

Peluang Konservasi Energi pada Gedung Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

M. Ramy Dhia Humam¹ 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: ramydhia@gmail.com

ABSTRAK

Dalam Rencana Strategis Universitas Brawijaya 2015-2019, salah satu programnya adalah “pengembangan sarana dan prasarana Kampus UB menuju *Green Campus*”. Terdapat tiga indikator dalam program tersebut, salah satunya adalah “jumlah unit gedung dengan sistem efisiensi energi listrik”. Gedung Teknik Industri Fakultas Teknik sebagai bangunan perkuliahan yang dibangun pada periode tersebut tentunya harus mendukung target yang ingin dicapai pada Renstra. Gedung Teknik Industri terdiri dari tujuh lantai yang mengakomodasi kegiatan perkuliahan, laboratorium, seminar, maupun urusan administrasi. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE) serta mencari Peluang Konservasi Energi (PKE) pada Gedung Teknik Industri melalui pendekatan-pendekatan arsitektural. Metode yang digunakan adalah deskriptif evaluatif dengan pendekatan kuantitatif dan simulasi menggunakan software *Ecotect Analysis*. Setelah dilakukan audit energi, diketahui IKE Gedung Teknik Industri adalah 14,68 kWh/m²/bulan yang masuk dalam kategori boros dalam standard Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia. Setelah diterapkan rekomendasi desain baik melalui desain pasif dan desain aktif, konsumsi energi dapat ditekan sebesar 4 kWh/m²/bulan atau 27,84% menjadi 10,6 kWh/m²/bulan dan masuk dalam kategori efisien.

Kata kunci: intensitas konsumsi energi, peluang konservasi energi, audit energi

ABSTRACT

In Strategic Plan of Universitas Brawijaya 2015-2019, one of the programs is "development of facilities and infrastructure of UB Campus towards Green Campus". There are three indicators in the program, one of which is "the number of building units with electrical energy efficiency system". Industrial Engineering Building Faculty of Engineering which was built in that period must also support the targets. Industrial Engineering Building consists of seven floors that accommodate lectures, laboratories, seminars, and administrative affairs. The purpose of this study is to calculate the Energy Use Intensity (EUI) and to seek Energy Conservation Opportunities (ECOs) in Industrial Engineering Building through architectural approaches. The method used is descriptive evaluative with quantitative approach and simulation using Ecotect Analysis software. After the energy audit, it is known that the Industrial Engineering Building EUI is 14.68 kWh/m²/month which is fall into the wasteful category in the standard of the Ministry of National Education of the Republic of Indonesia. Having applied design recommendations both through passive design and active design, energy consumption can be reduced by 4 kWh/m²/month or 27.84% to 10.6 kWh/m²/month and fall into the efficient category.

Keywords: energy use intensity, energy conservation opportunities, energy audit

1. Pendahuluan

Perguruan tinggi telah menjadi garda terdepan dalam mengkampanyekan pengembangan berkelanjutan dan isu pemanasan global lewat pemanfaatan energi yang inovatif, konservasi energi, dan teknologi *clean-energy* (Eagan, 2008). Konsep Green Campus yang semakin populer juga membuat banyak pihak mulai memperhatikan pengembangan berkelanjutan dalam bangunan-bangunan pendidikan. Terbukti, sampai saat ini lebih dari 4000 bangunan pendidikan telah menyanggah sertifikasi LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) (Hough, 2013).

Dalam Rencana Strategis 2015-2019 Universitas Brawijaya, terdapat rencana “pengembangan sarana dan prasarana Kampus UB menuju Green Campus” sebagai salah satu program untuk meningkatkan kualitas pendidikan. Terdapat tiga indikator dari program tersebut, yakni: jumlah unit gedung dengan sarana dan prasarana smart building, persentase unit sarana dan prasarana pengelolaan limbah dan air terintegrasi termasuk kegiatan perencanaan, serta jumlah unit gedung dengan sistem efisiensi energi listrik. Gedung Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya sebagai salah satu gedung yang dibangun pada tahun 2015 tentunya harus mendukung target yang ingin dicapai pada Renstra 2015-2019 tersebut. Maka diperlukan kajian berupa audit energi pada Gedung Teknik Industri untuk mengetahui tingkat efisiensi energinya.

