



Received 8th August 2021  
Accepted 20th October 2021  
Published 12th December 2021

Open Access

DOI: 10.35472/jsat.v5i2.610

## Studi Dampak Penggunaan Insulasi pada Bangunan Rumah Tinggal Terhadap Konsumsi Energi Pendingin Ruangan

Roy Candra P Sigalingging

*Program Studi Arsitektur, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 3536*

Corresponding E-mail: [roy.p@ar.itera.ac.id](mailto:roy.p@ar.itera.ac.id)

**Abstract:** The global warming issue has become a concern for environmentalists activists, including many governments. This concern is due to the increasing attention to reducing the use of fossil energy because fossil energy has significantly exacerbated global warming. To minimize the use of fossil energy, especially the housing sector that is one of the extensive energy users. Building performance's analysis is done by creating changes to the case study's building envelope material. Case study buildings were simulated in energy analysis software. Preliminary analysis shows how the performance of the case study building is still far from the standard of thermal comfort. Air conditioning (AC) usage in the room will give comfort in terms of temperature. But, even though with the AC, the humidity level of the room was still high. Two building models are then created in the software to see the performance of the building by making changes to the building envelope material. With the settings on air-conditioning (AC) and environmental conditions in both models, the results indicate differences in the building performance of the two buildings. The results show that the building with insulation are using less energy and can provide optimal comfort for building users. Comfort is not only in terms of the building's temperature but including building relative humidity. In buildings with insulation, the temperature and humidity of the building are relatively stable throughout the year.

**Keywords:** *Insulation, low energy building, cooling energy, thermal comfort, housing.*

**Abstrak:** Isu pemanasan global merupakan isu yang sangat besar dan menjadi perhatian pemerhati lingkungan belakang ini. Hal ini disebabkan perhatian terhadap pengurangan penggunaan energi fosil semakin massif karena energi fosil telah nyata memperparah pemanasan global. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk dapat mengurangi penggunaan energi fosil ini, terutama sektor perumahan yang merupakan pengguna energi yang cukup besar. Dalam penelitian ini, analisa kinerja bangunan dilakukan dengan memberikan perubahan terhadap material selubung bangunan studi kasus. Bangunan studi kasus disimulasikan di perangkat lunak analisa energi. Analisa awal menunjukkan bagaimana kinerja bangunan studi kasus masih jauh dari standard kenyamanan termal. Penggunaan pendingin ruangan (AC) pada ruangan akan memberikan kenyamanan secara suhu, tapi tingkat kelembapan ruangan masih tinggi. Dua model bangunan kemudian dibentuk di perangkat lunak untuk melihat kinerja bangunan dengan membuat perubahan pada material selubung bangunan. Dengan aturan pada pendingin ruangan (AC) dan kondisi lingkungan yang dibuat sama pada kedua model, hasil analisa memberikan perbedaan pada kinerja kedua bangunan. Hasil Analisa menunjukkan bahwa penggunaan energi yang lebih kecil pada bangunan dengan insulasi, dapat memberikan kenyamanan yang optimal bagi pengguna bangunan. Kenyamanan tidak hanya dari segi temperature bangunan, akan tetapi kenyamanan dari segi kelembapan bangunan. Pada bangunan dengan insulasi, suhu dan kelembapan bangunan relative stabil sepanjang tahun.

**Kata Kunci :** insulasi, hemat energi, beban AC, kenyamanan termal, rumah tinggal.

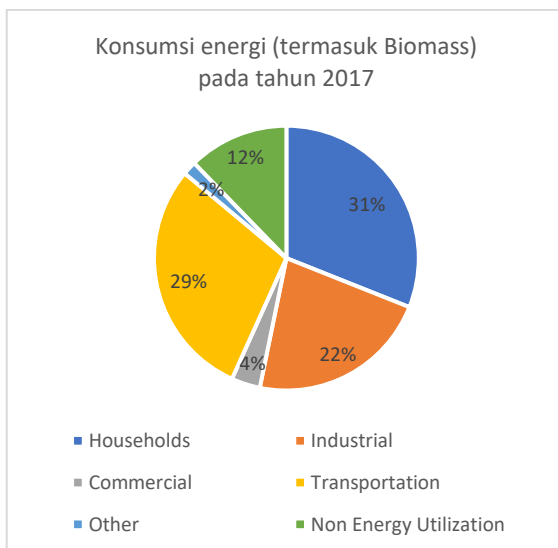
### Pendahuluan

Kerusakan lingkungan dan penggunaan energi fosil yang masif merupakan isu global yang dihadapi peradaban manusia saat ini. Peningkatan penggunaan energi tidak saja mengexploitir sumber-sumber daya energi, tetapi

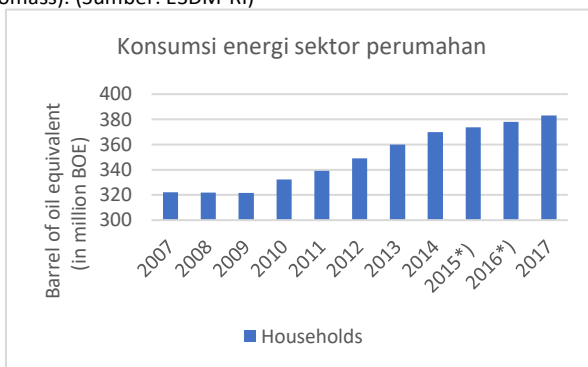
juga sangat membahayakan lingkungan dalam skala global. Pemanfaatan pendingin ruangan (AC) pada hunian adalah hal yang sering dipilih untuk meningkatkan nyaman penghuni bangunan. Seiring dengan banyaknya jenis dari pendingin ruangan (AC) yang beredar di pasaran dengan harga yang lebih terjangkau, membuat penggunaannya menjadi pilihan

mudah untuk memberikan kenyamanan termal yang diharapkan. Akan tetapi peningkatan penggunaan energi pada bangunan sebagai akibat penggunaan AC ini sering kali diabaikan.

