

## Analisis Penggunaan Energi dan Peluang Penghematan Berdasarkan Faktor Beban pendingin

Elita Fidiya Nugrahani<sup>1)</sup>, Putri Intan Nur Aninda<sup>2)</sup> Shanti Kartika Sari<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Manajemen Rekayasa, Fakultas Teknologi Industri dan Agroindustri, Universitas Internasional Semen Indonesia

Jl. Veteran, Komplek Semen Indonesia, 61122

Telp : (031) 3985482, Fax : (031) 3985481

E-mail : [elita.nugrahani@uisi.ac.id](mailto:elita.nugrahani@uisi.ac.id)

Terima Naskah : 5 September 2017

Terima Revisi : 29 September 2017

### ABSTRAK

Bangunan menyumbang hampir 40% konsumsi energi di dunia. Di Indonesia, pertumbuhan penggunaan energi berdasarkan data dari Kementerian Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia yaitu sekitar 6,5% hingga 7% per tahunnya. Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI) pada tahun 2017 ini akan memanfaatkan pabrik bekas Semen Gresik menjadi tempat perkuliahan. Salah satu bangunan yang akan dijadikan tempat perkuliahan adalah bangunan bekas *coal mill*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan energi serta peluang penghematan berdasarkan faktor beban pendingin dengan menggunakan simulasi. Validasi yang didapatkan yaitu sebesar 97% dengan error  $\pm 3\%$  menunjukkan bahwa model bangunan telah tervalidasi. Dari hasil simulasi menggunakan software Revit Autodesk, didapatkan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yaitu sebesar 212 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Skenario yang dilakukan untuk melakukan penghematan energi yaitu dengan kombinasi pencahayaan alami dan kontrol hunian, efisiensi pada pencahayaan 3.23 W/m<sup>2</sup>, ASHRAE package heat pump, infiltrasi 0.17 ACH, efisiensi beban elektronik 6.46 W/m<sup>2</sup>, tipe jendela kaca Triple Low Emission (TrpLoE) pada sisi timur dan utara, peneduh jendela dengan 2/3 ketinggian jendela pada sisi timur dan utara. Skenario tersebut dapat menghasilkan penghematan sebesar 36.6% dengan nilai IKE sebesar 134.41 kWh/m<sup>2</sup>/tahun.

**Kata Kunci** : energi, bangunan, beban pendingin, simulasi

### ABSTRACT

Buildings account for nearly 40% of the world's energy consumption. In Indonesia, the growth of energy use based on data from the Ministry of Energy of Mineral Resources of the Republic of Indonesia is about 6.5% to 7% per year. Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI) in 2017 will use the former factory of Semen Gresik to be a campus building. One of the buildings that will be used is a former coal mill building. This study was conducted to determine the energy use and savings opportunities based on the beban pendingin factor by the simulation. Validation of 97% with  $\pm 3\%$  error indicates that the building model has been validated. From the simulation result using Revit Autodesk software, the value of Energy Consumption Intensity (IKE) is 212 kWh/m<sup>2</sup>/year. Scenarios used for energy saving are combination of natural lighting and occupancy control, efficiency of lighting 3.23 W/m<sup>2</sup>, ASHRAE package heat pump, infiltration 0.17 ACH, electronic load efficiency 6.46 W/m<sup>2</sup>, Triple Low Emission window type (TrpLoE) on the east and north sides, the window shade with 2/3 window height on the east and north sides. The scenario can result in savings of 36.6% with an IKE of 134.41 kWh /m<sup>2</sup>/year.

**Keywords** : energy, building, beban pendingin, simulation

### PENDAHULUAN

Berdasarkan perhitungan konsumsi energi dunia, bangunan membutuhkan konsumsi energi

sekitar 40% dari total energi yang sisanya dibagi untuk sektor industri dan transportasi. Sementara itu, pertumbuhan konsumsi energi yang ada di Indonesia berdasarkan data dari Kementerian

Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia saat ini yaitu sebesar 6,5% hingga 7% per tahunnya. Langkah yang diambil oleh Indonesia sebagai salah satu negara yang ikut berkontribusi untuk melakukan efisiensi terhadap penggunaan energi pada bangunan yaitu dengan menerapkan konsep green building, dimana mulai dari proses perencanaan, konstruksi, pengoperasian, dan pemeliharaan menggunakan sumber daya yang seminimal mungkin, memanfaatkan lahan dengan bijak, mengurangi dampak lingkungan, serta menciptakan kualitas udara didalam ruangan yang sehat dan nyaman [1].