Audit Energi adalah proses evaluasi pemanfaatan energi dan identifikasi peluang penghematan energi serta rekomendasi peningkatan efisiensi pada pengguna sumber energi dan pengguna energi sebagai bentuk konservasi energi (SNI, 2011). Ada tiga jenis audit energi berdasarkan SNI 6196:2011 tentang Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung, yakni audit energi singkat (*walk through audit*), audit energi awal (*preliminary audit*), dan audit energi rinci (*detail audit*). Melalui audit energi, akan diketahui Intensitas Konsumsi Energi (IKE) suatu bangunan.

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Listrik merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan besarnya pemakaian energi dalam bangunan gedung dan telah diterapkan di berbagai negara (ASEAN, APEC), dinyatakan dalam satuan kWh/m² per bulan atau per tahun (SNI, 2011). Setelah IKE diketahui dan dapat diidentifikasi apakah termasuk dalam konsumsi energi yang sudah efisien atau boros, maka dapat dicari pula Peluang Konservasi Energi (PKE) untuk mengetahui di sektor mana penghematan paling mungkin dilakukan. Dari hasil analisis PKE tersebut dapat diberikan rekomendasi baik rekomendasi dalam desain pasif maupun aktif untuk menekan tingkat konsumsi energi.

Desain pasif menekankan pada aspek-aspek yang terdapat sejak tahap perancangan dan lebih bersifat arsitektural (tidak menggunakan mekanikal). Yang termasuk dalam klasifikasi desain pasif antara lain tata letak bangunan, selubung bangunan, bentuk geometri bangunan, kerapatan dan infiltrasi udara (Chen, 2015). Para perancang hendaknya memanfaatkan dengan maksimal desain pasif untuk membangun bangunan yang hemat energi, karena memaksimalkan aspek-aspek desain pasif tersebut, telah terbukti dapat meningkatkan performa bangunan (Chen, 2016).

Sedangkan rekomendasi pada desain aktif dapat dicapai melalui penggantian spesifikasi lampu dan AC menjadi lampu dan AC yang lebih hemat energi. Dalam studi Marzuki (2011) yang meneliti audit energi pada bangunan Gedung Direksi PT. Perkebunan Nusantara XIII didapati bahwa mengganti AC konvensional dengan AC yang berjenis inverter yang lebih hemat energi dapat menghemat biaya konsumsi listrik sebesar Rp. 13.083.536

/bulan. Sedangkan pada studi Abdul Malik (2013) yang mengaudit energi Gedung IV Kantor PT PLN (PERSERO) Wilayah Kalimantan Barat, mengganti AC dengan daya PK yang benar-benar sesuai dengan kebutuhan memiliki potensi penghematan energi sebesar 34,83 % atau sebesar Rp. 47.175.280 per tahun. Sementara untuk rekomendasi mengganti lampu dengan lampu LED tidak terlalu signifikan dampaknya untuk menurunkan IKE karena prosentasenya yang kecil (Marzuki, 2011).

2. Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif evaluatif dengan pendekatan kuantitatif dan simulasi menggunakan software Ecotect Analysis 2011. Objek penelitian adalah Gedung Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Gedung Teknik Industri dan mencari Peluang Konservasi Energi (PKE) melalui pendekatan-pendekatan arsitektural.

Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengumpulan dokumen-dokumen historis seperti daftar ruangan dan denah bangunan; observasi untuk mengetahui titik lampu dan AC; wawancara untuk mengetahui jam penggunaan ruang serta kebiasaan menyalakan dan mematikan peralatan elektronik; dengan cara pengukuran langsung menggunakan *watt-meter* untuk mengukur penggunaan energi peralatan elektronik (audit energi); serta dokumentasi untuk merekam foto ruang dalam dan ruang luar bangunan.