Dengan meningkatnya perhatian dunia pada pemanasan global, penggunaan energi pada bangunan menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Menurut data dari Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, tanpa adanya perubahan penggunaan energi, emisi karbon (greenhouse gas emission) akan meningkat dari 1.5 GT CO<sub>2</sub>e pada 2010 menjadi 1.8 GT CO<sub>2</sub>e pada 2020 dan akan mencapai 2.9 GT CO<sub>2</sub>e pada 2030 [1]. Sektor perumahan merupakan salah satu penyumbang terbesar penggunaan energi ini, dengan persentase 31% dari total penggunaan energi pada 2017 (Gambar 1) dan angka ini meningkat terus dari tahun 2007 (Gambar 2) [2].



**Gambar 1.** Konsumsi energi di Indonesia pada tahun 2017 (termasuk biomass). (Sumber: ESDM-RI)

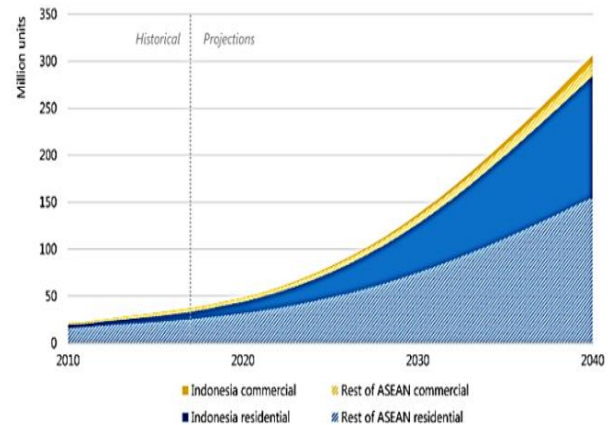


**Gambar 2.** Pertumbuhan konsumsi energi perumahan di Indonesia sejak tahun 2007 hingga tahun 2017 (termasuk biomass). (Sumber: ESDM-RI)

### Pentingnya konservasi energi

Salah satu pemakaian energi yang cukup besar adalah bangunan. Konsumsi energi dengan menggunakan AC konvensional pada bangunan menghabiskan 60% total energi yang dibutuhkan oleh bangunan tersebut [3]. Pemakaian AC yang tinggi secara terus menerus dapat memperparah pemanasan global.

Peningkatan beban AC tidak hanya meningkatkan kebutuhan listrik keseluruhan akan tetapi akan meningkatkan beban puncak AC harian atau musiman [4]. Kebutuhan pendingin ruangan akan meningkat dari 10% saat ini menjadi sekitar 30% pada 2040 (Gambar 3). Diperlukan tindakan segera untuk dapat mengurangi kebutuhan AC untuk mendinginkan ruangan [5]. Pengurangan penggunaan energi pada pendingin ruangan secara signifikan akan mendorong pengurangan konsumsi energi suatu bangunan. Langkah-langkah konkret dalam mengurangi penggunaan energi pada Gedung penting untuk dikaji dianalisa, untuk memperoleh solusi desain yang efektif dalam konservasi energi.



Source: IEA (2019) Southeast Asia Energy Outlook

**Gambar 3.** Prediksi stok pendingin ruangan (AC) di Asia Tenggara oleh Stated Policies Scenario (STEPS) [5].

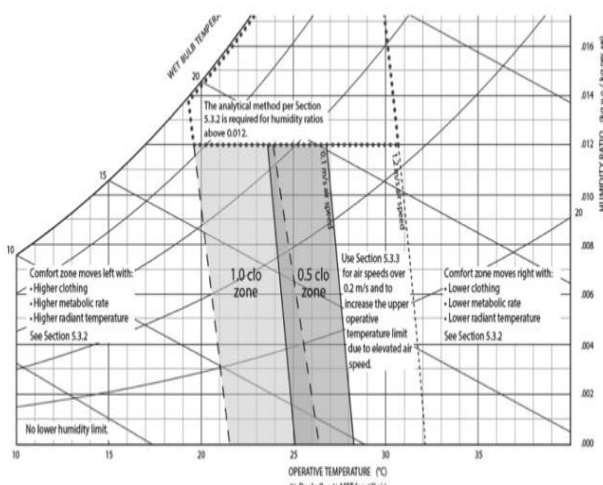
Pengurangan penggunaan energi pada hunian merupakan hal yang penting dilakukan untuk dapat mendukung program pencegahan pemanasan global. Penggunaan ventilasi pada bangunan seringkali belum cukup untuk memberikan kenyamanan pada bangunan [6]. Dengan penempatan bukaan pada bangunan yang tidak tepat, sirkulasi udara pada ruangan tidak tercipta, sehingga tidak dapat membuat ruangan menjadi nyaman secara termal. Panas dan kelembapan udara yang terperangkap di dalam ruangan menjadikan ruangan pada hunian semakin tidak nyaman. Selain dengan membuat ventilasi yang baik, sangat penting untuk

dapat mengurangi panas yang terperangkap di dalam bangunan.

Dalam artikel ini akan dibahas akibat dari penggunaan insulasi pada bangunan terhadap pengurangan energi pendingin pada ruangan. Sumber data penelitian ini berasal dari pengambilan data pada bangunan studi kasus, yang kemudian dianalisa menggunakan perangkat lunak dengan membandingkan bangunan yang menggunakan informasi yang diperoleh dari data lapangan dengan bangunan yang diberikan beberapa perubahan pada komposisi material bangunan. Efektifitas komposisi material yang digunakan akan dilihat dengan membandingkan kinerja bangunan dengan menggunakan material yang sama seperti studi kasus, dengan kinerja bangunan yang sudah diberi insulasi.

### **Kenyamanan thermal pada bangunan**

Menurut American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), suhu nyaman pada interior bangunan berada pada kisaran 25-28°C dengan rasio kelembapan dibawah 0.012 kg/kg [7]. Akan tetapi untuk daerah tropis akan banyak faktor yang dapat menentukan kenyamanan seseorang, seperti: kecepatan angin, pakaian, aktifitas, radiasi temperature (Gambar 4). Iklim yang panas dan lembab pada daerah tropis mempunyai temperature rata-rata yang berkisar antara 28°C sampai 35°C dengan rasio kelembapan diantara 0.014 kg/kg dan 0.02 kg/kg sepanjang tahun [3].



