

ANALISIS EFEKTIVITAS PENGHAWAAN ALAMI PADA RUMAH SUSUN (HUNIAN) (STUDI KASUS: RUMAH SUSUN KAYU PUTIH)

Sanggam B Sihombing, ST., MT

Arsitektur, Institut Sains dan Teknologi TD. Pardede, Medan
Jl. DR. TD. Pardede No. 8, Medan 20153, Indonesia

sihombing.sanggams@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian yang diteliti adalah mengenai penghawaan alami pada salah satu rumah susun (hunian) di kota Medan daerah Medan Deli, yaitu Rumah Susun Kayu Putih. Penghawaan merupakan proses pertukaran udara di dalam bangunan melalui bantuan elemen-elemen bangunan yang terbuka. Penghawaan di rumah susun dapat direncanakan di berbagai sisi bangunan dan berbagai metode yang dapat diterapkan pada bangunan rumah susun agar bisa mencapai kenyamanan yang diinginkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis apakah penghawaan pada rumah susun kayu putih sudah memenuhi standar. Sekaligus untuk mengetahui penghawaan secara arsitektural terhadap rumah susun kayu putih. Metode penelitian menggunakan metode kualitatif deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Rusunawa Kayu Putih memiliki jendela yang tidak dapat berfungsi dengan baik, dan memiliki ukuran yang tidak sesuai dengan standar. Rusunawa Kayu Putih memiliki bukaan dan void yang berfungsi dengan baik, namun void ini tidak tertutup dan menyebabkan air hujan dapat masuk ke dalam bangunan.

Kata kunci: efektivitas, penghawaan alami, rusunawa kayu putih

ABSTRACT

The research under study is about natural ventilation in one of the flats (residential) in the city of Medan, Medan Deli, namely the Kayu Putih Flats. Ventilation is the process of exchanging air in the building through the help of open building elements. Ventilation in flats can be planned on various sides of the building and various methods can be applied to apartment buildings in order to achieve the desired comfort. The purpose of this research is to analyze whether the ventilation in Kayu Putih Flats meets the standards. As well as to see the architectural ventilation of Kayu Putih Flats. The research method uses descriptive qualitative methods. The results showed that Kayu Putih Flats had windows that were not functioning properly, and had sizes that were not in accordance with the standard. Kayu Putih Flats has openings and voids that function properly, but these voids are not closed and cause rainwater to enter the building.

Key words: effectiveness, natural ventilation, kayu putih flats

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penghawaan dapat disalurkan melalui bukaan, ventilasi, jendela, dan sebagainya. Penghawaan bisa membuat suasana di dalam sebuah ruangan merasakan kesejukan yang dihasilkan oleh penghawaan melalui bukaan tersebut. Penghawaan sangat dibutuhkan di berbagai tempat seperti kafe, kantor, sekolah, rumah susun, tempat tinggal, rumah sakit, dan bangunan publik lainnya.

Penghawaan di rumah susun dapat direncanakan di berbagai sisi bangunan dan berbagai metode yang dapat diterapkan pada bangunan rumah susun agar bisa mencapai kenyamanan yang diinginkan.

Warga yang tinggal di rumah susun kayu putih terdiri dari berbagai usia dari kecil hingga dewasa. Namun, mayoritas penghuni rumah susun merupakan masyarakat pendatang yang berasal dari luar kota

Medan. Penghawaan ruangan yang tepat akan membuat seluruh penghuni merasa nyaman.

Analisis penghawaan rumah susun kayu putih ini menggunakan metode kualitatif. Dikarenakan adanya kendala pada masa pandemi Covid saat ini, analisis akan dilakukan dengan batasan cara observasi dan studi kasus.