Metode audit energi yang dilakukan adalah audit rinci yang sesuai dengan SNI 6196:2011 tentang Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung yakni dengan pengukuran lengkap pada seluruh peralatan yang mengkonsumsi energi listrik. Setelah itu dilakukan penghitungan IKE dan analisis terhadap standard yang ada untuk melihat apakah IKE bangunan masuk dalam kategori hemat atau boros. Data penggunaan energi tersebut kemudian diprofiling sesuai dengan jenis penggunaannya menjadi energi untuk penghawaan, pencahayaan, dan peralatan elektronik. Hal ini untuk mengetahui Peluang Konservasi Energi (PKE) yang bisa dilakukan untuk menekan tingkat konsumsi energi pada bangunan.

Setelah itu diberikan rekomendasi-rekomendasi secara arsitektural baik pada sistem pasif maupun sistem aktif bangunan. Sintesis alternatif-alternatif rekomendasi tersebut menggunakan simulasi Ecotect untuk mensimulasikan performa bangunan setelah diberikan alternatif rekomendasi arsitektural sehingga kenyamanan ruang tetap terjaga. IKE hasil rekomendasi juga dihitung kembali untuk mengetahui penurunan konsumsi energi yang bisa diperoleh.

3. Hasil dan Pembahasan

Gedung Teknik Industri terdiri dari 10 ruang perkuliahan, laboratorium ergonomi, laboratorium komputer, laboratorium manufaktur, laboratorium simulasi, laboratorium statistik, studio manajemen industri, ruang administrasi, ruang dosen, ruang serba guna, ruang kemahasiswaan, dan kantin. Dengan luas $\pm 4099,468 \text{ m}^2$ dan terdiri dari 7 lantai, berbagai kegiatan di Teknik Industri dilaksanakan pada gedung ini.

3.1 Data Konsumsi Energi

Setelah dilakukan pengukuran menggunakan watt-meter pada seluruh peralatan elektronik di Gedung Teknik Industri, diperoleh data konsumsi energi dari masing-masing lantai.

Tabel 1. Data Konsumsi Energi Gedung Teknik Industri

Lantai	Konsumsi energi per hari (kWh)	Konsumsi energi per bulan (kWh/bulan)
Lantai 1	533,7352143	16012,05643
Lantai 2	334,0740629	10022,22189
Lantai 3	320,8283543	9624,850629
Lantai 4	368,7097686	11061,29306
Lantai 5	246,3290971	7389,872914
Lantai 6	156,2995714	4688,987143
Lantai 7	46,49470857	1394,841257
Total	2006,470777	60194,12331

3.2 Intensitas Konsumsi Energi

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah pembagian antara konsumsi energi listrik pada waktu tertentu dengan satuan luas gedung. Luas Gedung Teknik Industri adalah 4099,468 m², maka nilai IKE diperoleh:

$$\text{IKE} = \frac{\text{Konsumsi Energi Total (per bulan)}}{\text{Luas Bangunan}}$$
$$\text{IKE} = \frac{60195,45531}{4099,468}$$

$$\text{IKE} = 14,68372367 \text{ kWh/m}^2/\text{bulan}$$

Berdasarkan Standard IKE Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia Tahun 2004, IKE Gedung Teknik Industri sebesar 14,68372367 kWh/m²/bulan termasuk dalam kriteria agak boros sehingga harus dilakukan penghematan energi agar bisa menekan pemborosan tersebut.