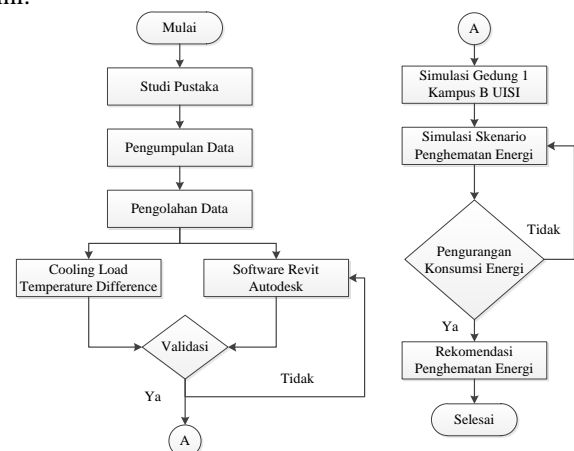
Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI) sebagai universitas di bawah naungan Semen Indonesia yang berada di Kabupaten Gresik, mengubah sebagian perkantoran, gedung utama, bekas Pusat Penelitian Semen (PPS), Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) dan gedung lain sebagai gedung perkuliahan UISI [2]. Berikutnya, Semen Indonesia juga akan merubah pabrik bekas Semen Gresik yang telah tidak terpakai lagi menjadi gedung perkuliahan baru UISI. Salah satu bangunan yang akan dirubah menjadi tempat belajar mengajar yaitu bangunan bekas coal mill yang akan menjadi gedung 1 kampus B yang difungsikan sebagai perpustakaan dan kelas UISI. Penerapan bangunan hemat energi pada bangunan yang baru akan didirikan ini penting dilakukan untuk mengatasi permasalahan pemanasan global yang terjadi di dunia. Selain itu, penggunaan peralatan yang ada pada bangunan juga harus dibatasi dengan desain-desain bangunan yang dapat mengoptimalkan kenyamanan bagi penghuni.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yulia Puspasari (2016) pada rancangan gedung 14 perpustakaan pusat Universitas Gadjah Mada didapatkan konsumsi keseluruhan bangunan adalah 941,19 GJ per tahun, dan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebesar 264,47 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Skenario yang dilakukan untuk menghasilkan bangunan hemat energi yaitu dengan mengganti sistem Constant Air Volume (CAV) menjadi Variable Air Volume (VAV) dan mengganti jenis luminaire dari fluorescent ke LED. Hasil penerapan skenario tersebut menghasilkan penghematan sebesar 23,67% dengan nilai IKE sebesar 201,88 kWh/m<sup>2</sup>/tahun [3]. Berikutnya, penelitian yang dilakukan oleh Elita Fidiya Nugrahani (2016) pada bekas

bangunan silo yang akan difungsikan sebagai gedung perkuliahan UISI didapatkan bahwa nilai konsumsi energi yaitu sebesar 234 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Skenario yang dilakukan untuk menghemat penggunaan energi yaitu dengan menambah shading pada jendela, lampu hemat energi, memaksimalkan pencahayaan alami, kontrol hunian, efisiensi beban steker dan HVAC efisiensi yang tinggi. Rekomendasi tersebut dapat menurunkan nilai penggunaan energi menjadi 98,27 kWh/m<sup>2</sup>/tahun [4]. Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui beban pendingin serta penggunaan energi yang ada pada bangunan bekas coal mill dengan menggunakan metode Beban pendingin Temperature Difference (CLTD) dan simulasi menggunakan software Revit Autodesk. Dengan mengetahui penggunaan energi pada bangunan dapat dilakukan analisis peluang penghematan untuk mendapatkan penggunaan energi yang paling efisien.