**Gambar 4.** Suhu operatif dan rasio kelembapan untuk kondisi nyaman dalam ruangan [7].

Selain temperature udara, kelembapan menjadi masalah dalam mencapai kenyamanan termal [8].

Daerah Indonesia yang merupakan daerah tropis dengan kelembapan tinggi, sehingga kenyamanan termal menjadi isu yang penting. Pentingnya untuk menurunkan kelembapan ruangan untuk dapat mencapai kenyamanan termal yang diinginkan.

### **Penggunaan pendingin ruangan pada bangunan**

Penggunaan pendingin ruangan (AC) di Indonesia meningkat dari tahun ke tahun [9]. Di daerah tropis kecenderungan orang menginginkan temperature yang lebih dingin dari lingkungannya [10]. Dengan mendesain bangunan dengan bukaan alami sering sekali belum dapat mencapai standart kenyamanan yang diinginkan, sehingga sebagian besar bangunan menggunakan AC untuk memberikan kenyamanan bagi pengguna ruangan [11].

Penelitian pada bangunan yang memakai AC sebagai pendingin ruangan, menunjukkan bahwa AC akan meningkatkan kebutuhan energi bangunan [12]. Selubung bangunan berperan besar dalam mengontrol energi pendingin yang dibutuhkan untuk mendinginkan ruangan di dalam bangunan, sehingga selubung bangunan perlu diperhatikan untuk dapat meningkatkan efektifitas penggunaan AC [5]. Bangunan dengan performa tinggi yang dibangun pada iklim dingin membutuhkan sekitar 20% to 30% dari total energi pada bangunan untuk menghangatkan bangunan tersebut, sedangkan untuk iklim panas, potensi pengurangan energy pendingin sekitar 10% sampai 40% bila dapat menerapkan selubung bangunan yang tepat yang dapat mengurangi kebutuhan AC [5].

### **Peran selubung bangunan**

Strategi pasif untuk memberikan nyaman pada bangunan adalah dengan menggunakan prinsip dasar arsitektur, seperti penggunaan peneduh bangunan (kanopi, balkon, atau sejenisnya), peletakan bukaan sesuai dengan orientasi bangunan, dan perlakuan lainnya yang mengurangi intensitas panas dari matahari untuk masuk ke dalam bangunan dan meningkatkan ventilasi udara alami yang mendinginkan ruangan [13]. Sehingga peran selubung bangunan terutama pada bangunan tinggi menjadi sangat penting.

Beberapa bangunan yang mempunyai bukaan pada sisi timur dan barat yang mempunyai intensitas panas matahari yang tinggi sangat perlu untuk menambahkan elemen design pada sisi yang menghadap matahari untuk dapat mengurangi intensitas panas yang masuk, dengan tetap mendapatkan cahaya atau udara yang diinginkan. Penerapan selubung bangunan yang tidak tepat akan mendorong penggunaan pendingin ruangan,

yang akhirnya akan meningkat kebutuhan energi suatu bangunan [8], [14].

Karena itu sasaran dari penghematan energi dalam bangunan gedung seharusnya ditujukan pada optimasi system tata udara dan sistem tata cahaya. Efisiensi system tata udara dapat dilakukan antara lain dengan cara memperkecil beban pendinginan serta pemilihan sistem dan kontrol tata udara yang tepat. Beban pendinginan dari suatu bangunan yang dikondisikan terdiri dari beban internal yaitu beban yang ditimbulkan oleh lampu, penghuni serta peralatan lain yang menimbulkan panas, dan beban external yaitu panas yang masuk dalam bangunan akibat radiasi matahari dan konduksi melalui selubung bangunan.

Untuk membatasi beban external, selubung bangunan dan bidang atap merupakan elemen bangunan yang penting yang harus diperhitungkan dalam upaya mengurangi penggunaan energi. Karena fungsinya sebagai selubung external itulah maka kriteria-kriteria konservasi energi perlu dipertimbangkan dalam proses disain suatu bangunan khususnya yang menyangkut perancangan bidang-bidang exterior dalam hubungannya dengan penampilan tampak bangunan.

## Metode

Secara umum, metoda yang dipakai adalah metoda penelitian eksperimental. Ada 3 tahapan yang dipakai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Tahap survei lapangan, yaitu dengan melakukan kunjungan ke bangunan studi kasus yang dipilih untuk mengamati langsung dan mendata keadaan eksisting bangunan.
2. Monitoring bangunan dengan menggunakan logger, untuk mengetahui suhu dan kelembapan area dalam bangunan dan area luar bangunan.
3. Membuat model bangunan pada perangkat lunak dan menganalisa kinerja bangunan dengan menerapkan perubahan pada material selubung bangunan.

Analisa pada artikel ini berdasarkan studi kasus pada bangunan hunian yang diamati. Pemilihan bangunan studi kasus berdasarkan analisa pada luasan tipikal bangunan rumah yang dibangun di daerah Jabodetabek (table 1) [15].