Tabel 2. Kriteria IKE Departemen Pendidikan Nasional Republik Indonesia, 2004

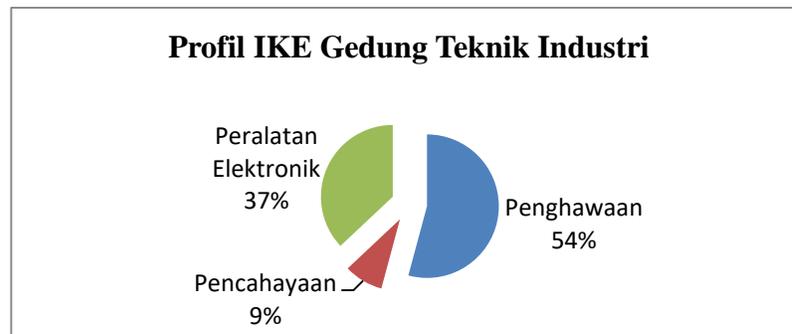
Kriteria	Ruangan AC (kWh/m ² /bulan)	Ruangan non AC (kWh/m ² /bulan)
Sangat Efisien	4,17 - 7,92	0,84 - 1,67
Efisien	7,92 - 12,08	1,67 - 2,5
Cukup Efisien	12,08 - 14,58	-
Agak Boros	14,58 - 19,17	-
Boros	19,17 - 23,75	2,5 - 3,34
Sangat Boros	23,75 - 37,75	3,34 - 4,17

3.3 Peluang Konservasi Energi (PKE)

Dalam menentukan PKE, terlebih dahulu dilakukan *profiling*. *Profiling* pada Gedung Teknik Industri dibagi menjadi tiga kriteria yakni penghawaan, pencahayaan, dan peralatan elektronik.

Tabel 3. Profil IKE Gedung Teknik Industri

Lantai	Penghawaan	Pencahayaan	Peralatan Elektronik
	per bulan	per bulan	per bulan
Lantai 1	2454	1357,7164	12200,34
Lantai 2	3334,59	1345,3549	5342,277
Lantai 3	7875,514286	587,06134	1162,275
Lantai 4	9248,4	721,85306	1091,04
Lantai 5	6222,24	558,49791	609,135
Lantai 6	3251,37	545,44534	892,1718
Lantai 7	228	179,54126	987,3
Total	32614,11429	5295,4702	22284,539



Gambar 1. Profil IKE Gedung Teknik Industri

Dari hasil *profiling* dapat dilihat potensi untuk penghematan energi paling besar berada pada sistem penghawaan. Walaupun begitu, untuk mendapat penghematan energi yang maksimal, tidak menutup kemungkinan juga untuk dilakukan penghematan energi pada sistem pencahayaan.

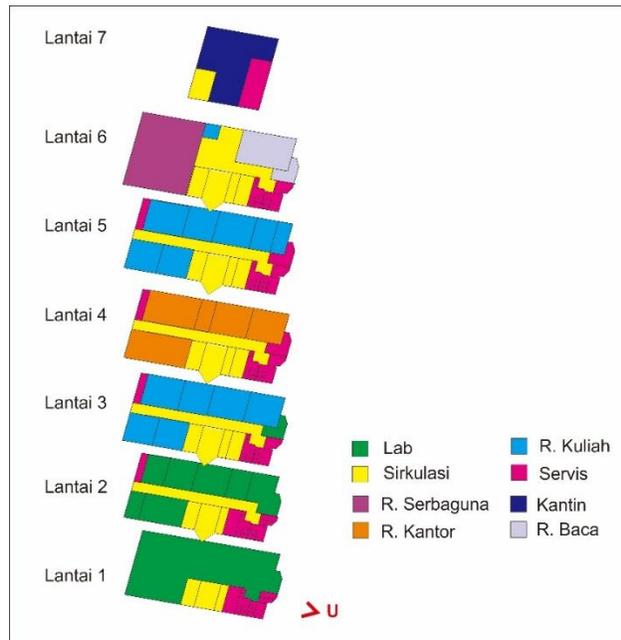
3.4 Rekomendasi Sistem Pasif

3.4.1. Analisis tata letak (*layout*)

Dalam penataan ruang Gedung Teknik Industri, masing-masing ruang setidaknya memiliki satu sisi yang berhubungan dengan ruang luar, sehingga bisa mendapat pencahayaan serta penghawaan alami. Ruang di dalam ruang hanya terdapat pada ruang-ruang servis seperti kamar mandi.