## METODE

Berikut merupakan *flowchart* metodologi penelitian yang ada dalam penyusunan penelitian ini.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada gedung 1 Kampus B Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI) yang difungsikan sebagai perpustakaan dan kelas yang berada di Jalan Veteran, Komplek PT. Semen Indonesia, Gresik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan energi dan peluang penghematan untuk menghasilkan energi yang paling efisien. Langkah pertama yang dilakukan yaitu studi

pustaka yang berasal dari jurnal dan penelitian terdahulu, pengumpulan data sekunder dari pihak sarpras UI SI dan jurnal. Pengolahan data yang mencakup perhitungan beban pendingin dengan menggunakan metode Beban pendingin Temperature Difference (CLTD) dan simulasi menggunakan software Revit Autodesk pada selubung bangunan, proses validasi dengan nilai  $\pm 95\%$ , melakukan simulasi untuk mendapatkan nilai penggunaan energi, dan yang terakhir yaitu melakukan rekomendasi berdasarkan faktor beban pendingin yang meliputi faktor internal, eksternal dan jenis AC untuk mendapatkan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang paling efisien.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data yang ada pada penelitian ini selain didapatkan dari data sekunder, juga terdapat beberapa asumsi. Asumsi ini diperoleh dari standar yang berlaku yaitu *American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineer (ASHRAE)* dan *software Revit Autodesk* [5].

Tabel 1. Asumsi Data

No	Data	Asumsi
1	Jumlah Penghuni	397 orang/ 2440 m <sup>2</sup>
2	Peralatan Elektronik	Proyektor, <i>sound system</i> , komputer, dispenser dan lain sebagainya
3	Material Bangunan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dinding (Batako 150 mm, Batako 300 mm, Batako 400 mm, Beton 300 mm)</li> <li>Atap (Beton 300 mm)</li> <li>Jendela (Kaca 1/2 in <i>pilkington single glazing</i>)</li> <li>Partisi (Gypsum)</li> </ul>
4	Instalasi AC	Menggunakan AC <i>Center</i> dan AC <i>Split</i>
5	Lighting (lampu)	Menggunakan lampu <i>Tubular Lamp (TL)</i>

Melalui *software Revit Autodesk* terdapat berbagai macam pilihan material yang dapat

digunakan untuk bangunan. Dalam simulasi juga dapat dilakukan perubahan atau modifikasi parameter sesuai dengan kebutuhan.

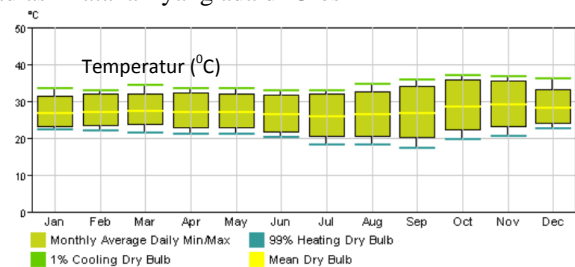
Tabel 2. *Heat Transfer Coefficient* Material

Material		<i>Heat Transfer Coeff</i> (BTU/hr.ft <sup>2</sup> .°F)
Dinding	Batako 400 mm	0.0255
	Batako 300 mm	0.0335
	Batako 300 mm	0.6140
Jendela	1/2 in <i>Pilkington Single Glazing</i>	1.0994
Partisi	Gypsum	0.4931
Atap	Batako 300 mm	0.6140

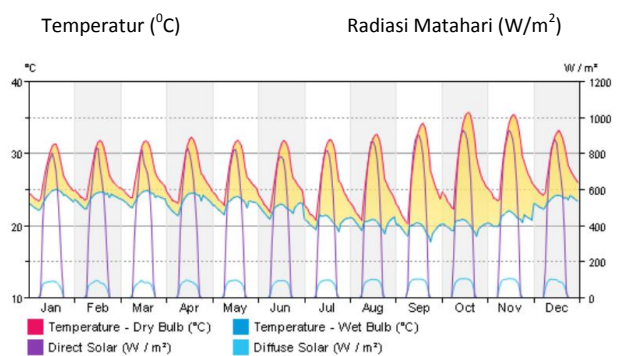
Sumber : Propertis Revit Autodesk

**Cuaca Gresik**

Berikut dipaparkan data temperatur dan radiasi matahari yang ada di Gresik



Gambar 2. Temperatur Gresik (Analisis Revit Autodesk)



Gambar 3. Radiasi Matahari Gresik (Analisis Revit Autodesk)

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, dapat diketahui bahwa temperatur dan radiasi matahari

maksimal yang ada di Gresik yaitu pada bulan Oktober yaitu sekitar 37<sup>0</sup>C dan 1040 W/m<sup>2</sup> sedangkan temperatur dan radiasi matahari minimal yaitu di bulan September pada angka sekitar 17<sup>0</sup>C dan 320 W/m<sup>2</sup>.