Alasan pengambilan rumah susun kayu putih untuk dianalisis adalah karena melihat rumah susun ini tidak memenuhi kriteria penghawaan alami, sehingga kelompok peneliti meneliti penghawaan alami yg dibuat oleh perencana rumah susun kayu putih tersebut, apakah sudah memenuhi atau ada faktor yang menutupi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, peneliti mengidentifikasi beberapa permasalahan yang dihadapi:

1. Bagaimana ke-efektifan penghawaan pada rumah susun kayu putih?
2. Bagaimana perencanaan sistem penghawaan yang baik terhadap rumah susun kayu putih?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian adalah:

1. Menganalisis apakah penghawaan pada rumah susun kayu putih sudah memenuhi standar.
2. Mengetahui penghawaan secara arsitektural terhadap rumah susun kayu putih.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Metode Penelitian

Metode pengumpulan data merupakan salah satu aspek yang berperan dalam kelancaran dan keberhasilan dalam suatu penelitian. Dalam penelitian ini metode ini pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan
Dalam penelitian ini penulis ini menggunakan beberapa cara termasuk diantara ini adalah pengamatan langsung pada lokasi yang di tuju dan mengamati langsung menggunakan foto dan sketsa lapangan.
2. Studi Literatur
Dalam hal ini penulis menggunakan beberapa media pembantu dalam penelitian ini berupa data dari buku-buku dan internet.
3. Studi Wawancara
Dalam hal ini penulis menggunakan cara tanya jawab langsung di lapangan guna mengumpulkan data dengan bantuan dari teman seprofesi.
4. Analisa
Langkah-langkah dalam proses penelitian menuju hasil akhir berupa kajian data-data yang diamati.

2.2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Data Primer, yakni data yang diperoleh peneliti secara langsung dari sumbernya. Data primer dalam penelitian ini adalah data hasil dari wawancara pada responden dan hasil pengamatan secara langsung.
2. Data Sekunder, yakni buku-buku pendukung, dokumen dan sumber referensi lainnya yang relevan dengan penelitian di mana peneliti dapat memperoleh data secara tidak langsung dari sumbernya. Kemudian dari hasil wawancara yang dilakukan di lapangan.

2.3. Metode Analisis Data

Pada penelitian ini, kelompok peneliti menggunakan metode kualitatif deskriptif. Jenis penelitian kualitatif deskriptif merupakan metode menafsirkan dan menguraikan data yang ada bersamaan dengan situasi yang sedang terjadi. Penelitian ini juga mengungkapkan pertentangan, hubungan, serta pandangan yang terjadi pada lingkup bukaan.

Penelitian tentang “Analisis Efektivitas Penghawaan Alami pada Rumah Susun (Hunian)” relevan dengan menggunakan penelitian kualitatif karena memenuhi karakteristik penelitian kualitatif, terutama dalam hal pengungkapan data secara mendalam melalui observasi dan kajian dokumen terhadap situasi pada tempat yang telah ditentukan, bagaimana penghawaan pada Rumah Susun Kayu Putih.

2.4. Kendala Penelitian

Penelitian mengalami kendala dalam hal survey dan wawancara secara langsung karena adanya wabah pandemi covid 19 sehingga data yang dikumpulkan hanya melalui media online dan internet.

3. PEMBAHASAN

3.1. Objek Penelitian

Lokasi penelitian ini terdapat pada (Gambar 1):

Lokasi Penelitian : Rumah susun
Jl. Kayu Putih,
Tj. Mulia Hilir
Kecamatan : Medan Deli
Kota : Medan



Gambar 1. Site Rumah susun Jl. Kayu Putih, Tj. Mulia Hilir

Bangunan Rusunawa Kayu Putih ini terletak sejajar dengan arah mata angin Utara, sehingga penghawaan alami atau angin yang datang dari arah Tenggara ke Barat Laut ataupun sebaliknya dapat diterima dengan maksimal.

3.2. Efektivitas

Efektivitas terdapat berbagai pendapat, efektivitas adalah sesuatu yang memiliki pengaruh atau akibat yang ditimbulkan, manjur, membawa hasil dan

merupakan keberhasilan dari suatu usaha atau tindakan dalam hal ini efektivitas dapat dilihat dari tercapai tidaknya suatu tujuan instruksional khusus yang telah dicanangkan (Alwi, 2002: 219).

Efektivitas merupakan hubungan antara output dengan tujuan, semakin besar kontribusi (sumbangan) output terhadap pencapaian tujuan, maka semakin efektif organisasi, program atau kegiatan (Mahmudi, 2005: 92).

