

EVALUASI INTENSITAS KONSUMSI ENERGI (IKE) MELALUI AUDIT ENERGI PADA GEDUNG LABORATORIUM TEKNIK

Linda Sartika¹, Nursamsiah², Abdul Muis Prasetya³, Hendra⁴, Rizal Samanta⁵

^{1,2,3,4,5} *Teknik Elektro, Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia*

¹lindasartika75@gmail.com

Abstract—An electrical energy audit was conducted in the Engineering Laboratory Building of Universitas Borneo Tarakan to evaluate the actual Energy Consumption Intensity (ECI/IKE) and indoor environmental comfort. Energy utilization was classified into four primary load categories: air conditioning (AC), lighting, electronic devices, and laboratory equipment. Based on direct measurements, the cumulative total ECI of the building was 8.11 kWh/m²/month. Referring to the Minister of Energy and Mineral Resources (ESDM) Regulation No. 13 of 2012 for air-conditioned buildings, this value places the facility under the efficient category (7.98 to 12.08 kWh/m²/month). Annually, the cumulative ECI reached 97.39 kWh/m²/year, which is significantly below the ASEAN-USAID (1992) maximum threshold of 240 kWh/m²/year. The audit revealed that AC systems dominated daily consumption by accounting for 56.10%, while lighting loads absorbed 29.90%, with several rooms failing to meet the SNI 03-6197-2000 lighting standards. Recommended Energy Saving Opportunities (ESO/PHE) include implementing optimal AC temperature controls under SNI 03-6572-2001, retrofitting luminaires to energy-efficient LEDs, and installing occupancy-based automatic sensors.

Keywords—Energy Audit, Energy Consumption Intensity (ECI), Building Sector, Energy Saving Opportunities (ESO), Efficient

Intisari—Audit energi listrik dilakukan di Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan untuk mengevaluasi nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) riil serta parameter kenyamanan ruangan. Konsumsi energi pada gedung ini dikelompokkan ke dalam empat beban utama: sistem pengkondisian udara (AC), penerangan (lampu), perangkat elektronik, dan peralatan laboratorium. Hasil pengukuran menunjukkan nilai IKE total kumulatif gedung sebesar 8,11 kWh/m²/bulan. Merujuk pada Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012 untuk kriteria gedung ber-AC, nilai tersebut menempatkan gedung ini dalam kategori efisien (7,98 s.d. 12,08 kWh/m²/bulan). Sementara itu, nilai IKE tahunan kumulatif adalah 97,39 kWh/m²/tahun, berada jauh di bawah batas maksimum standar ASEAN-USAID (1992) sebesar 240 kWh/m²/tahun. Hasil audit mengidentifikasi beban AC mendominasi konsumsi harian sebesar 56,10%, sedangkan beban penerangan menyerap 29,90% daya gedung, di mana beberapa ruangan belum memenuhi standar pencahayaan SNI 03-6197-2000. Rekomendasi Peluang Hemat Energi (PHE) yang diusulkan meliputi pembatasan suhu AC sesuai SNI 03-6572-2001, program retrofit lampu ke LED hemat energi, dan pemasangan sensor hunian otomatis.

Kata Kunci—Audit Energi, Intensitas Konsumsi Energi (IKE), Sektor Bangunan, Peluang Hemat Energi (PHE), Efisien

I. PENDAHULUAN

Pembangunan berkelanjutan global saat ini bertumpu pada Sustainable Development Goals (SDGs) yang dicanangkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa, di mana salah satu pilar utamanya termuat pada poin nomor 7 mengenai penyediaan energi bersih dan terjangkau [1]. Energi merupakan sektor krusial yang menggerakkan seluruh lini kehidupan, sekaligus menjadi kontributor utama terhadap emisi gas rumah kaca global jika pengelolaannya tidak dilakukan secara bijaksana [1], [2]. Dalam upaya mengurangi dampak perubahan iklim dan mendukung agenda pembangunan nasional jangka panjang, efisiensi energi harus diterapkan secara agresif tidak hanya pada sektor industri berskala besar, melainkan juga pada sektor bangunan gedung komersial dan fasilitas publik yang sedang beroperasi [3], [4]. Langkah konservasi energi pada infrastruktur yang telah berdiri memiliki potensi reduksi konsumsi daya yang cukup signifikan tanpa harus mengubah struktur utama bangunan secara masif [3].