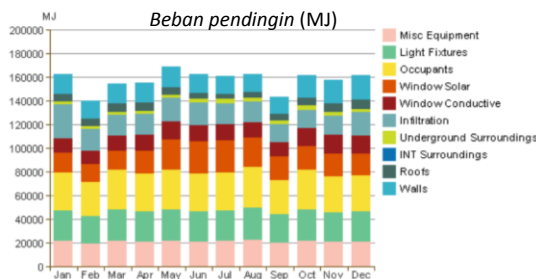
**Simulasi Gedung 1 Kampus B UI SI**

Pada tahap simulasi gedung 1 kampus B UI SI dilakukan penggambaran secara rinci mulai dari material penyusun, peralatan elektronik, jenis dan jumlah lampu, serta AC.



Gambar 4. Simulasi Gedung 1 Kampus B UI SI dengan Revit Autodesk

Dengan melakukan simulasi menggunakan software Revit Autodesk, didapatkan data beban pendingin pada bangunan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Beban pendingin Gedung 1 Kampus B UI SI

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai beban pendingin tertinggi terjadi pada bulan Mei dengan kontribusi terbesar berasal dari penghuni dan kaca. Hal ini dikarenakan pada bulan tersebut posisi matahari berada di sebelah utara (Analema Matahari) dengan jumlah kaca paling banyak juga berada di sebelah utara. Oleh sebab itu, panas yang dihasilkan akan semakin meningkat sehingga dapat membuat nilai beban pendingin semakin tinggi.

**Perhitungan Beban pendingin**

Perhitungan beban pendingin ini dilakukan pada bulan yang mempunyai temperatur paling tinggi yaitu pada bulan Oktober untuk daerah Gresik pada pukul 07.00 hingga 19.00. Berikut merupakan hasil perhitungan beban pendingin pada selubung bangunan dengan menggunakan metode Beban pendingin *Temperature Difference* (CLTD) [6].

Tabel 3. Beban pendingin Selubung

Cooling Load Selubung Bangunan	Cooling Load (BTU/hr)																		
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19						
Transmisi Dinding Luar	-10149	9600	29349	49098	79818	99567	119316	82287	77624	57875	27155	7406	-2469						
Transmisi Atap	-17349	-28603	-11723	-5158	31417	170212	65178	48297	29541	12660	-13598	-30479	-47359						
Transmisi Kaca	598	2988	17330	31673	49999	80277	78684	64341	53983	42031	23705	9362	2192						
Radiasi Kaca	52230	52230	52230	52230	52230	52230	52230	52230	52230	52230	52230	52230	52230						
Total	25329	36215	87187	138158	213464	402287	315407	247155	213378	164796	89491	38519	4594						

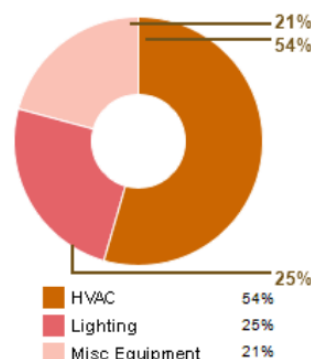
Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa nilai total beban pendingin pada selubung bangunan yaitu sebesar 1975980 BTU atau setara dengan 41695 MJ (satu bulan).

**Validasi Simulasi**

Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan nilai beban pendingin pada selubung bangunan dengan software Revit Autodesk yaitu sebesar 43000 MJ, sedangkan untuk perhitungan menggunakan metode CLTD sebesar 41695 MJ. Sehingga perbedaan antara keduanya sebesar 1401.5 MJ atau setara dengan 97% dengan error ±3%. Hal ini menunjukkan bahwa model bangunan yang dibuat telah tervalidasi.