Memperhatikan pendapat dari para ahli diatas bahwa konsep efektivitas merupakan suatu konsep yang bersifat multi dimensional, artinya dalam mendefinisikan efektivitas berbeda-beda sesuai dengan dasar ilmu yang dimiliki walaupun tujuan akhir dari efektivitas adalah pencapaian tujuan.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa efektivitas adalah kemampuan atau keberhasilan organisasi, program atau kebijakan dalam menjalankan tugas dan fungsinya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

Efektivitas erat kaitanya dengan sebuah organisasi. Organisasi dalam mencapai tujuannya berdasarkan kepada fungsi-fungsi atau program yang telah ditentukan. Program tersebut dapat dikatakan berhasil apabila telah sesuai dengan visi dan misi dari organisasi. Maka ukuran atau kriteria efektivitas yang merupakan suatu standar akan terpenuhinya mengenai sasaran dan tujuan yang akan dicapai serta menunjukkan pada tingkatan sejauh mana sebuah organisasi, program, kegiatan melaksanakan fungsi-fungsinya secara optimal. Sehingga untuk menentukan kriteria efektivitas pengelolaan Rusunawa Kayu Putih dapat dilihat dari ruang lingkup pengelolaan rusunawa.

Tingkat efektifitas dapat dihitung menggunakan rumus efektivitas sebagai berikut (Subagyo, 2000 dalam Marchat, 2011):

$$\text{Efektivitas} = \frac{R}{T} \times 100\%$$

Keterangan: R = Realisasi; T = Target

Skor yang diperoleh akan dikonversikan melalui standar ukuran efektifitas menurut Litbang Depdagri untuk melihat tingkat pencapaian efektivitas, sebagai berikut (tabel 1):

Tabel 1 Standar Ukuran Efektivitas

Rasio Efektivitas	Tingkat Capaian
Dibawah 40%	Sangat tidak efektif
40% - 59,9%	Tidak efektif
60% - 79,9%	Cukup efektif
Diatas 79,99%	Sangat efektif

Sumber: Litbang Depdagri (1991) dalam Marchat (2011)

3.3. Penghawaan Alami

Kenyamanan termal merupakan suatu kondisi dari pikiran manusia yang menunjukkan kepuasan dengan lingkungan termal (Nugroho, 2011). Kenyamanan termal merupakan suatu keadaan yang berhubungan dengan alam yang dapat mempengaruhi manusia dan dapat dikendalikan oleh arsitektur (Snyder, 1989). Sementara itu, menurut McIntyre (1980), manusia dikatakan nyaman secara termal ketika ia tidak merasa perlu untuk meningkatkan ataupun menurunkan suhu dalam ruangan.

Kenyamanan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni temperatur udara, pergerakan angin, kelembaban udara, radiasi, faktor subjektif, seperti metabolisme, pakaian, makanan dan minuman, bentuk tubuh, serta usia dan jenis kelamin (Auliciems dan Szokolay, 2007). Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yaitu, temperatur udara, temperatur radiant, kelembaban udara, kecepatan angin, insulasi pakaian, serta aktivitas. Faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal yaitu :

a. Temperatur Udara

Temperatur udara merupakan salah satu faktor yang paling dominan dalam menentukan kenyamanan termal. Satuan yang digunakan untuk temperatur udara adalah Celcius, Fahrenheit, Reamur, dan Kelvin. Manusia dikatakan nyaman apabila suhu tubuhnya sekitar 37%. Temperatur udara antara suatu daerah dengan daerah lainnya sangat berbeda. Hal ini disebabkan adanya beberapa faktor seperti sudut datangnya sinar matahari, ketinggian suatu tempat, arah angin, arus laut, awan, lamanya penyinaran.

b. Temperatur Radiant

Temperatur radiant adalah panas yang berasal dari radiasi objek yang mengeluarkan panas, salah satunya yaitu radiasi matahari.

c. Kelembaban Udara

Kelembaban udara merupakan kandungan uap air yang ada di dalam udara, sedangkan kelembaban relatif adalah rasio antara jumlah uap air di udara dengan jumlah maksimum uap air dapat ditampung di udara pada temperatur tertentu. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelembaban udara, yakni radiasi matahari, tekanan udara, ketinggian tempat, angin, kerapatan udara, serta suhu.

d. Kecepatan Angin

Kecepatan angin adalah kecepatan aliran udara yang bergerak secara mendatar atau horizontal pada ketinggian dua meter di atas tanah. Kecepatan angin dipengaruhi oleh karakteristik permukaan yang dilaluinya. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan angin antara lain berupa gradien barometris, lokasi, tinggi lokasi, dan waktu.