Secara penataan ruang berdasarkan fungsi, ruang-ruang utama seperti ruang perkuliahan dan laboratorium sudah diletakkan pada sisi Barat dan Timur yang bisa mendapat pencahayaan dan penghawaan alami karena bersinggungan dengan ruang luar. Secara penataan ruang vertikal, ruang-ruang laboratorium juga sudah diletakkan di lantai

bawah yakni lantai 1,2, dan 3, untuk memudahkan transportasi peralatan. Karena letak ruang kuliah dan kantor yang berada di lantai atas, maka tidak perlu mengkhawatirkan pandangan dari luar ke dalam ruang yang bisa mengganggu privasi dan aktivitas ruang. Berdasarkan analisis tersebut, maka penataan ruang pada Gedung Teknik Industri sudah baik dan tidak perlu diubah lagi.



Gambar 2. Tata letak vertikal Gedung Teknik Industri

3.4.2. Analisis selubung dan material bangunan

Selubung bangunan sebagian besar terdiri dari tembok bata yang dilapisi cat berwarna krem terang. Pada bangunan di iklim tropis, maka selubung sebisa mungkin tidak menyerap panas sehingga tidak menaikkan suhu di dalam ruang. Maka untuk mengurangi panas yang masuk, selubung harus dilapisi dengan material yang bisa memantulkan cahaya dengan maksimal. Warna terang lebih baik untuk memantulkan cahaya daripada warna gelap. Maka warna selubung yang paling optimal untuk menurunkan penyerapan panas ke dalam bangunan adalah warna putih. Namun berdasarkan pertimbangan estetika dan identitas bangunan, warna oranye pastel terang seperti eksisting sudah merupakan warna yang paling tepat.



Gambar 3. Tampak luar Gedung Teknik Industri

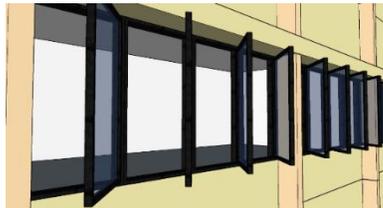
3.4.3. Analisis tipe jendela

Jendela eksisting pada Gedung Teknik Industri sebagian besar menggunakan jendela dengan bukaan tipe *awning*. Jendela dengan bukaan tipe *awning* memiliki luas bukaan efektif sebesar 75%. Dalam kaitannya dengan menurunkan konsumsi energi untuk penghawaan, bukaan jendela berperan untuk mengalirkan penghawaan alami sehingga bisa menurunkan suhu dalam ruang dan mengurangi penggunaan sistem penghawaan buatan. Semakin besar luas bukaan efektifnya, semakin banyak pula aliran angin yang bisa masuk ke dalam ruang untuk menurunkan suhu ruang.



Gambar 4. Jendela dengan tipe bukaan *awning* pada eksisting bangunan

Arah angin rata-rata di Kota Malang berhembus dari arah Selatan ke Utara. Ditambah dengan angin-angin lorong yang banyak terjadi sebagai akibat dari dipecahnya angin oleh gedung-gedung tinggi di sekitar Gedung Teknik Industri. Maka berdasarkan arah angin tersebut, jendela dengan tipe bukaan *casement* merupakan tipe jendela yang paling tepat untuk Gedung Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Jendela tipe *casement* memiliki luas bukaan efektif yang lebih besar dari tipe *awning* yakni sebesar 90%. Bukaan *casement* juga bisa diatur sedemikian rupa untuk menangkap angin dari arah Selatan dan dimasukkan ke dalam ruang.



Gambar 5. Bukaan tipe *casement* disesuaikan dengan arah angin

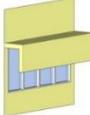
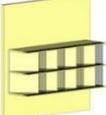
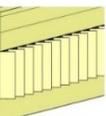
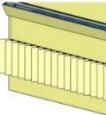
3.4.4. Analisis pembayang

Pembayang merupakan elemen bangunan yang dapat mempengaruhi penggunaan energi dalam bangunan. Pembayang yang baik akan bisa membayangi bukaan sehingga panas yang masuk ke dalam ruang bisa dikendalikan yang berujung pada menurunnya beban pendinginan AC. Selain aspek termal dan pembayangan tersebut, pembayang juga dapat mempengaruhi kualitas pencahayaan alami, akses visual dari dalam ke luar ruangan, dan estetika dari bangunan itu sendiri. Faktor-faktor tersebut tentunya akan mempengaruhi kenyamanan pengguna ruang.