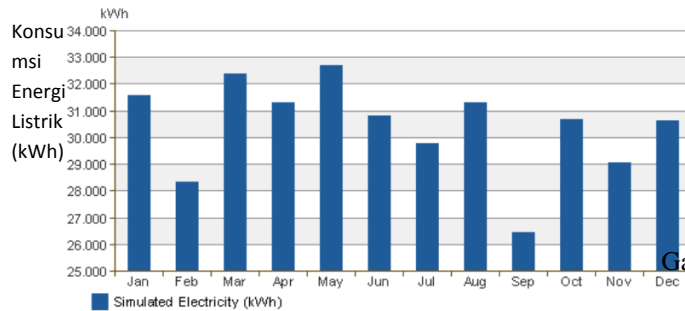
**Analisa Penggunaan Energi**

Berikut merupakan pembagian penggunaan energi listrik pada gedung 1 kampus B UI SI.

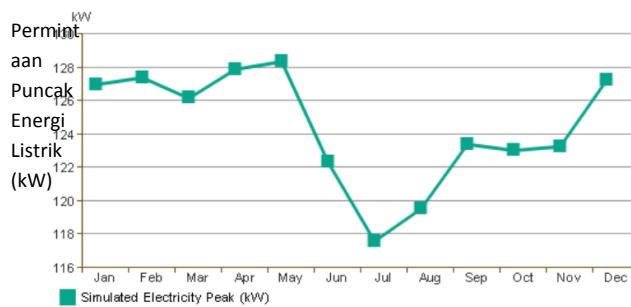


Gambar 6. Penggunaan Energi Listrik Gedung 1 Kampus B UI SI

Gambar 6 menunjukkan bahwa penggunaan energi listrik pada keseluruhan bangunan gedung 1 kampus B UIISI paling tinggi yaitu pada HVAC 54%, pencahayaan 25%, dan peralatan elektronik 21%.



Gambar 7. Konsumsi Energi Listrik Gedung 1 Kampus B UIISI

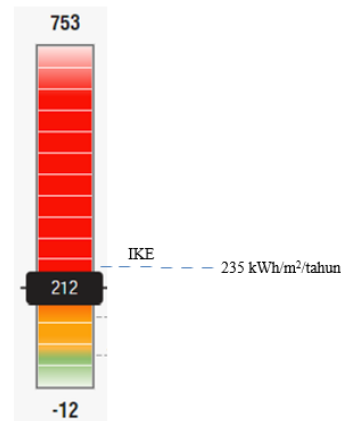


Gambar 8. Permintaan Puncak Energi Listrik Gedung 1 Kampus B UIISI

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8, konsumsi energi listrik dan permintaan puncak pemakaian energi paling besar terjadi pada bulan Mei yaitu sekitar 32800 kWh dan 28 kW, Hal ini dikarenakan pada bulan tersebut posisi matahari berada di sebelah utara (Analema Matahari) dengan jumlah kaca paling banyak juga berada di sebelah utara, sehingga kondisi didalam ruangan semakin panas yang mengakibatkan penggunaan AC semakin meningkat dan penggunaan energi pun semakin tinggi.

**Intensitas Konsumsi Energi (IKE)**

Berikut disajikan hasil dari nilai IKE pada gedung 1 kampus B UIISI.

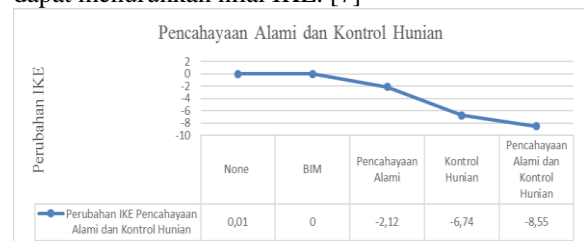


Gambar 9. Intensitas Konsumsi Energi Gedung 1 Kampus B UIISI

Gambar 9 menunjukkan bahwa nilai IKE untuk bangunan gedung 1 kampus B UIISI yang telah disimulasikan dengan menggunakan software Revit Autodesk adalah 212 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Nilai tersebut lebih rendah daripada standar bangunan gedung hijau yaitu 235 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Namun, berdasarkan kriteria IKE bangunan gedung ber-AC, nilai IKE pada bangunan perpustakaan dan kelas UIISI ini masih dalam kriteria agak boros (14.58-19.7 kWh/m<sup>2</sup>/bulan) yaitu sebesar 17.6 kWh/m<sup>2</sup>/bulan.