Batas kenyamanan untuk kondisi khatulistiwa berkisar antara 19°C TE-26°C TE dengan pembagian berikut:

1. Suhu 26°C TE: umumnya penghuni sudah mulai berkeringat;
2. Suhu 26°C TE – 30°C TE: daya tahan dan kemampuan kerja penghuni mulai menurun;
3. Suhu 30,5°C TE – 35,5 °C TE: kondisi lingkungan mulai sukar; dan
4. Suhu 35°C TE – 36°C TE: kondisi lingkungan tidak memungkinkan lagi (Lippsmeier, 1997).

Temperatur dalam ruangan yang sehat berdasarkan MENKES NO.261/MENKES/SK/II/1998 adalah temperatur ruangan yang berkisar antara 18°C - 26°C. Selain itu, berdasarkan standar yang ditetapkan oleh SNI 03-6572-2001.

3.4. Bukaan

Menurut Handayani, T, (2010), bukaan merupakan suatu elemen yang tidak terpisahkan dalam bangunan, khususnya terkait dengan pencahayaan dan penghawaan alami.

Pintu, jendela, ventilasi, dan void dapat dikategorikan sebagai bukaan.

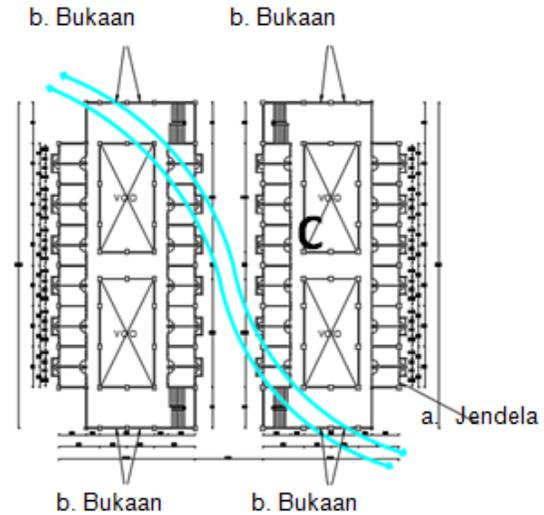
3.5. Rumah Susun

Keberadaan rumah susun sebagai alternatif hunian yang efisien bagi beberapa kalangan. Seperti apa yang telah disebutkan pada pendahuluan bahwasannya ada tiga macam rumah susun, yakni sebagai berikut:

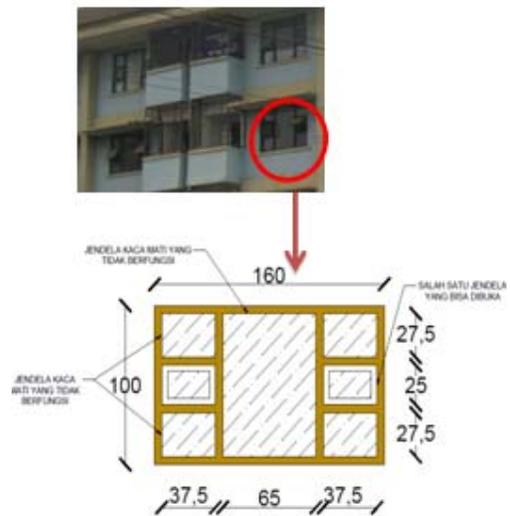
- a. Rumah susun adalah bangunan gedung bertingkat yang dibangun dalam suatu lingkungan yang terbagi dalam bagian-bagian yang distrukturkan secara fungsional dalam arah horizontal maupun vertikal dan merupakan satu satuan yang masing-masing dapat dimiliki dan digunakan secara terpisah, terutama untuk tempat hunian, dilengkapi dengan bagian bersama, benda bersama, dan tanah bersama.
- b. Apartemen adalah kepemilikan bersama, bangunan yang terdiri dari beberapa unit untuk tempat tinggal. Biasanya dikonsumsi oleh masyarakat konsumen menengah ke atas.
- c. Condominium adalah milik bersama, daerah yang dikuasai bersama-sama, gedung bertingkat.