Pada analisis ini terdapat enam desain alternatif pembayang yang akan dianalisis berdasarkan aspek termal, pembayangan, pencahayaan alami, akses visual, serta estetikanya. Analisis termal, pembayangan, dan pencahayaan alami menggunakan simulasi dari

perangkat lunak Ecotect Analysis untuk mensimulasikan performa bangunan setelah alternatif desain itu diterapkan.

Tabel 4. Komparasi desain alternatif pembayang untuk sisi Timur

	Sintesis	Periode Ketidaknyamanan Termal	Pembayangan	Pencahayaannya alami	View	Estetika
		2375 jam (27%)	62,5%	84,4%	★★★★★	★★★★★
		2286 jam (26%)	94,25%	78,4%	★★★★	★★★★★
		2286 jam (26%)	94,25%	70,9%	★★★	★★
		2381 jam (27,16%)	72,25%	65%	★★★	★★★
		1863 jam (21%)	100%	64,1%	★★★★	★★
		2035 jam (22,93%)	91,25%	72,5%	★★★★	★★★
		2030 jam (22,87%)	91,25%	100%	★★★★	★★★

Dari tabel hasil komparasi dapat dilihat bahwa masing-masing alternatif desain memiliki keunggulan dan kelemahannya masing-masing berdasarkan kriteria yang ada yakni kenyamanan termal, pembayangan, pencahayaan alami, akses visual (view), dan estetika.

Dengan menggunakan alternatif-alternatif desain tersebut, penggunaan AC pada ruang kuliah yang berada pada sisi Timur dan Barat menjadi berkurang. AC hanya digunakan pada saat periode-periode ketidaknyamanan. Penggunaan lampu juga menjadi berkurang karena sudah mendapatkan pencahayaan alami dari masing-masing desain alternatif. Maka diperoleh penurunan IKE dari masing-masing alternatif sebagai berikut

Tabel 5. Perbandingan IKE setelah masing-masing alternatif diterapkan

	IKE (kWh/m²/bulan)	Penghematan
Eksisting	14,68372367	-
Alternatif 1	12,20184449	16,9 %
Alternatif 2	12,20184449	16,9 %
Alternatif 3	12,26221086	16,49 %
Alternatif 4	11,8520198	19,28 %
Alternatif 5	11,94875611	18,63%
Alternatif 6	11,91268641	18,87%

Prosentase penurunan IKE paling besar adalah dari Alternatif 4 yakni sebesar 19,28% dari IKE eksisting. Hal ini karena desain Alternatif 4 adalah yang paling optimal dalam menurunkan suhu dalam ruangan sehingga kenyamanan termal ruang pada Alternatif 4 menjadi paling tinggi sehingga penggunaan energi untuk penghawaan buatan bisa secara signifikan dikurangi. Meski begitu desain alternatif lain juga efektif menurunkan IKE dengan perbedaan penurunan yang tidak terlalu jauh.

Alternatif 6 memiliki penghematan yang paling besar kedua setelah Alternatif 4. Walaupun Alternatif 6 memiliki sistem pencahayaan alami yang paling baik sehingga penggunaan lampu bisa ditekan, namun energi yang dikonsumsi lampu jauh lebih kecil daripada energi yang dikonsumsi AC, maka penghematan yang dihasilkan Alternatif 6 masih lebih kecil daripada Alternatif 4 yang memang paling optimal menekan penggunaan AC.

3.5. Rekomendasi Sistem Aktif

Selain pendekatan melalui sistem pasif, dilakukan juga pendekatan sistem aktif. Seperti halnya pada sistem pasif, pendekatan sistem aktif ini memberikan rekomendasi untuk sistem penghawaan dan sistem pencahayaan.