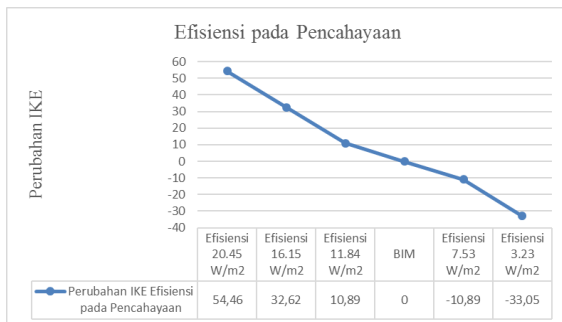
**Rekomendasi Penghematan Energi**

Pada rekomendasi penghematan energi ini dilakukan 7 skenario untuk mendapatkan penggunaan energi yang paling efisien. *Building Information Modeling* (BIM) pada setiap skenario menunjukkan nilai simulasi eksisting pada bangunan. Dengan tanda (+) mengakibatkan bertambahnya nilai IKE, sedangkan tanda (-) dapat menurunkan nilai IKE. [7]



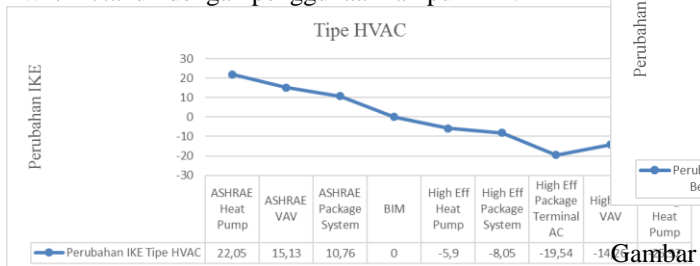
Gambar 10. Pencahayaan Alami dan Kontrol Hunian

Skenario pertama yaitu dengan memaksimalkan pencahayaan alami dan kontrol hunian pada bangunan yang dapat menurunkan nilai IKE sebesar 8.55 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Memaksimalkan pencahayaan alami yaitu dengan menggunakan pencahayaan dari matahari pada siang hari dan tidak menggunakan lampu penerangan, sedangkan untuk kontrol hunian yaitu dengan memasang sensor otomatis yang dapat menghidupkan maupun mematikan lampu berdasarkan ada tidaknya penghuni.



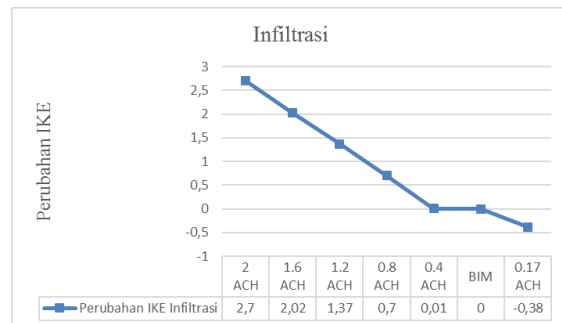
Gambar 11. Efisiensi pada Pencahayaan

Skenario kedua yaitu menggunakan efisiensi pada pencahayaan hingga 3.23 W/m<sup>2</sup> yang dapat menurunkan nilai IKE sebesar 33.05 kWh/m<sup>2</sup>/tahun dengan penggunaan lampu LED.



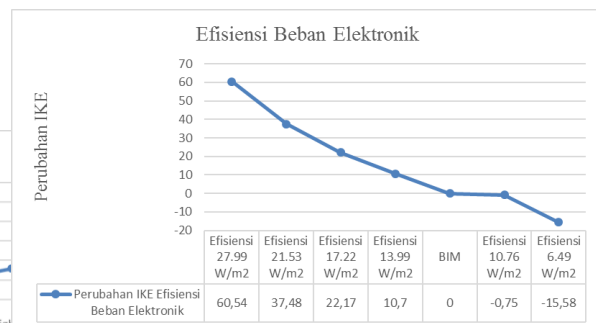
Gambar 12. Tipe HVAC

Skenario ketiga yaitu menggunakan tipe HVAC dari ASHRAE *package heat pump* yang dapat menurunkan nilai IKE sebesar 25.92 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Penerapan ASHRAE *package heat pump* yaitu dengan menggabungkan *heat pump* dan *evaporator* sehingga didapatkan nilai yang lebih efisien daripada jenis HVAV yang lain