**Table 1.** Persentase luas lantai pada bangunan rumah tinggal untuk daerah Jabodetabek.

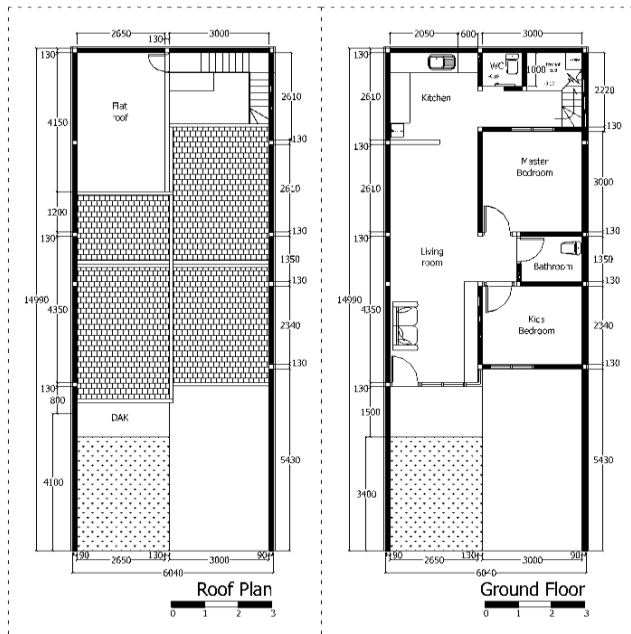
Provinsi/ Kabupaten/ kotamadya	Persentase luas lantai pada bangunan rumah tinggal (%)												
	<20m <sup>2</sup>	20-29 m <sup>2</sup>	30-39 m <sup>2</sup>	40-49 m <sup>2</sup>	50-59 m <sup>2</sup>	60-69 m <sup>2</sup>	70-79 m <sup>2</sup>	80-89 m <sup>2</sup>	90-99 m <sup>2</sup>	100-149 m <sup>2</sup>	150-199 m <sup>2</sup>	200-299 m <sup>2</sup>	>300 m <sup>2</sup>
DKI Jakarta	27	12	13	7	11	10	9	4	4	3	100		
Kab. Bogor	7	11	16	15	23	17	8	2	1	0	100		
Kota. Bogor	9	11	12	11	19	17	12	4	3	2	100		
Kota. Depok	7	9	14	8	18	20	15	5	3	1	100		
Kab. Tangerang	11	11	13	14	27	16	5	1	1	0	100		
Kota Tangerang	19	12	12	6	17	17	11	3	2	1	100		
Kota. Tangerang Selatan	6	9	14	8	20	18	15	5	4	2	100		
Kab. Bekasi	9	13	12	14	29	15	6	1	1	0	100		
Kota Bekasi	9	11	13	7	18	19	14	5	3	1	100		

Sumber: 2010 Population Census Data - Statistics Indonesia

Pada riset ini dipilih bangunan hunian yang dijadikan studi kasus. Bangunan yang dipilih berada di area Cibubur, yang merupakan kota satelit Jakarta. Bangunan studi kasus ini mempunyai luasan 55m<sup>2</sup> dengan konfigurasi ruang keluarga, dua kamar tidur, toilet dan area servis (Gambar 5).

Pengambilan data dilakukan dengan: pengamatan langsung, pengumpulan data dari owner, dan monitoring. Pengamatan langsung dilakukan untuk mengklarifikasi data dari owner mengenai ukuran bangunan dan material yang digunakan. Pengumpulan data bangunan studi kasus dilakukan dengan melakukan survei langsung dan memakai *logger* yang ditempatkan pada bangunan yang diamati. Data material yang digunakan pada bangunan diambil dari pengamatan langsung dan informasi yang diperoleh dari pemakai bangunan. *Logger* yang ada mencatat suhu dan kelembapan bangunan pada rentang waktu yang dipilih. *Logger* ini diletakkan pada beberapa ruangan pada hunian yang diamati, agar dapat diperoleh data yang cukup untuk dapat mensimulasikan bangunan pada perangkat lunak yang ada.

Durasi pengukuran adalah 1 bulan, dan terdapat 3 kali pengukuran untuk mendapatkan data pada musim yang berbeda. Pengukuran untuk musim hujan dilakukan pada bulan Februari, sedangkan untuk musim panas (kemarau) dilakukan pada bulan Agustus dan Oktober.



Gambar 5. Denah bangunan studi kasus.

## Hasil dan Pembahasan

### Temuan

Luasan bangunan dapat dilihat pada Tabel 2 dan hasil pengamatan dan informasi dari pemilik bangunan dirangkum dalam Tabel 3. Data bangunan ini disesuaikan dengan kebutuhan informasi yang akan dimasukkan ke perangkat lunak yang merupakan tempat membuat model bangunan yang akan dianalisis.

Monitoring dilakukan untuk mengukur suhu dan kelembapan pada bangunan dengan menggunakan logger yang ditempatkan di area ruang keluarga, kamar tidur, dan area luar. Dari hasil pengamatan diperoleh data seperti yang ada pada Gambar 6 – Gambar 9. Dalam grafik dibawah ditunjukkan bagaimana perbandingan suhu dan kelembapan antara ruang luar dengan ruang dalam. Dalam Gambar 6 dan Gambar 7 terlihat suhu udara yang ada diluar cukup tinggi. Suhu eksternal berfluktuasi antara 26°C sampai dengan 35°C. Suhu rendah terutama terjadi pada sekitar jam 4 pagi hari, dan suhu tinggi terutama terjadi sekitar jam 1 sore hari.

Table 2. Data luas ruangan.

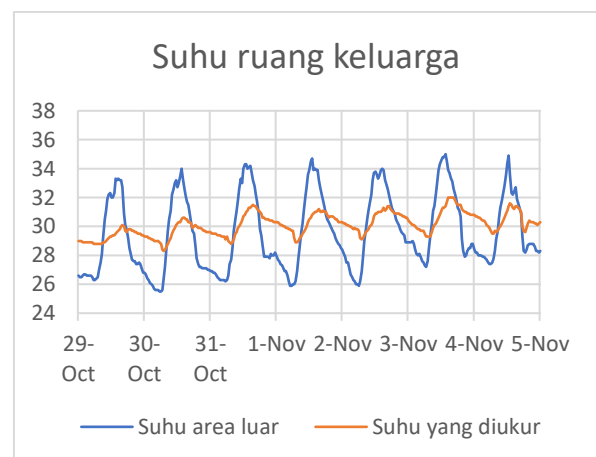
No.	Nama ruang	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Ruang keluarga	18.30
2	Kamar tidur utama	9.00
3	Kamar tidur anak	6.90
4	Kamar mandi	2.70

Table 3. Data bangunan hasil pengamatan langsung.