3.6. Analisis Data Alur/Sirkulasi Penghawaan Alami

Sesuai dengan pengamatan peneliti, posisi bukaan/alur sirkulasi pada Rusunawa Kayu Putih dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 dapat terlihat bahwa bangunan berada pada posisi yang tepat terhadap angin. Namun adanya beberapa masalah pada bangunan menyebabkan efektivitas penghawaan alami bangunan rusunawa menjadi berkurang.



Gambar 2. Analisis Rumah Susun Kayu Putih



Sumber: Dokumentasi Peneliti

Gambar 3. Jendela Kamar

Masalah yang terdapat pada bangunan Rusunawa Kayu Putih, terdiri dari:

a. Jendela

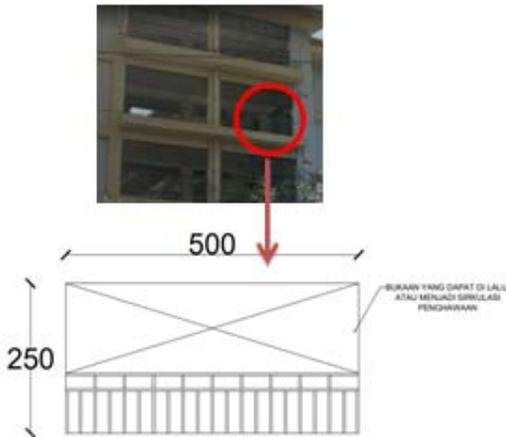
Ukuran jendela pada bangunan Rusunawa Kayu Putih memiliki ketinggian 80 cm dari lantai dengan ukuran jendela T= 100 cm, L = 160 cm.

Jendela ini rata-rata merupakan jendela mati yang tidak dapat dibuka (Gambar 3). Hal ini menyebabkan manfaat jendela tidak dapat berfungsi bagi ruangan.

b. Bukaan

Bukaan pada Rusunawa Kayu Putih memiliki ukuran sekitar $2.5 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 12,5 \text{ m}^2$. Sesuai dengan standar, bukaan ini telah berfungsi maksimal sebagai penghawaan alami bagi penghuni (Gambar 4). Bukaan tersebut mempunyai sistem *cross ventilation* yang dapat berfungsi dengan baik bagi penghuni.

Gambar 4. Bukaan Selasar



Sumber: Dokumentasi Peneliti

c. Void

Void yang terdapat pada Rusunawa Kayu Putih berfungsi sebagai pencahayaan dan penghawaan alami bagi penghuni dan juga memiliki kesan luas dan tinggi pada bangunan (Gambar 5). Namun, void *existing* memiliki kekurangan dalam hal mencegah masuknya air hujan ke dalam bangunan.

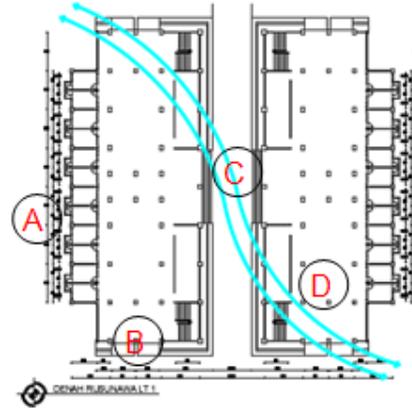


Sumber: Dokumentasi Peneliti

Gambar 5. Void Rusunawa Kayu Putih

3.7. Hasil Penelitian

Berdasarkan Hasil Analisis Angin pada lokasi Rumah Susun Kayu Putih berhembus dari Tenggara ke Barat Laut, dan sebaliknya. Bangunan dengan bukaan yang sesuai akan membuat penghuni merasa nyaman, bila sebaliknya, hanya akan membuat penghuni merasa panas. Berikut denah pada Rusunawa Kayu Putih (Gambar 6).