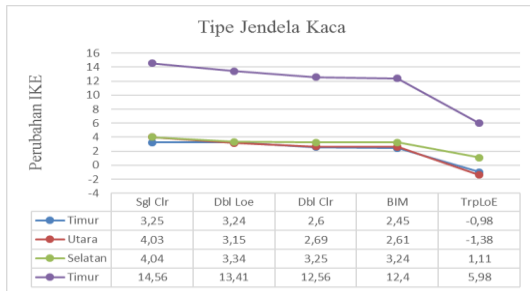
Gambar 13. Infiltrasi

Skenario keempat yaitu mengurangi peredaran udara infiltrasi menjadi 0.17 ACH yang dapat menurunkan nilai IKE sebesar 0.38 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Hal ini dapat dilakukan dengan memasang insulasi atau karet *seal* pada pintu dan memberikan penutup pintu otomatis. Nilai 2-0.17 ACH menunjukkan jika semakin kecil nilai ACH pada suatu ruangan maka semakin kecil beban AC, sehingga energi yang digunakan juga semakin kecil.



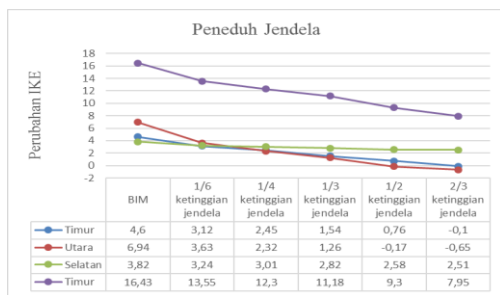
Gambar 14. Efisiensi Beban Elektronik

Skenario kelima yaitu efisiensi beban elektronik hingga 6.49 W/m<sup>2</sup> yang dapat menurunkan nilai IKE sebesar 15.58 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Hal tersebut dapat dilakukan dengan pemilihan barang-barang elektronik yang mempunyai label hemat energi.



Gambar 15. Tipe Jendela Kaca

Skenario keenam yaitu dengan mengubah tipe jendela kaca menjadi *Triple glass Low Emission* (TrpLoE) pada sisi sebelah timur dan utara yang dapat menurunkan nilai IKE sebesar 0.98 dan 1.38 kWh/m<sup>2</sup>/tahun.



Gambar 16. Peneduh Jendela

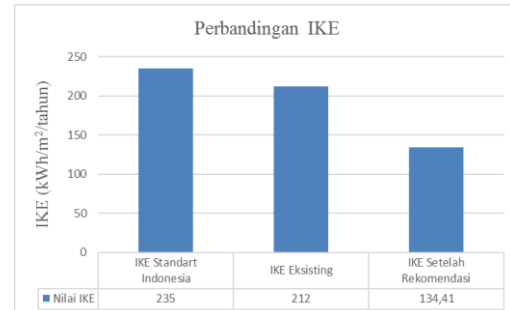
Rekomendasi terakhir yaitu dengan memberikan peneduh jendela dengan 2/3 ketinggian jendela pada sisi sebelah timur dan utara yang akan menurunkan nilai IKE sebesar 0.1 dan 0.65 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Pemasangan peneduh pada jendela ini dapat berfungsi untuk meminimalkan radiasi matahari yang masuk ke dalam bangunan.

Berdasarkan 7 skenario yang telah dilakukan, untuk mendapatkan penghematan energi yang paling efisien dapat dilakukan dengan kombinasi pencahayaan alami dan kontrol hunian, efisiensi pada pencahayaan 3.23 W/m<sup>2</sup>, ASHRAE package heat pump, infiltrasi 0.17 ACH, efisiensi beban elektronik 6.46 W/m<sup>2</sup>, tipe jendela kaca *Triple Low Emission* (TrpLoE) pada sisi timur dan utara, peneduh jendela dengan 2/3 ketinggian jendela pada sisi timur dan utara yang dapat menurunkan nilai IKE menjadi 134.41 kWh/m<sup>2</sup>/tahun.