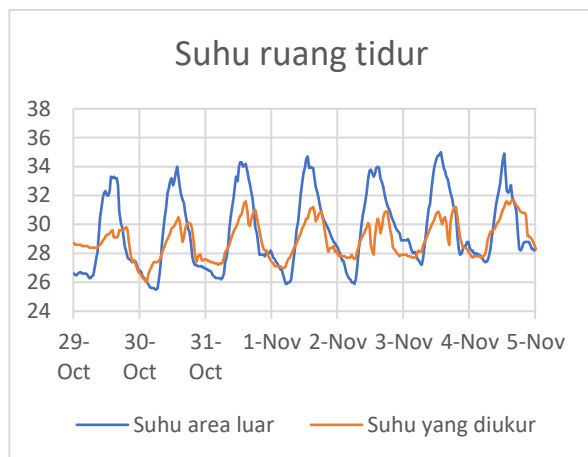
Elemen bangunan	Lapisan konstruksi	U- Value (W/m <sup>2</sup> K)
Dinding	25 mm semen plaster + 100 mm batu bata + 25 mm semen plaster	2.894
Dinding antara	25 mm semen plaster + 200 mm batu bata + 25 mm semen plaster	2.244
Lantai	8 mm lantai keramik + 22 mm semen screed + 100 mm lantai beton + lapisan tanah	3.264
Jendela	Kaca satu lapis setebal 6 mm (total solar transmission (SHGC) = 0.819)	5.778
Plafon	6mm gypsum board	3.125
Atap	20 mm atap genteng + 25 mm rangka kayu.	6.061

Suhu udara didalam ruangnya masih lebih rendah dari suhu maksimum udara luar, akan tetapi suhu ruangan ini masih berada diatas suhu nyaman bangunan. Rata-rata suhu ruangan di ruang keluarga dan ruang tidur adalah sekitar 29°C – 32°C, dengan fluktuasi yang hampir sama dengan fluktuasi suhu area luar. Dari informasi ini terlihat bahwa suhu di dalam ruangan memang lebih rendah dari suhu maksimum bangunan, akan tetapi pada malam hari disaat suhu luar sudah mencapai 26°C, suhu di dalam ruangan masih tinggi sekitar 29°C.

Sedikit terjadi perbedaan pada ruang tidur (Gambar 7), dimana pada siang hari ruang tidur mempunyai suhu yang relative sama dengan ruang keluarga, akan tetapi pada malam hari, terlihat suhu pada ruang tidur mendekati ruang luar. Hal ini disebabkan oleh penggunaan pendingin ruangan pada saat tidur di kamar tidur. Dengan penggunaan pendingin ruangan ini, suhu di dalam kamar tidur bisa mencapai kondisi nyaman.



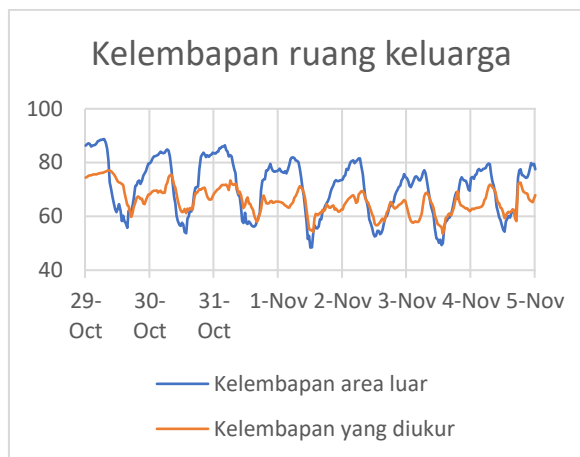
Gambar 6. Perbandingan suhu ruang keluarga yang diukur dengan suhu ruang luar.



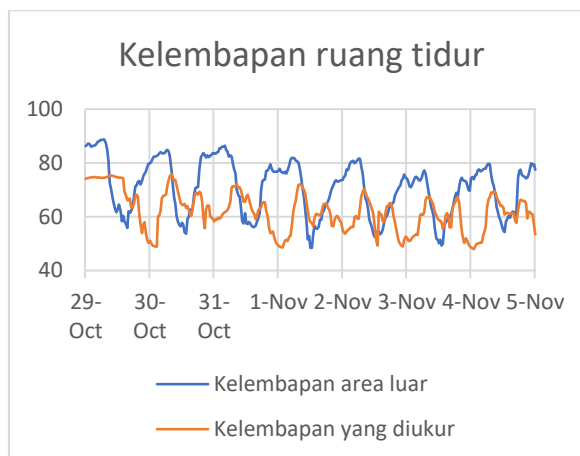
**Gambar 7.** Perbandingan suhu ruang tidur yang diukur dengan suhu ruang luar.

Gambar 8 dan Gambar 9 memperlihatkan kelembapan udara dan kelembapan di dalam ruangan. Untuk kelembapan area luar terlihat sangat tinggi, bisa mencapai 90% yang terjadi sekitar tengah malam, dan sekitar 50% pada sore hari sekitar jam 3 sore. Sedangkan untuk kelembapan ruang keluarga dan ruang tidur sedikit lebih rendah dari kelembapan ruang luar, dengan kelembapan ruangan sekitar 50% - 80%. Kelembapan pada kedua ruangan ini relatif sama walau di dalam kamar tidur memakai pendingin ruangan. Penggunaan pendingin ruangan tidak dapat menurunkan kelembapan pada ruangan secara signifikan.

Hasil pengamatan bangunan studi kasus memperlihatkan bahwa suhu pada ruangan yang diamati cukup tinggi dan juga disertai dengan kelembapan yang tinggi. Suhu dan kelembapan ini masih jauh dari standar kenyamanan ruangan, sehingga perlu dilakukan perlakuan khusus untuk dapat menurunkan suhu dan kelembapan dalam bangunan. Suhu dan kelembapan tinggi di dalam ruangan pada malam hari juga dapat mengganggu kualitas tidur penghuni. Tanpa adanya penggunaan pendingin ruangan, kenyamanan termal pada ruang tidur tidak akan tercapai.