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 6. Denah dan arah Angin Rusunawa

Keterangan :

Gambar Posisi dari A



Gambar Posisi dari B



Gambar Posisi dari C



Gambar Posisi dari D



Hal-hal yang membuat efektif atau tidaknya penghawaan alami pada Rusunawa, yaitu:

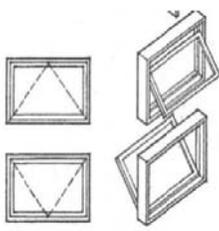
1. Jendela yang berada pada Rusunawa Kayu Putih rata-rata merupakan jendela mati yang tidak dapat dibuka dan memiliki ukuran T= 100 cm, L = 160 cm dengan ketinggian 60 cm dari lantai. Ada baiknya jika menggunakan jendela lain, seperti jendela *Awning* dan *Hopper*, yang

mempunyai *sash* yang berayun keluar pada engsel yang dipasang pada bagian atas atau bawah bingkai jendela. Sementara itu, standar ukuran jendela 80 cm s/d 120 cm dari lantai.

2. Bukaan bangunan Rusunawa Kayu Putih terdapat pada sisi Utara dan sisi Selatan bangunan dengan ukuran sekitar 2,5 m x 5 m = 12,5 m². Sehingga alur sirkulasi penghawaan alami dapat diterapkan pada bangunan melalui bukaan tersebut. Ukuran bukaan pada Rusunawa Kayu Putih tersebut telah sesuai dengan data yang didapat dengan ukuran minimal 3,6 m².
3. Void yang terdapat pada Rusunawa Kayu Putih berfungsi dengan baik, yaitu sebagai pencahayaan dan penghawaan alami bagi penghuni Rusunawa, serta memiliki kesan luas dan tinggi pada bangunan. Tetapi tidak bermanfaat saat hujan, karena tidak ada penutup pada void, sehingga air hujan dapat turun ke bawah langsung melalui void.

Setelah melakukan serangkaian penelitian mengenai tingkat keefektifan penghawaan alami pada bangunan Rumah Susun Kayu Putih, hasil sebagai berikut (Tabel 1)

Tabel 1 Efektivitas Bukaan Rusunawa Kayu Putih

No	Objek Penelitian	Data Lapangan	Data Literatur	Efektif	Tidak Efektif
1	Jendela	 Jendela yang berada pada rusunawa kayu putih rata-rata merupakan jendela mati yang tidak dapat dibuka.	 Jendela <i>Awning</i> dan <i>Hopper</i> , mempunyai <i>sash</i> yang berayun keluar pada engsel yang dipasang pada bagian atas atau bawah bingkai jendela. Ketika dibuka <i>sash</i> mampu mengarahkan ventilasi secara penuh (100 %).		✓
		Ukuran jendela pada bangunan rusunawa kayu putih dengan ketinggian 60 cm dari lantai dengan ukuran jendela T= 100 cm, L = 160 cm	Standar Ukuran jendela 80 cm s/d 120 cm dari lantai		✓

2	Bukaan Selasar	 <p>Ukuran bukaan selasar bangunan sekitar 2,5m x 5 m = 12,5 m²</p>	Bukaan ventilasi udara (lubang angin) minimal 3,6 m ²	
3	Void	Void yang terdapat pada Rusunawa Kayu Putih berfungsi sebagai pencahayaan dan penghawaan alami bagi penghuni. Namun tidak bermanfaat saat hujan, karena tidak ada penutup pada void.	Manfaat Void: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengalirkan udara segar diantara lantai; 2. Sumber pencahayaan; 3. Kesan luas dan lapang; 4. Hemat energi. 	

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan Hasil Analisis pada tabel 1 yang telah ada, dapat disimpulkan bahwa penghawaan alami bangunan Rusunawa Kayu Putih tidak efektif.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