**Perbandingan Nilai Intensitas Konsumsi Energi**

Berikut merupakan perubahan pada nilai IKE sebelum dilakukan rekomendasi

penghematan dan setelah dilakukan rekomendasi penghematan.



Gambar 17. Perbandingan IKE

Nilai IKE eksisting pada gedung 1 kampus B UIISI yaitu sebesar 212 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Nilai ini lebih kecil daripada nilai standar IKE pada bangunan perguruan tinggi yaitu 235 kWh/m<sup>2</sup>/tahun, namun nilai tersebut masih tergolong agak boros untuk bangunan gedung ber-AC. Setelah dilakukan 7 skenario penghematan yaitu penerapan pencahayaan alami dan kontrol hunian, tipe HVAC, infiltrasi, efisiensi pada pencahayaan, efisiensi beban elektronik, tipe jendela kaca, dan peneduh jendela, didapatkan nilai IKE sebesar 134.41 kWh/m<sup>2</sup>/tahun.

Berikut merupakan rincian perubahan yang dilakukan untuk menerapkan bangunan hemat energi pada gedung 1 kampus B UIISI.

Tabel 4. Perubahan Sebelum dan Setelah Rekomendasi

Skenario	Sebelum Rekomendasi	Setelah Rekomendasi
Pencahayaan alami dan kontrol hunian	×	√
Efisiensi pencahayaan	10.66 W/m <sup>2</sup>	3.23 W/m <sup>2</sup>
Tipe HVAC	AC center & split	ASHRAE package heat pump
Infiltrasi	0.2 ACH	0.17 ACH
Efisiensi beban elektronik	×	6.49 W/m <sup>2</sup>
Tipe jendela kaca	Single glass	Triple low emission
Peneduh jendela	×	2/3 ketinggian jendela

### SIMPULAN

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa berdasarkan simulasi yang dilakukan dengan menggunakan software Revit Autodesk, model bangunan telah tervalidasi sebesar 97%. Penggunaan energi pada gedung 1 kampus B UISI meliputi HVAC 54%, pencahayaan 25% dan peralatan elektronik 21%, dengan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebesar 212 kWh/m<sup>2</sup>/tahun. Rekomendasi yang diusulkan yaitu melakukan kombinasi pencahayaan alami dan kontrol hunian, efisiensi pada pencahayaan 3.23 W/m<sup>2</sup>, ASHRAE package heat pump, infiltrasi 0.17 ACH, efisiensi beban elektronik 6.46 W/m<sup>2</sup>, tipe jendela kaca Triple Low Emission (TrpLoE) pada sisi timur dan utara, peneduh jendela dengan 2/3 ketinggian jendela pada sisi timur dan utarayang dapat menghasilkan penghematan sebesar 36.6% dengan nilai IKE sebesar 134.41 kWh/m<sup>2</sup>/tahun.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Green Building Council Indonesia. 2016. Sekilas tentang Green Building
- [2] Peraturan Gubernur No 38 Tahun 2012 Tentang Bangunan Gedung Hijau.
- [3] Handayani, Yulia Puspasari. 2016. Simulasi Sistem Energi pada Rancangan Gedung L4 Perpustakaan Pusat Universitas Gadjah Mada dengan Energyplus. Skripsi, Jurusan Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2016.
- [4] Nugrahani, Elita Fidiya. 2016. Analysis on Energy Use in Reuse Cement Silo for Campus Building. Engineering Management Department, Faculty of Industrial and Agroindustrial Technology, Universitas Internasional Semen Indonesia (UISI), 2016.
- [5] Energy Audit and Cooling loads Analysis [online]. Dalam <http://www.autodesk.com/education/free-software/revit> [diakses pada 1 Februari 2017].
- [6] Bittriano, Yugo. 2013. Perhitungan Cooling load dan Distribusi Udara pada Rumah Sakit Menggunakan Software Elite CHVAC. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, 2013.
- [7] Constatntinescu, Dan, dkk. 2010. Validation Of The Software Used In Determining The Energi Performance of Buildings (EPB).