**Gambar 8.** Perbandingan kelembapan ruang keluarga yang diukur dengan suhu ruang luar.



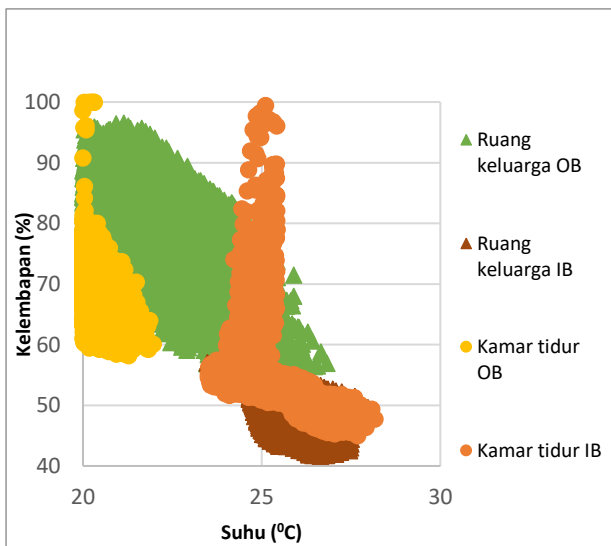
**Gambar 9.** Perbandingan kelembapan ruang tidur yang diukur dengan suhu ruang luar.

### Pembahasan

Dengan menggunakan informasi yang diperoleh dilapangan, model bangunan rumah tinggal yang menjadi studi kasus dibuat di perangkat lunak yang dapat menganalisa kinerja bangunannya. Data lapangan yang diperoleh digunakan untuk membuat model bangunan pada perangkat lunak untuk mensimulasikan keadaan bangunan rumah itu di perangkat lunak tersebut. Bangunan rumah ini menjadi model dasar bangunan yang disimulasikan bersama model bangunan yang sudah diberi insulasi. Insulasi pada bangunan dibuat pada area dinding, lantai, dan atap, untuk menganalisa pengaruh dampak perubahan suhu di area luar bangunan terhadap interior bangunan.

Kedua model yang dibuat ditempatkan di lokasi yang sama dan dengan kondisi lingkungan yang sama untuk melihat perbedaan kinerjanya. Model pendingin ruangan juga dibuat sama dan dengan mengatur pengaturan pendingin ruangan agar dapat memberikan kenyamanan secara suhu dan kelembapan pada ruangan yang dianalisa.

Dengan membuat kenyamanan termal menjadi patokan dalam merancang kinerja pendingin ruangan, maka diperoleh hasil seperti Gambar 10. Dalam grafik membandingkan antara suhu dan kelembapan pada ruang keluarga dan ruang tidur dalam rentang waktu satu tahun, Dalam grafik tersebut dapat dilihat terdapat perbedaan antara kinerja pendingin pada bangunan studi kasus (OB Model) dengan kinerja pendingin pada bangunan yang sudah diberikan insulasi (IB Model). Pada bangunan studi kasus terlihat bahwa sebagian besar temperatur bangunan berada di bawah garis kenyamanan termal, sebaliknya pada model bangunan yang diberi insulasi, pendingin ruangan dapat mempertahankan kenyamanan bangunan pada zona kenyamanan termal sepanjang tahun.



**Gambar 10.** Distribusi kelembapan dan suhu ruangan dalam jangka waktu satu tahun pada bangunan yang memakai pendingin ruangan.

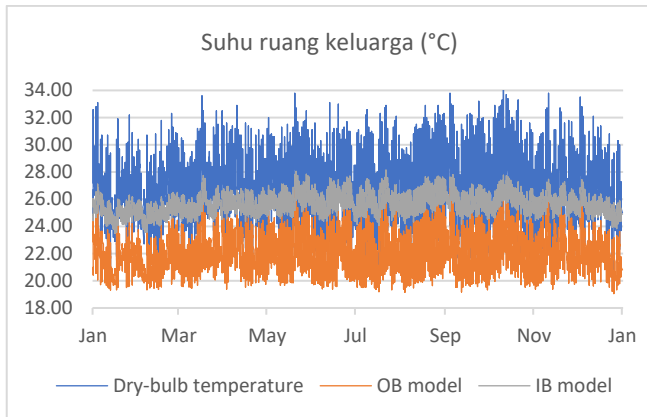
Bila dianalisa lebih lanjut hasil simulasi pada area ruang keluarga, terlihat bahwa dengan menggunakan system pendingin yang dirancang, temperature pada ruangan dapat dibuat dibawah  $28^{\circ}\text{C}$  sepanjang tahun (Gambar 11). Akan tetapi dalam kenyamanan termal, tidak hanya dipengaruhi oleh temperature ruangan, akan tetapi oleh kelembapan ruangan. Dengan membuat pengaturan pada pendingin ruangan agar dapat memberikan kenyamanan termal, dapat terlihat pada Gambar 13 bahwa kelembapan ruangan pada bangunan eksisting yang

sesuai dengan kondisi lapangan (OB) mempunyai kelembapan yang tetap tinggi walau suhu ruangan sudah diperkecil. Suhu dingin belum dapat mengatasi tingginya kelembapan udara yang ada, yang dimungkinkan karena masih adanya kebocoran udara dari luar ruangan ke dalam bangunan.