3.5.1. Sistem penghawaan

Sistem penghawaan buatan pada Gedung Teknik Industri menggunakan AC dan Exhaust fan. Jenis AC yang digunakan adalah tipe *ceilling cassette* dan AC split. Konsumsi listrik terbesar dari sistem penghawaan adalah dari penggunaan AC karena kapasitas AC yang besar. Maka dari itu dilakukan analisis beban pendinginan ruang untuk mengetahui apakah kapasitas AC yang digunakan sudah sesuai dengan beban pendinginan ruang. Analisis dilakukan pada ruang-ruang perkuliahan dan ruang dosen karena ruang-ruang tersebut yang paling sering digunakan dan menggunakan AC *ceilling cassette* dengan konsumsi energi yang besar.

Dari seluruh ruang kelas dan ruang dosen yang ada pada Gedung Teknik Industri, hanya dua yang telah menggunakan AC dengan kapasitas sesuai kebutuhan, sisanya menggunakan AC dengan kapasitas melebihi kebutuhan. Maka bisa dilakukan penghematan energi dengan mengganti spesifikasi AC dengan kapasitas sesuai kebutuhan masing-masing ruang.

Tabel 6. Kesesuaian kebutuhan kapasitas AC

Ruang	Kebutuhan Kapasitas AC (Btu/h)	Kapasitas AC saat ini (Btu/h)	Keterangan
Ruang Kuliah III-1	33.277	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Kuliah III-2	33.277	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Kuliah III-3	38.795	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Kuliah III-4	33.277	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Kuliah III-5	38.795	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Kuliah III-6	38.795	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Dosen I	50.934	54.000	Sesuai kebutuhan
Ruang Dosen II	49.830	54.000	Sesuai kebutuhan
Ruang Dosen III	33.277	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Kuliah V-1	33.277	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Kuliah V-2	33.277	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Kuliah V-3	38.795	54.000	Melebihi kebutuhan
Ruang Seminar V-1	38.795	54.000	Melebihi kebutuhan

3.5.2. Sistem Pencahayaan

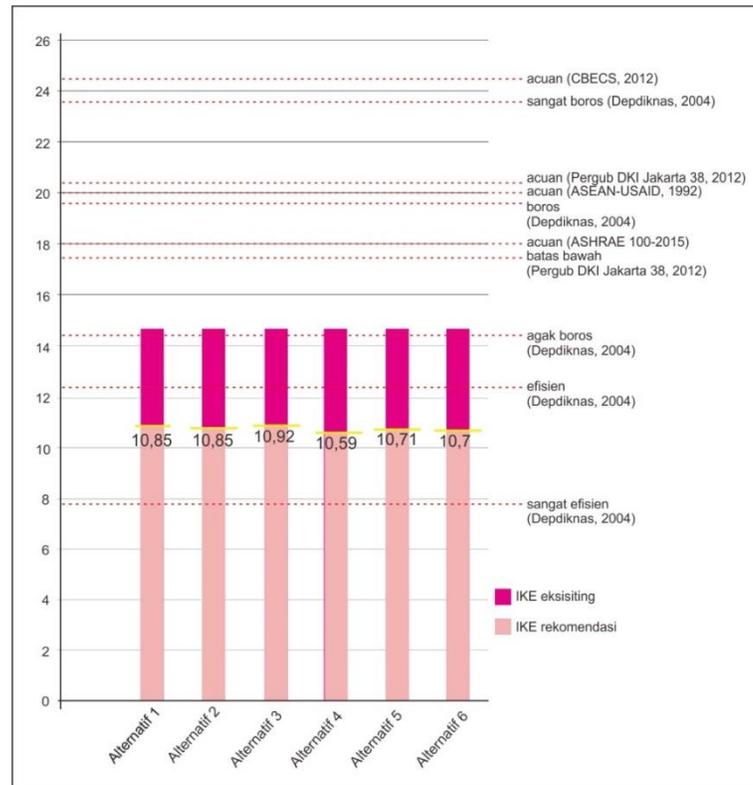
Sistem pencahayaan buatan pada Gedung Teknik Industri didominasi oleh penggunaan lampu TL dan lampu fluorescent. Lampu TL membutuhkan daya sebesar 36W dan lampu fluorescent sebanyak 42W. Penghematan energi dari sistem pencahayaan bisa dilakukan dengan mengganti spesifikasi lampu tersebut menjadi lampu LED yang jauh lebih hemat energi. Lampu TL LED dengan penerangan yang sama hanya membutuhkan daya 16W sedangkan lampu LED dengan penerangan yang sama dengan fluorescent hanya membutuhkan 4W.