Bangunan gedung secara global mengonsumsi porsi energi yang sangat besar, yakni mencapai kurang lebih 23% dari total konsumsi energi nasional [5]. Di lingkungan institusi pendidikan tinggi, gedung laboratorium teknik memegang peranan vital yang sangat padat energi karena mengintegrasikan berbagai beban listrik dalam satu kesatuan struktur [6]. Aktivitas akademis di dalam laboratorium tidak hanya bergantung pada sistem pencahayaan standar, tetapi juga melibatkan pengoperasian peralatan praktikum berdaya tinggi, perangkat komputerisasi, serta sistem pengkondisian udara (Air Conditioning) yang harus bekerja terus-menerus demi menjaga suhu ruangan tetap stabil [6], [7]. Tingginya beban listrik dari kluster beban pendingin (AC) dan peralatan laboratorium ini kerap memicu pemborosan energi apabila tidak dikelola melalui manajemen beban yang sistematis [7]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah metode evaluasi yang komprehensif guna memetakan profil konsumsi energi secara riil [7].

Audit energi merupakan instrumen evaluasi teknis yang paling efektif untuk mengidentifikasi profil penggunaan energi listrik, menganalisis potensi pemborosan, serta merumuskan langkah-langkah perbaikan tanpa mengorbankan kenyamanan termal dan visual bagi penghuni gedung [7]. Melalui audit energi, parameter-parameter penting seperti nilai tegangan, arus, daya aktif, dan faktor daya dapat diukur secara presisi [7]. Langkah krusial berikutnya dalam audit energi adalah menentukan nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE), yaitu parameter

pembandingan antara total konsumsi energi listrik bulanan atau tahunan dengan luas total lantai bangunan [7], [10]. Di Indonesia, regulasi mengenai standar efisiensi energi gedung telah diatur secara ketat melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) Nomor 13 Tahun 2012 [7]. Selain itu, evaluasi ini juga harus merujuk pada Standar Nasional Indonesia (SNI) seperti SNI 03-6197-2000 untuk konservasi sistem pencahayaan dan SNI 03-6572-2001 untuk tata cara perancangan sistem ventilasi serta pengkondisian udara [8], [9].

Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan merupakan salah satu fasilitas akademik yang memiliki karakteristik beban kerja fluktuatif dan penggunaan AC yang mendominasi hampir di sebagian besar ruangnya [6], [10]. Hingga saat ini, data spesifik mengenai tingkat efisiensi penggunaan energi listrik pada gedung tersebut belum teridentifikasi secara menyeluruh, sehingga terdapat potensi terjadinya inefisiensi konsumsi daya. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan audit energi menyeluruh pada Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan guna mengevaluasi nilai IKE riil, tingkat pencahayaan ruangan, serta kenyamanan termal gedung [6], [8], [9]. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi teknis yang aplikatif dalam bentuk Peluang Hemat Energi (PHE) demi mewujudkan lingkungan kampus yang ramah energi (green campus) [7].

II. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan dijelaskan hal – hal yang dilakukan dalam melakukan penelitian dengan memahami teori dan tahapan dalam penelitian ini.

A. Audit Energi

Audit energi merupakan suatu proses evaluasi teknis yang sistematis dan terstruktur, meliputi analisis mendalam terhadap profil penggunaan energi, pengidentifikasian area-area yang mengalami pemborosan atau inefisiensi daya, serta penyusunan langkah-langkah pencegahan serta rekomendasi perbaikan [7]. Melalui pelaksanaan audit energi yang terencana, estimasi konsumsi energi di masa mendatang dapat diproyeksikan secara lebih akurat, sehingga potensi penghematan serta efisiensi anggaran operasional dapat dipetakan secara jelas [7].

Berdasarkan berbagai survei teknis dan kajian konservasi yang telah dilakukan secara berkala, terdapat indikasi kuat yang menunjukkan bahwa peluang penghematan energi pada sektor bangunan gedung komersial dan fasilitas publik masih sangat besar, yaitu berkisar antara 10% hingga 30% [7], [10]. Urgensi pelaksanaan audit ini semakin diperkuat oleh fakta data sektoral yang menunjukkan bahwa sektor bangunan gedung merupakan salah satu konsumen energi terbesar di tingkat nasional, dengan menyerap sekitar 23% dari total konsumsi energi keseluruhan sektor [5]. Oleh karena itu, penerapan audit energi pada bangunan Gedung khususnya pada fasilitas pendidikan seperti gedung laboratorium menjadi langkah awal yang sangat krusial dalam mendukung program konservasi energi nasional serta pencapaian target efisiensi energi yang diamanatkan oleh pemerintah [7].

B. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

IKE dijadikan acuan untuk seberapa besar konservasi energi yang dilakukan gedung tersebut[5]. Bila diindustri/pabrik istilah yang digunakan dan serupa tujuannya adalah konsumsi energi spesifik yaitu penggunaan energi untuk satuan produk yang dihasilkan. Pada hakekatnya Intensitas Konsumsi Energi ini adalah hasil bagi antara konsumsi energi total selama periode tertentu (satu tahun) dengan luasan bangunan, satuan IKE adalah kWh/m² per tahun. Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh ASEAN-USAID pada tahun 1987 yang laporannya baru dikeluarkan tahun 1992 dengan rincian sebagai berikut [6].

1. IKE untuk perkantoran adalah 240 kWh/m² per tahun.
2. IKE untuk gedung hotel/ apartemen: 300 kWh/ m² per tahun.
3. IKE untuk rumah sakit 380 kWh m² per tahun.
4. IKE untuk pusat belanja 300 kWh m² per tahun.

TABEL I
NILAI INTENSITAS KONSUMSI ENERGI (IKE) TANPA AC

Kriteria	Keterangan
Efisien (0,84–1,67) kWh/m ² /bulan	Efisiensi penggunaan energi masih perlu ditetapkan melalui penerapan system manajemen energi terpadu
Cukup Efisien (1,67–2,5) kWh/m ² /bulan	Penggunaan energi cukup efisien namun masih memiliki konservasi energi
Boros (2,5–3,34) kWh/m ² /bulan	Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian Gedung belum pertimbangan konservasi energi
Sangat Boros (3,34–4,17) kWh/m ² /bulan	Agar dilakukan peninjauan ulang atas semua instalasi/ peralatan energi serta penerapan manajemen energi dalam pengelolaan bangunan.

TABEL II
NILAI INTENSITAS KONSUMSI ENERGI (IKE) DENGAN AC

Kriteria	Keterangan
Sangat Efisien (4,17–7,92) kWh/m ² /bulan	Pengoperasian peralatan energi dilakukan dengan prinsip- prinsip manajemen energi
Efisien (7,98–12,08) kWh/m ² /bulan	Efisiensi penggunaan energi masih mungkin ditingkatkan melalui penerapan system manajemen energi terpadu
Cukup Efisien (12,08–14,58) kWh/m ² /bulan	Pengoperasian dan pemeliharaan gedung belum mempertimbangkan prinsip konservasi energi
Agak Boros (14,58–19,17) kWh/m ² /bulan	Desain bangunan maupun pemeliharaan dan pengoperasian gedung belum mempertimbangkan konservasi energi

C. Lux Meter

Alat ukur pencahayaan adalah lux meter, *luxmeter* memiliki satuan lux yang didefinisikan sebagai satuan metrik ukuran cahaya pada satuan permukaan [7]. *Luxmeter* disusun oleh 3 komponen utama yaitu rangka, LED dan photodiode. Lux meter digunakan dalam pengukuran pencahayaan, kelembaban, temperatur suhu, dan suara.

Besarnya tingkat pencahayaan ruangan sudah diatur dalam SNI 03-6197 tahun 2000 tentang Konservasi Energi Sistem Pencahayaan.

TABEL III
STANDAR TINGKAT PENCAHAYAAN LEMBAGA PENDIDIKAN DAN PERKANTORAN

No	Fungsi Ruangan	Tingkat Pencahayaan (Lux)
1	WC	250
2	Ruang Kerja	300
3	Ruang Rapat	300
4	Ruang Kelas	350
5	Laboratorium	500
6	Lobby	350

Luxmeter tidak hanya dapat dilakukan untuk mengukur pencahayaan juga dapat mengukur suhu ruangan dan kelembaban pada suatu ruangan bangunan gedung. Kondisi udara ruang yang direncanakan harus sesuai dengan fungsi dan persyaratan penggunaan ruangan yang dimuat oleh standar [8], untuk memenuhi kenyamanan termal penggunaan bangunan.

1. Sejuk nyaman, dengan temperatur efektif 20,5°C ~ 22,8°C.
2. Nyaman optimal, dengan temperatur efektif 22,8°C ~ 25,8°C.
3. Hangat nyaman, antara temperatur efektif 25,8°C ~ 27,1°C.