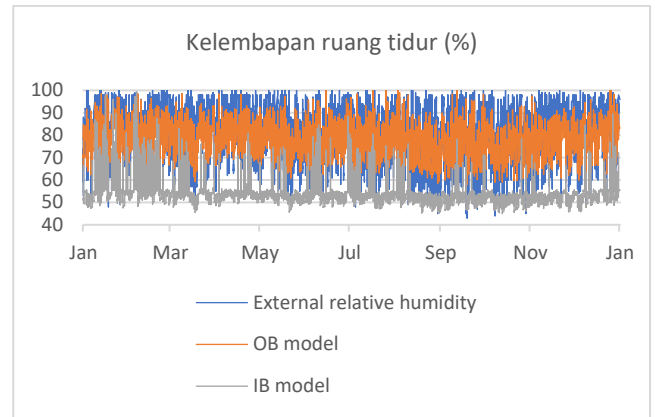
Sistem pendingin ruangan yang diatur untuk memberikan kenyamanan dari suhu dan kelembapan tidak dapat menurunkan kelembapan ruangan bila bangunan tidak di berikan perlakuan khusus. Dari hasil Analisa diatas terlihat bahwa dengan memberikan insulasi pada bangunan, maka bangunan akan dapat memberikan kenyamanan termal dari segi suhu dan kelembapan. Gambar 11 terlihat bahwa suhu ruangan pada ruang keluarga dapat dipertahankan stabil pada zona nyaman sepanjang tahun dengan system pendingin ruangan yang dibuat. Gambar 12 juga memperlihatkan bagaimana kinerja bangunan di ruang tidur dengan menggunakan insulasi pada bangunan. Pada Gambar 11 dan Gambar 12 terlihat juga bagaimana suhu ruangan di bangunan studi kasus (OB model) yang sangat rendah. Suhu yang rendah ini dikarenakan usaha dari pendingin ruangan yang berusaha untuk menurunkan kelembapan ruangan yang tinggi.

Gambar 13 dan Gambar 14 memperlihatkan kelembapan pada ruangan juga dapat mencapai zona nyaman bila bangunan menggunakan insulasi (IB model). Dari gambar 12 terlihat bahwa bangunan yang diberi insulasi hanya terdapat sekitar dibawah 0.2% berada diluar zona nyaman.

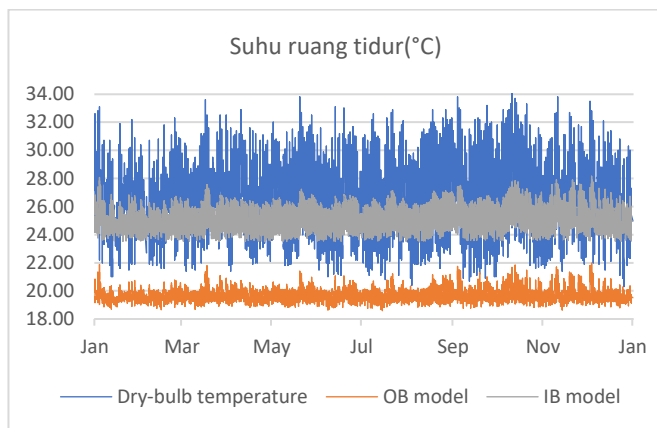
Hasil yang dijabarkan diatas menyatakan bahwa pada kedua model bangunan yang disimulasi diatas dapat dilihat bahwa pendingin ruangan dapat menurunkan suhu ruangan pada zona nyaman. Dengan system pendingin yang dibuat, suhu ruang pada model studi kasus dan model bangunan dengan insulasi dapat dibuat untuk berada pada zona nyaman. Akan tetapi terdapat perbedaan pada kelembapan pada ruangan yang dianalisa, yaitu antara bangunan studi kasus (OB model) dengan bangunan yang diberi insulasi (IB model). Pendinginan ruangan dibawah zona nyaman dengan harapan dapat menurunkan kelembapan pada ruangan di bangunan studi kasus tetap belum dapat merubah kondisi kelembapan ruangan. Gambar 14 memperlihatkan bahwa 95% waktu ruangan dihuni, pada OB model, kelembapan ruangan berada diatas zona nyaman. Sedangkan untuk IB model, kelembapan ruangan hampir selalu berada di bawah 65%.



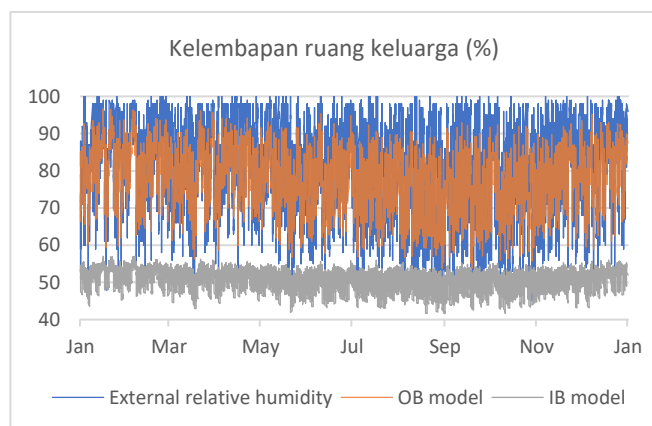
**Gambar 11.** Perbandingan suhu ruang keluarga antara model bangunan studi kasus (OB) dengan bangunan dengan insulasi (IB).



**Gambar 14.** Perbandingan kelembapan ruang tidur antara model bangunan studi kasus (OB) dengan bangunan dengan insulasi (IB).

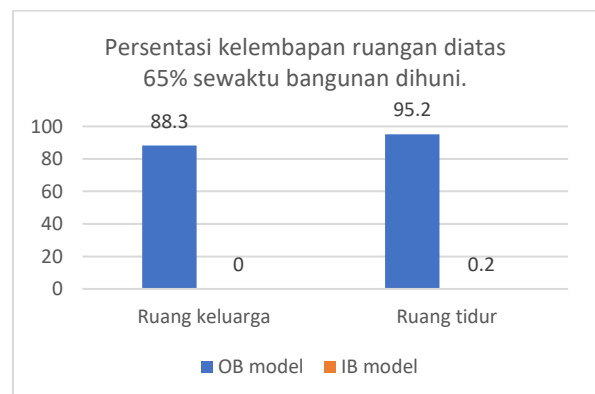


**Gambar 12.** Perbandingan suhu ruang tidur antara model bangunan studi kasus (OB) dengan bangunan dengan insulasi (IB).

