitas Brawijaya.
- Egan, M. David. (1975). *Concept in Termal Comfort*. London : Prentice-Hall International.
- Fanger, P. O. (1972) *Thermal Comfort*. New York: McGraw-Hill, 1972. 244 pp.
- Fanger, P. O. (1982). *Thermal Comfort, Analysis and Aplications in Environmental Engineering*. Robert E. Krieger Publishing Company. Malabar.
- Fanger, P.O. and Toftum, J. (2001) Thermal comfort in the future – Excellence and expectation. In : *Moving Thermal Comfort Standarts into the 21st Century*, Windsor, UK, Loughborough University. pp. 11- 18.
- Frick, Heinz. (1997). *Dasar-dasar Eko-Arsitektur*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hoppe, Peter. (2002). Different Aspects of Assessing of Indoor & Outdoor Thermal Comfort, *Journal: Energy and Buildings* 34, Elsevier Science. www.elsevier.com/locate/enbuild
- Humphreys, M. A and Nicol, J. F. (2001). The validaty of ISO-PMV for predicting comfort votes in every-day thermal environments. in : *Moving Thermal Comfort Standarts into the 21st Century*, Windsor, UK, Loughborough University, 2001, pp. 406-430.
- Humphreys, M. A and Nicol, J. F. (2002). Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings. *Journal: Energy and Buildings* 34, Elsevier Science. www.elsevier.com/locate/enbuild
- Karyono, Tri Harso. (1999). *Arsitektur: Kemapanan Pendidikan kenyamanan dan Penghematan Energi*. Catur Libra Optima.
- Karyono, Tri Harso. (1995). Thermal Comfort for the Indonesian workers in Jakarta. *Building Research and Information*. Vol. 23 (6).
- Khedari, J., Hirunlabh, J. and Bunnag, T. (1997). Experimental study of a Roof Solar Collector Toward the Natural Ventilation of New House. *Energy and Building*. 26: 159-165.
- Khedari, J., Boonsri, B. and Hirunlabh, J. (2000). Ventilation Impact of a Solar Chimney on Indoor Temperature Fluctuation and Air Change in a School Building. *Energy and Buildings*. 32: 89-93.
- Kurnianda, Yoga Citra. (2009). Optimalisasi Karakteristik Jendela Tanggap Iklim Tropis Lembab Pada Rumah Sederhana. *Kajian Penelitian tidak dipublikasikan*, Malang: Universitas Brawijaya.
- Lippsmeier, Georg. (1994). *Bangunan Tropis Edisi 2*. Jakarta: Erlangga.
- Mangunwijaya, Y.B. (1988). *Pengantar Fisika Bangunan*. Jakarta: Djambatan.
- Nicol, Fergus. (2000). *Cimate and Thermal Comfort in India dalam Climate Responsive Architecture, A Design Handbook for Energy Efficient Buildings*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Nugroho, A.M. Djunaedi A. (2002). Simulasi Kenyamanan Termal Pengaruh Besar Kecepatan Aliran Udara Terhadap Perpindahan Panas Tubuh Manusia dengan Program Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Teknik, Unibraw*.
- Nugroho, A.M. Hamdan A. (2007). The Preliminary Study of Thermal Comfort in Malaysia's Single Storey Terraced House *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*.
- Nugroho, A.M. (2008). The Modification of Opening Tropical Design Principle, 9th International Seminar on Sustainable Environmental Architecture. UTM, Malaysia.
- Nugroho, A. M. (2009). Selubung Pintar Bangunan sebagai Sistem Pendinginan dan Ventilasi Alami untuk Kenyamanan Termal Rumah

- Tinggal di Daerah Tropis. Malang : Universitas Brawijaya.
- Prianto, Eddy. (2002). Alternatif Disain Arsitektur Daerah Tropis Lembab Dengan Pendekatan Kenyamanan Termal. DIMENSI TEKNIK ARSITEKTUR, Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan - Universitas Kristen Petra, Vol. 30, No. 1, hlm 85 – 94.
<http://puslit.petra.ac.id/journals/architecture/>
- Satwiko, Prasasto. (2004). Fisika Bangunan L Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Soegijanto. (1998). Bangunan di Indonesia Dengan Iklim Lembab Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan. Jakarta: Depdikbud.
- Soegijanto. (1999). Bangunan di Indonesia dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau dari Aspek Fisika Bangunan. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi – Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Sugini. (2004). Pemaknaan Istilah-Istilah Kualitas Kenyamanan Termal Ruang Dalam Kaitan Dengan Variabel Iklim Ruang. LOGIKA, Jurusan Arsitektur FTSP Universitas Islam Indonesia, Vol. 1, No. 2.
- Szokolay S.V, et. al (1973), Manual of Tropical Housing and Building. Bombay: Orient Langman.
- Szokolay. (1979), Environment Science Handbook for Architects and Builders. Lancaster, London, New York: The Construction Press.
- (2011). Geografis Malang, (Online).
http://www.malangkota.go.id/mlg_halaman.php?id=1606076 (diakses tanggal 28 Juli 2013).
- (2006). Data Klimatologi Kota Malang Tahun 2006. Malang: Stasiun Klimatologi Karangploso Badan Meterologi dan Geofisika
- (2001). SNI 03-6572-2001: Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional