

Kenyamanan Termal dan Kinerja Ventilasi Alami pada Ruang Kuliah Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya

Pandu Praja Mukti Wardhana¹ dan Wasiska Iyati²

¹ Mahasiswa Program Sarjana Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

² Dosen Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Alamat Email penulis: pandu.praja11@gmail.com

ABSTRAK

Kenyamanan termal ruang dibutuhkan manusia untuk dapat menunjang aktivitas pada ruang. Faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal ruang kurang diperhatikan dan cenderung diselesaikan dengan penghawaan buatan. Ruang kuliah jurusan pengairan Universitas Brawijaya menggunakan penghawaan buatan sebagai penyelesaiannya, meskipun belum diketahui tingkat kenyamanan termal ruang dan tingkat kepuasan pengguna ruang. Identifikasi permasalahan menunjukkan jenis bukaan pada ruang tidak mampu memasukkan angin ke dalam ruang sehingga temperatur udara kering yang tinggi tidak dapat dikondisikan, sedangkan aspek ventilasi alami memiliki dampak yang besar bagi tingkat kenyamanan termal ruang. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah kuantitatif dengan penggunaan kuesioner untuk mengetahui aspek pengguna ruang dan didukung dengan simulasi digital untuk mengetahui peningkatan kinerja ventilasi alami. Hasil dari penelitian menunjukkan tingkat kenyamanan termal ruang dan tingkat kepuasan pengguna ruang masih dapat diakomodasi dengan kinerja ventilasi alami yang baik, yaitu dengan cara merekayasa bukaan ventilasi alami.

Kata kunci: kenyamanan termal, kepuasan pengguna, ventilasi alami, simulasi

ABSTRACT

Thermal comfort needed by humans to support activity in a room. Factors that affect the thermal comfort of the room are underestimated and tend to be resolved with artificial ventilation like air conditioner (AC). The lecture room of Brawijaya University Irrigation building uses artificial ventilation as its solution, although not yet known the level of thermal comfort and the level of satisfaction users. The result of observation indicates that the type of opening in the room are unable to directing wind into room so that high dry air temperature can't be conditioned, while the natural ventilation aspect has a great impact on thermal comfort level. The method used in this research is quantitative with the use of questionnaire to know the aspect of users and supported by digital simulation to know the improvement of natural ventilation performance. The results of the study indicate that the thermal comfort level of the room and the satisfaction users level can still be accommodated with good performance of natural ventilation, that's means by natural ventilation modification.

Keywords: Thermal comfort, users satisfaction, natural ventilation, simulation

1. Pendahuluan

Kajian termal bertujuan untuk memetakan rentang suhu atau zona nyaman terhadap kenyamanan pengguna bangunan. Secara termal manusia dinyatakan nyaman apabila tidak menghendaki perubahan suhu lebih panas atau dingin dalam ruangan tersebut. Suhu udara, suhu radiant, kecepatan angin, kelembaban udara mempengaruhi tingkat kenyamanan termal, selain dari jenis pakaian dan aktivitas pengguna ruang. Faktor – faktor yang mempengaruhi tingkat kenyamanan termal ruang kurang diperhatikan dalam membangun sebuah ruangan, dikarenakan kebanyakan hanya mempertimbangkan bentuk dan lahan yang tersedia serta penggunaan akan pengkondisian buatan.

Gedung jurusan Teknik Pengairan dioperasikan sebagai ruang kuliah dan administrasi, dari kondisi eksisting yang ada telah terpasang *air conditioner* unit pada ruang – ruangnya. Beberapa hal yang mendasari terpilihnya sebagai objek kajian adalah karena gedung ini merupakan bangunan baru yang menampung banyak pengguna yang beragam dan belum dilakukannya kajian terhadap termal ruang. Aspek lain yang mendasari yaitu adanya penggunaan *air conditioner* sebagai penyelesaian termal bangunan, padahal belum diketahui tingkat kenyamanan termal ruang dan kepuasan pengguna terhadap aspek kenyamanan termal ruang, akan lebih baik jika telah diketahui sehingga dapat memastikan apakah penyelesaian terhadap kenyamanan termal ruang harus menggunakan *air conditioner* atau dapat di rekayasa terkait ventilasi alami yang lebih baik, sehingga tidak menekankan penggunaan penghawaan buatan sebagai penyelesaian awal. Pada aspek fisik bangunan, rasio luas material kaca sebesar 55% dari luas dinding yang menghadap Timur dan Barat berpotensi memasukkan kalor kedalam ruangan, sedangkan jenis bukaan pada ruang kuliah tidak dapat menangkap angin yang berada pada tapak sehingga semakin mempengaruhi kinerja kenyamanan termal pada ruang.

Dengan demikian akan dilakukan kajian untuk mengetahui tingkat kenyamanan termal ruang, tingkat kepuasan pengguna ruang dan kinerja ventilasi alami beserta rekayasa bukaan yang dapat mengkondisikan tingkat kenyamanan dan kepuasan termal ruang kuliah jurusan Teknik Pengairan.

Berdasarkan SNI 03-6572, 2001 mengenai ventilasi dan pengkondisian udara gedung, kenyamanan termal orang Indonesia berada pada rentang 20,5°C – 27,1°C dalam satuan temperatur efektif (TE). Dalam menentukan orientasi bangunan pada daerah tropis, orientasi bangunan terhadap arah angin lebih diutamakan daripada orientasi terhadap radiasi matahari (Lippsmeier, 1980). Bukaan pada ruang berfungsi untuk mengalirkan udara di dalam ruangan dan mengurangi tingkat kelembaban yang tinggi, sedangkan desain bukaan *inlet* – *outlet* akan mempengaruhi pola aliran udara dan kecepatan udara pada ruang. Indeks kenyamanan termal dapat menjadi tolak ukur dalam mencari tingkat kenyamanan termal dan kepuasan pengguna ruang. Elemen bukaan pada bangunan terkait orientasi bukaan, posisi, rasio, tipe bukaan dan bentuk shading device dapat meningkatkan kinerja ventilasi alami pada ruang.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa metode, diantaranya adalah analisis deskriptif kuantitatif yang dipadukan dengan penggunaan kuesioner dan simulasi digital. Metode deskriptif digunakan untuk membuat deskripsi atau gambaran

yang faktual berdasarkan fakta dan hubungan antar variable yang diteliti, metode kuesioner digunakan untuk mendapatkan data – data objektif ruang dan data subjektif pengguna ruang, sedangkan metode simulasi digital digunakan untuk mengetahui jenis rekayasa bukaan ventilasi alami terbaik yang dapat diterapkan pada ruang kuliah objek.

Dalam proses penelitian ini tahapan yang dilakukan dimulai dari identifikasi permasalahan pada lokasi dan objek penelitian, setelah itu menentukan variabel – variabel yang diteliti sesuai dengan perumusan masalah. Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data yang dilakukan dengan cara observasi / pengukuran lapangan dan pemberian kuesioner. Data – data primer berupa fisik maupun subjektif serta data sekunder yang telah didapatkan dianalisis menggunakan perhitungan rumus dan kalkulator digital. Setelah analisis dilakukan kemudian di evaluasi dan dihasilkan alternatif desain yang mampu mengatasi permasalahan pada ruang kuliah penelitian, masing – masing alternatif desain di simulasi dengan software Autodesk Flow Design untuk mengetahui kinerja alternatif yang terbaik sesuai kondisi dan peraturan yang berlaku serta seberapa besar pengaruhnya terhadap kenyamanan termal ruang, kepuasan pengguna ruang dan kinerja ventilasi alami pada ruang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Data

3.1.1 Analisa Situasi

Kondisi lingkungan sekitar bangunan gedung kuliah pengairan pada sebelah utara berbatasan dengan gedung administrasi dengan ketinggian dua lantai. Dikarenakan ruang yang dilakukan pengukuran berada diatas ketinggian gedung administrasi, maka pantulan dari radiasi matahari berdampak pada pengukuran termal yang dilakukan. Kondisi lingkungan sekitar gedung pada sisi selatan lebih teduh karena terdapat pepohonan yang rindang dan tinggi, sehingga mengurangi tingkat radiasi matahari terhadap ruangan, baik secara langsung maupun *refleksi*.

Pembayang radiasi matahari pada ruang – ruang yang diteliti dinilai sudah cukup baik, hal ini didukung oleh kondisi eksisting sinar matahari yang terbayangi diatas pukul 10.00. Ruang kelas 4 (lantai 2 & 4) dapat terbayangi sepanjang hari, sedangkan pada ruang kelas 2 (lantai 2& 4) sinar matahari masih dapat masuk hingga pukul 10.45.

3.1.2 Kondisi ruang

Terdapat empat ruangan yang dilakukan pengukuran temperatur udara, kelembaban udara dan kecepatan angin. Kondisi dari keempat ruangan tersebut hampir sama, hanya terdapat perbedaan pada orientasi, posisi lantai serta perabot di dalam ruangan. Penempatan ventilasi / bukaan udara pada ke empat ruangan sesuai dengan kaidah perancangan sistem ventilasi alami yang baik, yakni posisi bukaan terdapat pada sisi yang berlawanan dengan elevasi berbeda.



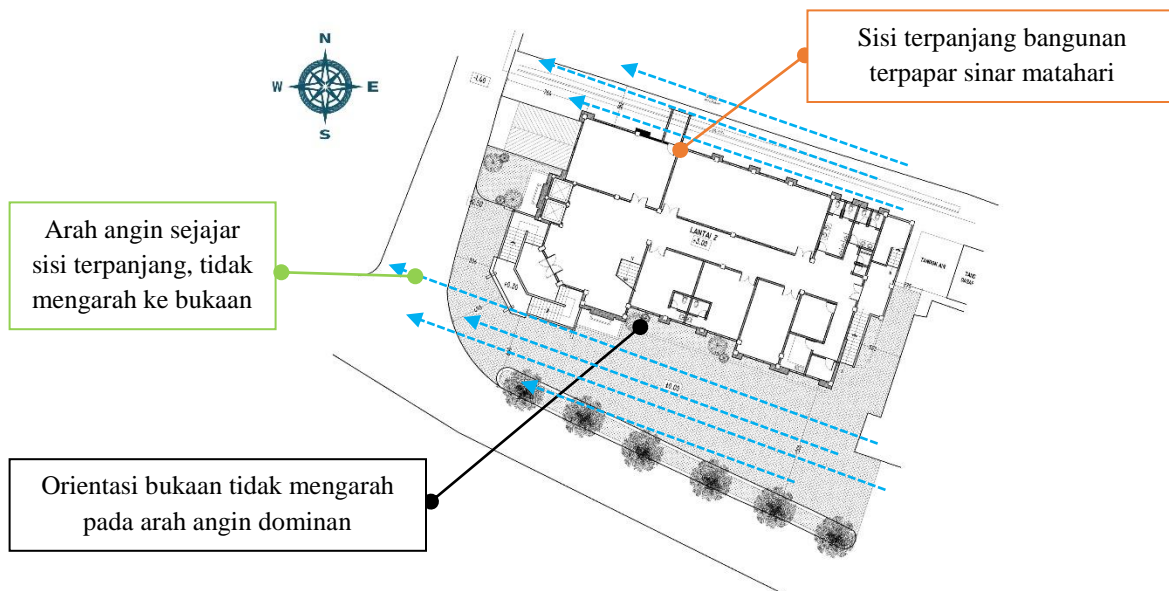
Gambar 1. Tipe bukaan ventilasi pada ruang kuliah

Dari hasil pengukuran yang didapatkan, perbandingan luas *inlet* dan *outlet* pada ruangan adalah $4,1778 \text{ m}^2 : 0,8576 \text{ m}^2$ ($inlet > outlet$), standar bukaan minimal ventilasi alami pada ruangan telah terpenuhi yaitu minimal 5% ($2,1 \text{ m}^2$). Perbedaan yang cukup signifikan antara luas *inlet* dan *outlet* dapat memberikan pengaruh terhadap kinerja termal di dalam ruangan. Terkait luas *inlet* dan *outlet* Lechner (2015), keduanya harus memiliki luasan yang sama atau setidaknya luasan *inlet* lebih kecil dibandingkan *outlet* agar dapat meningkatkan aliran udara di dalam ruangan.

3.2 Evaluasi Kinerja Termal Eksisting

3.2.1 Desain bangunan

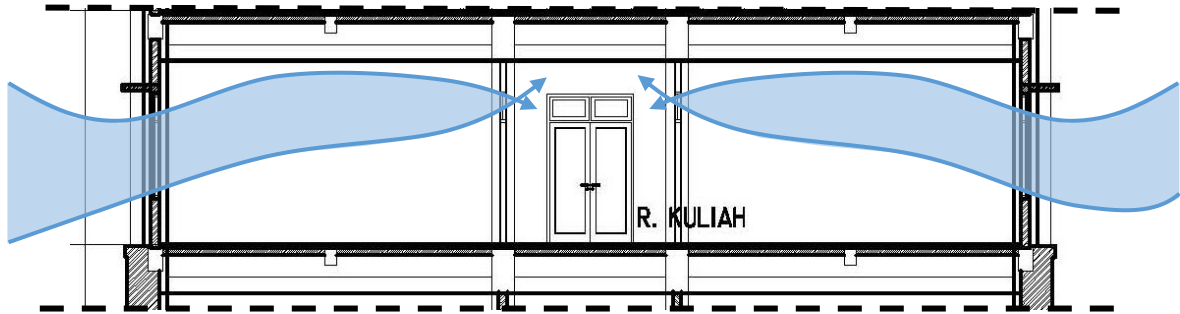
Kondisi bangunan eksisting tidak melintang terhadap arah angin dominan yang berada pada tapak, sehingga dibutuhkan rekayasa terhadap bentuk bukaan atau fasad bangunan untuk dapat menangkap / membelokkan arah angin. Desain massa bangunan eksisting yang belum tanggap terhadap radiasi matahari dan arah angin tersebut mempengaruhi kenyamanan termal ruang yang ada pada bangunan.



Gambar 2. Desain bangunan eksisting terhadap radiasi matahari dan arah angin

3.2.2 Bukaannya dan shading device

Bukaan pada ruang – ruang kuliah yang ada pada gedung A Teknik Pengairan merupakan tipe bukaan pada dua dinding yang berlawanan sehingga, dapat terjadi pergerakan udara silang (*cross ventilation*) pada ruang. Pada bukaan *inlet* terdapat *shading devices* berupa panel horizontal dak beton sepanjang 60 cm.



Gambar 3. Aliran udara terhadap bukaan dan shading eksisting berdasarkan literatur

3.2.3 Indeks kenyamanan termal

Melalui hasil pengukuran dan analisis yang dilakukan terkait aspek yang diteliti pada setiap ruang kelas, dilakukan komparasi untuk mengetahui perbedaan maupun permasalahan yang terdapat pada masing – masing ruangan untuk dapat diberikan solusi terkait permasalahan yang terjadi.

Tabel 1. Indeks kenyamanan termal ruang terhadap standar kenyamanan

Variabel	Ruang kelas 2 (lantai 2)	Ruang kelas 4 (lantai 2)	Ruang kelas 2 (lantai 4)	Ruang kelas 4 (lantai 4)	Standar Kenyamanan
Temperatur udara	27,29°C	27,27°C	28,29°C	27,58°C	25 – 26,9°C
Temperatur efektif	32,5 °C	31 °C	32,6 °C	31,2 °C	20,5 – 27,1 °C
Kelembaban udara relatif	91,27%	90,64%	91,36%	90,55%	40% – 60%
Kecepatan aliran udara	0,04 m/s	0,05 m/s	0,05 m/s	0,05 m/s	0,15–0,25 m/s
PMV	1,23	1,21	1,56	1,32	-0,5 <PMV< 0,5
PPD	37%	36%	54%	41%	PPD < 10%

Mayoritas pengguna ruang tidak puas dengan kondisi termal saat ini dan menginginkan perubahan sensasi termal ke *range* lebih dingin / rendah. Hal ini berkaitan dengan kondisi pengguna secara langsung baik usia, luas tubuh, jenis kelamin, aktivitas serta pakaian yang digunakan.

Tabel 2. Respon pengguna ruang

	Variabel	Tingkat Kenyamanan					Keterangan	
		-2	-1	0	1	2	Rata - rata	Termal yang diharapkan
Ruang kelas 2 (lantai 2)	Sensasi termal				●		46%	Mayoritas pengguna ruang menginginkan perubahan termal yang lebih rendah. > 68% menginginkan perubahan termal.
	Temperatur udara			●			68%	
	Kelembaban udara			●			72%	
	Kecepatan angin			●			82%	
	Radiasi matahari			●			36%	
Ruang kelas 4 (lantai 2)	Sensasi termal				●		45%	Mayoritas pengguna ruang menginginkan perubahan termal menjadi lebih rendah. 71% pengguna menginginkan perubahan termal.
	Temperatur udara			●			70%	
	Kelembaban udara			●			65%	
	Kecepatan angin			●			80%	
	Radiasi matahari			●			55%	
Ruang kelas 2 (lantai 4)	Sensasi termal					●	47%	Mayoritas pengguna ruang menginginkan perubahan termal ke arah yang lebih rendah. > 75% pengguna menginginkan perubahan.
	Temperatur udara			●			35%	
	Kelembaban udara			●			72%	
	Kecepatan angin			●			100%	
	Radiasi matahari			●			47%	

3.3 Kinerja Ventilasi Alami dan Rekayasa Bukaan

Berdasarkan evaluasi terhadap kinerja termal eksisting belum terdapat aspek yang sesuai dengan standar kenyamanan, namun dari semua aspek yang ada kecepatan aliran udara dalam ruang dinilai mampu dioptimalkan dikarenakan kecepatan aliran udara ruang luar cukup tinggi. Hal ini tentunya membutuhkan kinerja ventilasi alami yang baik pada ruang kelas. Tipe bukaan yang digunakan kurang sesuai terhadap kondisi aliran udara yang berada di sekitar bangunan sehingga dibutuhkan adanya rekayasa bukaan ventilasi alami untuk meningkatkan aliran dan kecepatan udara yang juga berpengaruh terhadap kenyamanan termal ruang kuliah.

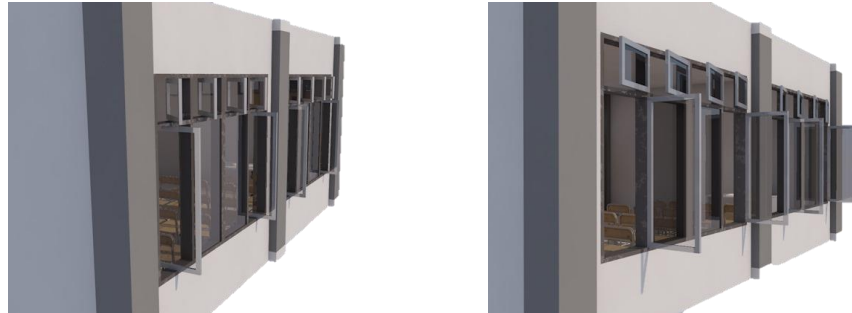
3.3.1 Aliran udara

Disekitar gedung pengairan terdapat bangunan tinggi yaitu gedung dekanat dan gedung teknik industri, serta bangunan laboratorium setinggi 2 lantai. Arah angin dominan bergerak dari arah timur – tenggara (BMKG Malang, 2017) sehingga angin di sekitar lingkungan tapak bergerak sejajar dengan sisi terpanjang gedung, dibutuhkan rekayasa bukaan ventilasi alami untuk memasukkan udara ke dalam ruangan.

3.3.2 Jenis bukaan

Salah satu faktor yang mengakibatkan rendahnya kecepatan aliran udara di dalam ruangan dikarenakan tidak adanya aliran udara dari luar yang masuk ke dalam ruangan

melalui bukaan eksisting. Arah angin dominan di sekitar tapak bergerak dari arah timur-tenggara sehingga orientasi bukaan tidak menghadap arah datang angin. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka digunakan jenis bukaan yang dapat membelokkan arah angin ke dalam ruangan. Jenis bukaan yang sesuai dengan kondisi tersebut adalah jendela *casement side-hung* dan jendela *vertical pivot*, kedua jenis bukaan ini memiliki daun pintu vertikal yang dapat berfungsi menghalau laju angin di tapak. Dengan cara ini, arah angin dapat dibelokkan dan memberikan aliran udara yang baik pada ruangan serta meningkatkan kecepatan aliran udara ruang yang rendah.

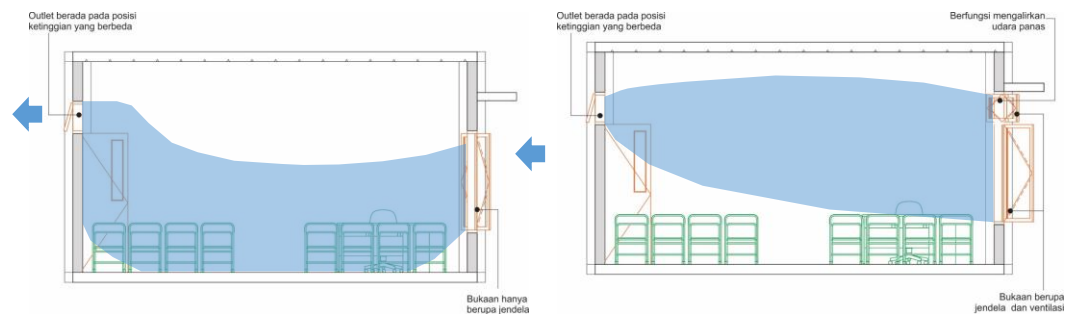


Gambar 5. Alternatif jenis bukaan vertikal pivot (kiri) dan casement side hung (kanan)

3.3.3 Posisi bukaan

Posisi bukaan yang digunakan pada ruang akan mempengaruhi aliran udara di dalam ruangan. Posisi bukaan pada kedua sisi yang berlawanan dibutuhkan agar terjadinya ventilasi silang. Ketinggian aktivitas pengguna ruang $\pm 60\text{cm} - 80\text{cm}$ (aktivitas duduk) dan $100\text{cm} - 150\text{cm}$ (aktivitas berdiri). Posisi bukaan yang baik agar dapat memenuhi kebutuhan aktivitas tersebut adalah posisi bukaan yang saling bersilangan (pada sisi dan ketinggian yang berbeda) sehingga terbentuk aliran udara yang menjangkau area dalam dengan posisi *outlet* berada diatas ketinggian aktivitas pengguna ruang.

Alternatif elevasi *inlet* yang berada di tengah akan menghasilkan tekanan udara ke bawah ruangan dengan area cakupan yang luas. Perbedaan elevasi antara *inlet* dan *outlet* akan mengakibatkan aliran udara bergerak menyilang dari sudut bawah ke sudut atas. Alternatif yang lain adalah posisi bukaan *inlet* pada ruangan berada di atas dan tengah sedangkan bukaan *outlet* berada di atas. Secara teori bukaan/ventilasi atas dapat mengalirkan udara panas di dalam ruangan langsung menuju *outlet* sehingga tidak tercampur dengan udara segar yang baru masuk.

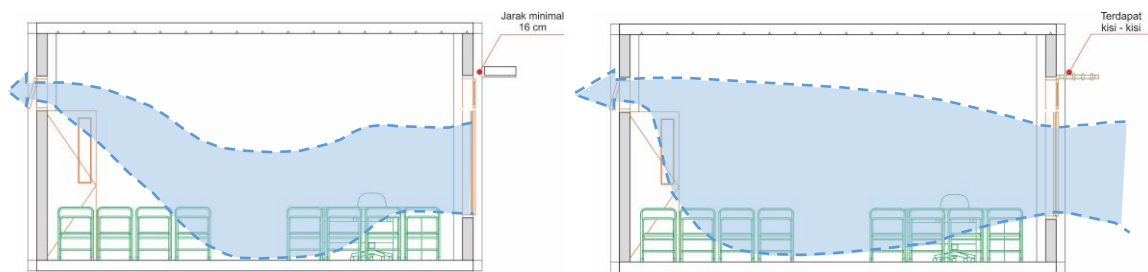


Gambar 6. Alternatif posisi bukaan atas (kiri) dan atastengah (kanan) terhadap aliran udara

3.3.4 Pembayang matahari

Jenis pembayang matahari pada ruang-ruang yang diteliti merupakan pembayang matahari berjenis *overhang horizontal panel*. Pembayang matahari eksisting merupakan dak beton sepanjang 60 cm dengan posisi yang tepat berada di atas bukaan (*transom*). Penggunaan pembayang berjenis *overhang horizontal panel* mengakibatkan aliran udara menjadi naik ke langit-langit dan tidak menjangkau area aktivitas pengguna ruang. Aliran udara yang baik pada ruang demi terciptanya ventilasi yang nyaman bagi pengguna ruang adalah aliran udara yang dapat mengakomodir kebutuhan pengguna di dalam ruang tersebut. Pada objek ruang kelas maka aliran udara sebaiknya mengenai pengguna dalam kondisi duduk maupun berdiri. Untuk memenuhi kondisi aliran udara terhadap area aktivitas pengguna ruang, maka dibutuhkan jenis pembayang matahari yang dapat menghasilkan aliran udara yang menjangkau ruang dalam lebih luas.

Alternatif pembayang yang direkomendasikan adalah pemberian jarak antara kanopi dan dinding minimal 16cm agar dapat memebrikan tekanan udara kebawah pada ruangan. Selain pemberian jarak pada kanopi, penggunaan pembayang matahari berjenis *louvers* dapat memberikan aliran udara yang lebih luas pada ruangan.



Gambar 7. Alternatif jenis pembayang matahari dengan jarak (kiri) dan *louvers* (kanan) terhadap aliran udara ruang

3.4 Simulasi Angin

Untuk menunjang rekayasa bukaan ventilasi alami sebagai desain pasif pengendalian termal, maka dilakukan kombinasi antara alternatif (variabel bebas) posisi bukaan, jenis bukaan dan jenis pembayang matahari terhadap (variabel terikat) kecepatan aliran udara di dalam ruangan. Kombinasi yang dihasilkan terdapat 8 tipe sebagai berikut:

- A. Kombinasi tipe 1
(*casement side hung*; posisi bukaan di tengah; celah pada kanopi)
- B. Kombinasi tipe 2
(*casement side hung*; posisi bukaan di tengah; pembayang *louvers*)
- C. Kombinasi tipe 3
(*casement side hung*; posisi bukaan di atas dan tengah; celah pada kanopi)
- D. Kombinasi tipe 4
(*casement side hung*; posisi bukaan di atas dan tengah; pembayang *louvers*)
- E. Kombinasi tipe 5
(*vertical pivot*; posisi bukaan di tengah; celah pada kanopi)
- F. Kombinasi tipe 6
(*vertical pivot*; posisi bukaan di tengah; pembayang *louvers*)
- G. Kombinasi tipe 7

(*vertical pivot*; posisi bukaan di atas dan tengah; celah pada kanopi)

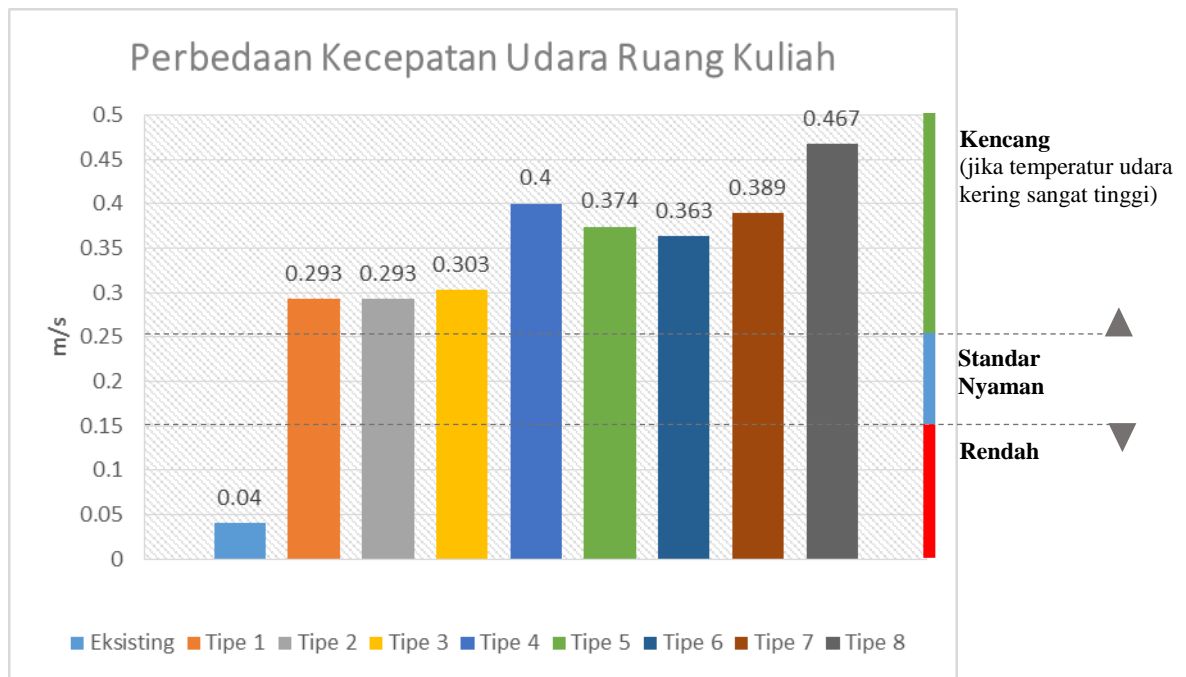
H. Kombinasi tipe 8

(*vertical pivot*; posisi bukaan di atas dan tengah; pembayang *louvers*)

Hasil simulasi aliran udara pada ruangan dari semua tipe kombinasi ventilasi alami memiliki jenis pergerakan dan akupan udara yang hampir sama, yaitu sama-sama menjangkau area ruang dalam yang luas dan ketinggian aliran udara dapat mengakomodasi aktivitas (sedentari) pengguna ruang pada zona ketinggian 60cm – 150cm. Perbedaan hanya terjadi pada kecepatan aliran udara di dalam ruang.

3.4.1 Perbandingan kinerja alternatif desain

Untuk mengetahui kombinasi bukaan dan pembayang matahari yang efektif terhadap kebutuhan kecepatan aliran udara ruang, masing – masing tipe kombinasi dibandingkan berdasarkan tingkat efektivitas terhadap kecepatan aliran udara yang dihasilkan.



Gambar 8. Grafik peningkatan kecepatan udara masing-masing kombinasi

Kecepatan aliran udara ruang dalam pada masing – masing tipe kombinasi berada di atas 0,2 m/s. Berdasarkan perbandingan grafik tersebut diketahui bahwa faktor yang mendukung tingginya kecepatan aliran udara pada ruang adalah penggunaan pembayang matahari berjenis *louvers*, selain itu posisi bukaan pada bagian atas dan tengah menghasilkan kecepatan udara yang lebih tinggi dibandingkan posisi bukaan yang hanya berada di tengah.

3.5 Rekomendasi Desain

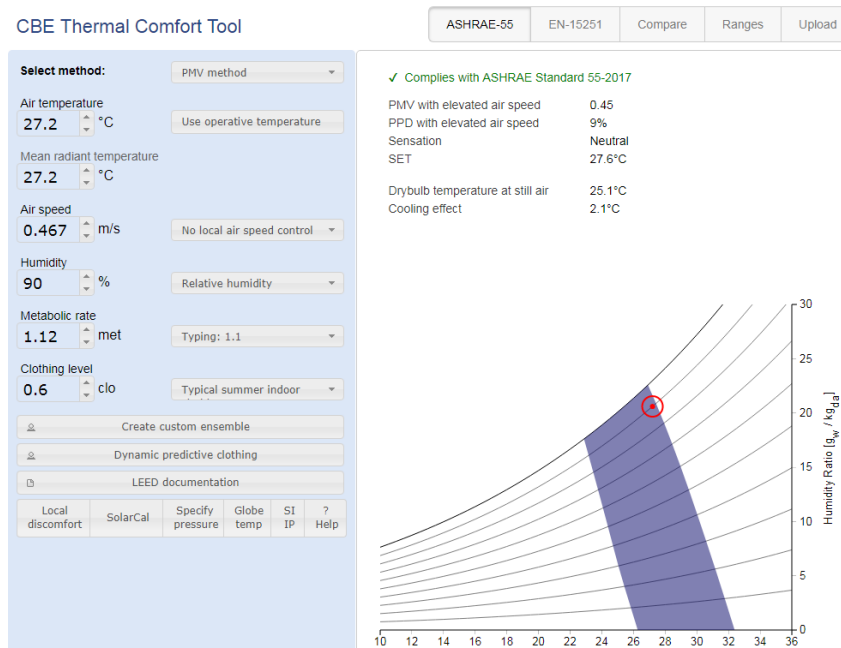
Berdasarkan grafik perbandingan kinerja alternatif desain masing – masing tipe kombinasi terhadap bukaan dan pembayang eksisting, didapatkan adanya peningkatan kecepatan angin > 0,2 m/s. Kombinasi bukaan dan pembayang matahari yang menghasilkan kecepatan angin tertinggi pada ruang dalam adalah kombinasi tipe 8 (jenis bukaan *vertical pivot*; posisi bukaan berada di atas dan tengah; pembayang matahari berjenis *louvers*).