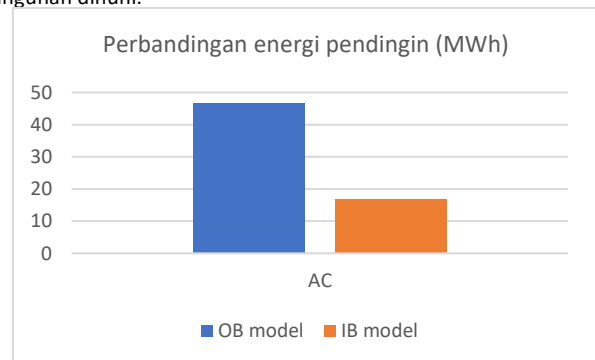


**Gambar 13.** Perbandingan kelembapan ruang keluarga antara model bangunan studi kasus (OB) dengan bangunan dengan insulasi (IB).

Energy pendingin ruangan dengan kedua kondisi model bangunan yang dibuat juga memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara bangunan studi kasus dan bangunan dengan insulasi. Dari Gambar 16 terlihat bahwa energi pendingin pada bangunan studi kasus lebih banyak 3 kali dibandingkan dengan energi pendingin bila bangunan diberi insulasi. Dengan memberikan insulasi pada bangunan, maka energi pendinginnya akan berkurang signifikan.



**Gambar 15.** Persentasi kelembapan ruangan dibawah 65% sewaktu bangunan dihuni.





**Gambar 16.** Perbandingan energi pendingin pada model studi kasus dan model dengan insulasi dalam kurun waktu satu tahun.

## Kesimpulan

Penggunaan pendingin ruangan adalah hal yang sering dipakai untuk mencapai kenyamanan termal, terutama untuk daerah dengan suhu dan kelembapan yang tinggi. Pada pendahuan terlihat bagaimana penggunaan pendingin ruangan yang terus meningkat dan ini tidak sejalan dengan isu pemanasan global yang mendorong untuk meminimalkan penggunaan energi terutama energi fosil.

Penggunaan insulasi pada bangunan adalah praktik yang sangat lazim dilakukan di negara maju, terutama negara dengan 4 musim. Akan tetapi bangunan yang ada di Indonesia penggunaan insulasi ini sangat jarang sekali. Analisis yang dilakukan telah menunjukkan bahwa penggunaan insulasi pada bangunan dapat meningkatkan efektifitas pendingin ruangan dan di waktu yang sama dapat juga mempertahankan suhu dan kelembapan ruangan pada zona nyaman.

Dari Analisa yang dilakukan diatas dapat dilihat bagaimana kinerja bangunan yang diberi insulasi bila dibandingkan dengan kinerja bangunan yang tidak mempunyai insulasi. Dengan insulasi terlihat bahwa dengan energi pendingin yang lebih rendah dari bangunan tanpa insulasi, bangunan dengan insulasi dapat memberikan kenyamanan yang stabil baik dari segi suhu dan kelembapan. Dengan insulasi kinerja bangunan lebih baik dan energi yang digunakan juga lebih sedikit.

Akan tetapi penelitian lebih lanjut perlu dilakukan, terutama mengenai keuntungan dari pengurangan energi pendingin dibandingkan dengan investasi yang harus diberikan dengan membuat bangunan dengan insulasi. Serta diperlukan analisa sejauh apa insulasi yang diterapkan bangunan.

## Conflicts of interest

There are no conflicts to declare.

## References

- [1] M. Maulidia, P. Dargusch, P. Ashworth, and F. Ardiansyah, 'Rethinking renewable energy targets and electricity sector reform in Indonesia: A private sector perspective', 2019.
- [2] ESDM-RI, 'Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2018', 2018.
- [3] I. Abd-Manaf, 'Performance modelling and comparative assessment of desiccant evaporative cooling system for hot and humid climate'. 18-Jun-2020.
- [4] International Energy Agency, 'The Future of Cooling in Southeast Asia', 2019.
- [5] International Energy Agency, 'Technology Roadmap: Energy efficient building envelopes', 2013.
- [6] A. M. Omer, 'Renewable building energy systems and passive human comfort solutions', *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 12, pp. 1562–1587, 2008.
- [7] Ashrae, 'Ashrae Guide and Data Book(Fundamentals)', *Ashrae*, p. 148, 2002.
- [8] International Energy Agency, 'The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning Together Secure Sustainable', 2018.
- [9] T. Uno, S. Hokoi, and S. N. N. Ekasiwi, 'Passive Cooling Strategies to Reduce the Energy Consumption of Cooling in Hot and Humid Climates in Indonesia', in *Sustainable Houses and Living in the Hot-Humid Climates of Asia*, Singapore: Springer Singapore, 2018, pp. 407–418.
- [10] H. Feriadi and N. H. Wong, 'Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia', *Energy Build.*, vol. 36, no. 7, pp. 614–626, Jul. 2004.
- [11] International Energy Agency, 'Promoting Energy Efficiency Investments: Case studies in residential sector', Paris, 2008.
- [12] R. Andarini, H. Schranzhofer, W. Streicher, and a. K. Pratiwi, 'Thermal simulation and cooling energy sensitivity analysis of a typical shophouse in Jakarta, Indonesia', *Build. Simul.*, no. January, pp. 1887–1893, 2009.
- [13] M. N. F. Alfata *et al.*, 'Field investigation of indoor thermal environments in apartments of Surabaya, Indonesia: Potential passive cooling strategies for middle-class apartments', in *Energy Procedia*, 2015, vol. 78, pp. 2947–2952.
- [14] W. Sujatmiko, H. K. Dipojono, F. X. N. Soelami, and Soegijanto, 'Natural Ventilation and Temperature Conditions in Some High-rise Building Flats in Bandung and Jakarta in Perspective of Adaptive Thermal Comfort', *Procedia Environ. Sci.*, vol. 28, pp. 360–369, 2015.
- [15] Badan Pusat Statistic, '2010 Population Census - Household by Region and Floor Area of Dwelling Unit - Indonesia', 2011. [Online]. Available: <http://sp2010.bps.go.id/index.php/site/tabel?tid=333&wid=0>. [Accessed: 01-Oct-2018].