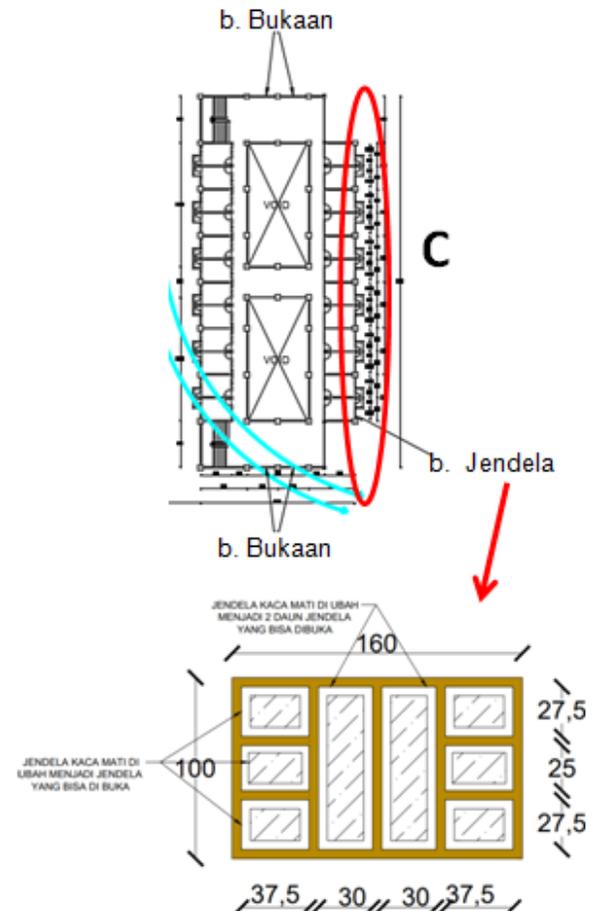
Berdasarkan hasil pembahasan maka kesimpulan dari penelitian yang berjudul “Analisis Efektivitas Penghawaan Alami pada Rumah (Hunian) (Studi Kasus: Rumah Susun Kayu Putih)” adalah pemanfaatan penghawaan alami pada rumah susun tersebut kurang maksimal, karena:

1. Jendela yang seharusnya dapat dipakai untuk alur sirkulasi penghawaan alami malah dijadikan jendela mati. Di sisi lain, jendela yang terlalu kecil juga menyebabkan udara tidak sepenuhnya dirasakan oleh penghuni. Namun, jendela yang mengarah ke selasar bangunan telah berada pada posisi yang sesuai, dan memiliki ukuran yang sesuai standarnya, tetapi penghuni tidak menggunakan jendela tersebut dengan semestinya.
2. Bukaan Rusunawa Kayu Putih memiliki ukuran sesuai standar dan dapat dimanfaatkan dengan baik pula.

Void pada Rusunawa Kayu Putih yang berfungsi untuk pencahayaan dan penghawaan alami bagi penghuni sangat bermanfaat, namun void ini terbuka hingga atap, sehingga air hujan dapat masuk ke dalam bangunan.

4.2. Saran

Merujuk pada kesimpulan diatas maka saran yang dapat diperoleh adalah pemilik Rumah Susun Kayu Putih dapat mengikuti ukuran standar jendela yang baik agar penghawaan alami dapat berfungsi maksimal, seperti perbaikan yang dilampirkan pada Gambar 7.



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 7. Perbaikan Jendela Rusunawa

Semua jendela yang menghadap keluar bangunan diubah menjadi jendela berdaun agar dapat dibuka

untuk menjadi jalur masuknya sirkulasi angin. Dengan begitu, jendela dapat dimanfaatkan oleh penghuni rusunawa sebagai penghawaan yang alami.

Void yang terbuka hingga ke atap sebaiknya ditutup dengan atap fiber agar alur *cross ventilation* dapat berfungsi dengan baik, sekaligus untuk mencegah turunnya air hujan, sehingga hanya pencahayaan matahari yang dapat masuk, bukan suhu panas matahari .

DAFTAR PUSTAKA

- Auliciems, A. dan Szokolay, S.V. *Thermal Comfort*. Australia: PLEA (Passive and Low Energy Architecture International), 2007.
- Christina E. Mediastika. 2013. *Hemat Energi & Lestari Lingkungan melalui Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Dr. Sugini. 2014. *Kenyamanan Termal Ruang*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu
- Handayani, Teti. "Efisiensi Energi dalam Rancangan Bangunan." *Spektrum Sipil* Vol. 1, No. 2 (2010): 102 - 108.
- Ir. Heinz Frick. 1996. *Arsitektur dan Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Ir. Rudy Gunawan. 2009. *Rencana Rumah Sehat*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius
- Lippsmeier, G. *Bangunan Tropis*. Jakarta: Erlangga, 1997.
- McIntyre, D.A. *Indoor Climate*. London: Applied Science Publishers LTD, 1980.
- Prasasto Satwiko. 2009. *Fisika Bangunan*. Yogyakarta: Penerbit Andi