Tabel 3. Desain eksisting dan rekomendasi

Eksisting	Rekomendasi
	
<p>Jenis bukaan eksisting adalah <i>casement top-hung</i> dengan posisi bukaan berada pada bagian atas dan tengah dinding.</p>	<p>Perubahan jenis bukaan menjadi <i>vertical pivot</i> dengan dimensi dan posisi bukaan sama seperti kondisi eksisting.</p>
	
<p>Jenis pembayang matahari eksisting berupa panel horizontal (dak beton)</p>	<p>Jenis pembayang matahari yang direkomendasikan berupa panel <i>louvers</i>.</p>
	
<p>Fasad bangunan eksisting sisi selatan</p>	<p>Visualisasi rekayasa fasad bangunan sisi selatan</p>

3.4.1 Pengaruh rekomendasi terhadap kenyamanan termal dan kinerja ventilasi alami

Berdasarkan rekayasa bukaan ventilasi alami yang telah dilakukan, kombinasi jenis bukaan *vertical pivot*; posisi bukaan berada di atas dan tengah; pembayang matahari berjenis *louvers*, dapat memberikan peningkatan terhadap kinerja ventilasi alami yang lebih baik pada ruang kelas yaitu dapat mengalirkan udara ruang luar ke dalam ruang dan meningkatkan kecepatan aliran udara ruang hingga 0,467 m/s. Peningkatan kecepatan aliran udara pada ruang kuliah ini juga mampu mengkondisikan Temperatur Efektif sesuai standar SNI dan mengubah kenyamanan termal ruang menjadi berada pada batas nyaman serta menurunkan tingkat ketidakpuasan pengguna ruang.



Gambar 9. Temperatur efektif setelah rekomendasi desain

Hasil rekomendasi desain didapatkan nilai temperatur efektif yang sesuai dengan standar serta nilai PMV < 0,5 yang menandakan ruangan cukup nyaman dan nilai PPD < 10% yang berarti hanya 9% dari pengguna ruang yang menginginkan perubahan kondisi ruang dari yang sebelumnya mayoritas pengguna menginginkan perubahan kondisi termal ruang

4. Kesimpulan

Kenyamanan termal pada ruang kuliah gedung Jurusan Pengairan dapat dicapai walaupun tanpa penggunaan penghawaan buatan, yaitu dengan meningkatkan kinerja ventilasi alami pada ruang melalui rekayasa bukaan. Kenyamanan termal dan kinerja ventilasi alami pada ruang sama – sama membutuhkan pergerakan dan kecepatan aliran udara, yang pada kondisi eksisting sangat rendah bahkan tidak terjadi pada jam – jam tertentu. Hasil dari rekayasa bukaan ventilasi alami mampu mengalirkan dan meningkatkan kecepatan aliran udara di dalam ruang untuk menunjang kinerja ventilasi alami yang baik

pada ruangan serta mengkompensasi temperatur udara kering ruang kelas yang cukup tinggi dan dapat menurunkan temperatur efektif ruangan yang awalnya $\geq 31^{\circ}\text{C}$ TE menjadi $27,6^{\circ}\text{C}$ TE, sesuai dengan ketetapan hangat nyaman ambang atas SNI 03-6572-2001. Selain itu tingkat kenyamanan termal dapat mencapai ambang nyaman dan tingkat kepuasan pengguna ruang sangat tinggi.

Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. 2001. SNI 03-6572. *Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung*. BSN: Jakarta.
- Lechner, N. 2015. *Heating, Cooling, Lighting, Sustainable Methods for Architects*. John Wiley & Sons, Inc: Hoboken, New Jersey.
- Lippsmeier, G. 1997. *Bangunan Tropis*. Erlangga: Jakarta.