3.6. Total Penghematan Energi

Setelah menerapkan rekomendasi sistem aktif yakni mengganti spesifikasi AC sesuai kebutuhan ruang serta mengganti spesifikasi lampu menjadi lampu LED, diperoleh penghematan energi yang bisa dilihat pada Tabel 4.47. Penghematan terbesar masih terdapat pada Alternatif 4 yang mencapai angka 27,84%. Hal ini sesuai dengan analisis PKE dimana potensi penghematan terbesar berada di sektor penghawaan. Maka desain alternatif yang paling optimal menekan konsumsi energi untuk penghawaan secara otomatis mendapat penghematan energi yang paling besar secara keseluruhan.

Sementara dari yang sebelumnya dengan IKE 14,68372367 kWh/m²/bulan termasuk dalam kriteria agak boros berdasarkan Depdiknas 2004, setelah dilakukan usaha-usaha penghematan dan rekomendasi, IKE Gedung Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya berada pada kriteria Efisien. IKE Gedung Teknik Industri juga memenuhi kriteria-

kriteria IKE lainnya dimana masih berada di bawah angka acuan (*source*) sehingga bisa dikatakan hemat.



Gambar 6. Grafik perbandingan IKE sebelum dan sesudah rekomendasi

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Intensitas Konsumsi Energi eksisting pada Gedung Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya termasuk dalam kategori agak boros
2. Penggunaan energi terbesar adalah untuk sistem penghawaan yakni 54%
3. Pada sistem pasif, rekomendasi desain yang dapat diberikan adalah pada tipe jendela dan elemen pembayang
4. Tipe jendela direkomendasikan diganti dari sistem bukaan *awning* dengan efektivitas bukaan 70% ke sistem bukaan *casement* dengan efektivitas bukaan 90%
5. Usaha penghematan energi dengan pendekatan sistem pasif dan aktif untuk sistem penghawaan dan pencahayaan dari berbagai alternatif desain berhasil menekan konsumsi energi hingga sebesar 27,84 % (Alternatif 4)
6. Besar konsumsi energi yang dapat ditekan tersebut sebesar 4 kWh/m²/bulan .
7. Setelah dilakukan penghematan energi melalui pendekatan sistem pasif dan aktif, Intensitas Konsumsi Energi dari Gedung Teknik Industri menjadi masuk dalam kriteria efisien.

Daftar Pustaka

- Abdul-Azeez, I.A dan Ho, C.S. 2015. Realizing Low Carbon Emission in the University Campus towards Energy Sustainability. *Open Journal of Energy Efficiency*, 2015, 4, 15-27
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 6169:2011 Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 6390:2011 Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2011. SNI 6197:2011 Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan. Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2001. SNI 03-2396-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami Pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN
- Chen, X; Hongxing; Lu, L. 2015. A Comprehensive Review on Passive Design Approaches in Green Building Rating Tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.50, pp 1425-1436.
- Eagan, D.J. 2008. Higher Education in a Warming World. The Business Case for Climate Leadership on Campus. *National Wildlife Federation's Campus Ecology*.
- Han, Y; Zhou, X; Luo, R. 2015. Analysis on Campus Energy Consumption and Energy Saving Measures in Cold Region in China. *Procedia Engineering* 121 (2015) 801 – 808.
- Hough, M.H. 2010. The Campus Green: Trampled by the Wheels of LEED. *Chronicle of Higher Education*, 16, 2010.
- Marzuki, A; Rusman. 2012. Audit Energi pada Bangunan Gedung Direksi PT. Perkebunan Nusantara XIII (Persero). *Vokasi Volume 8, Nomor 3, Oktober 2012* ISSN 1693 – 9085