Untuk kelembaban daerah tropis, kelembaban yang dianjurkan antara 40% ~ 50% namun untuk ruangan yang jumlah orangnya padat seperti ruang pertemuan kelembaban udara relatif masih diperbolehkan berkisar antara 55% ~ 60%.

D. Power Meter

Power meter adalah alat ukur yang digunakan dalam pengukuran daya untuk mengetahui konsumsi pemakaian daya listrik pada barang elektronik dengan fungsi mengukur jumlah watt perangkat listrik dengan mencolokkan alat ke listrik dan perangkat yang akan diukur. Alat pengukur daya listrik ini cocok digunakan di Indonesia karena cocok dengan *voltage* di Indonesia, yakni 220V.

E. Peluang Hemat Energi (PHE)

Terdapat 4 jenis peluang hemat energi yang diidentifikasi dapat dilakukan sebagai upaya rencana penghematan energi listrik. Berikut ini merupakan hasil identifikasi alternatif beserta rencana penghematan energi secara rinci yang telah dikelompokkan ke dalam empat

jenis alternatif konservasi energi perusahaan secara garis besar [9]

1. Perubahan Instruksi penggunaan fasilitas perusahaan.
2. Renovasi/ penyesuaian desain bangunan dan ruangan perusahaan
3. Penerapan teknologi berbasis hemat energi
4. Pelatihan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia

Dimulai dari Studi literatur bertujuan untuk mempelajari hal-hal terkait sumber referensi atau teori – teori yang dimana berkaitan dengan penelitian tugas akhir atau skripsi ini. Kemudian dilanjutkan dengan Studi Bimbingan merupakan upaya mahasiswa yang bersangkutan, bertanya dengan dosen pembimbing mengenai hal-hal yang berkaitan tentang penelitian. Selanjutnya pengumpulan data sekunder yaitu data denah bangunan gedung berupa luas fungsi ruangan, dan juga melakukan pengambilan data secara primer yaitu melakukan pengukuran secara langsung pada setiap ruangan dengan mengukur konsumsi perangkat elektronik, pencahayaan lampu dan beban pemakaian AC (*Air Conditioner*). Setelah itu melakukan pengolahan data dilakukan analisis bertujuan untuk mengolah data yang telah diperoleh kemudian data tersebut dihitung sesuai dengan standar nilai IKE apabila didapatkan nilai yang melebihi dari standar IKE maka akan dilakukan PHE (Peluang Hemat Energi) dengan mengidentifikasi dan membuat perubahan prosedur peralatan serta rekomendasi perubahan. Dan apabila telah sesuai dengan standar maka akan dilanjutkan dengan kesimpulan dan selesai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan terletak di jl. Amal Lama No.1 Kelurahan Pantai Amal, Kecamatan Tarakan Timur, Kota Tarakan, Kalimantan Utara. Gedung Laboratorium Teknik terdiri dari 3 lantai dimana pada lantai 1 digunakan sebagai aktivitas melakukan praktikum karena terdapat ruang laboratorium, pada lantai 2 dan 3 digunakan sebagai tempat kerja terdapat ruang tata usaha, dan ruang kerja, serta sebagai tempat pembelajaran mahasiswa yaitu terdiri dari ruang perkuliahan, dan ruang seminar.

Intensitas Konsumsi Energi atau disingkat IKE, melalui audit yaitu proses kegiatan evaluasi dengan mengetahui profil penggunaan energi listrik pada gedung dengan melakukan pengukuran berupa pemakaian daya listrik pada gedung yang diklasifikasikan menjadi 3 yaitu perangkat elektronik, pencahayaan dan *Air Conditioning*. Adapun parameter lainnya berupa data luas ruangan, beban daya listrik saat kondisi ruangan digunakan, spesifikasi peralatan elektronik berupa *namplate* dan fungsi pada tiap ruangan. Kemudian mengetahui nilai Intensitas Konsumsi Energi membandingkan penggunaan energi listrik hasil dari pengukuran dengan luas bangunan. Nilai standar konsumsi energi listrik merujuk pada Permen ESDM No.13 tahun 2012 untuk gedung perkantoran (komersil). Penggunaan Standar Nasional Indonesia sebagai identifikasi potensi hemat energi dan apabila didapatkan nilai Intensitas Konsumsi Energi yang melebihi dari standar atau terjadinya pemborosan pada Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan.

A. Komposisi kWh dan luas ruangan pada Gedung Laboratorium Teknik Universitas Tarakan

TABEL IV
KONSUMSI KWH DAN LUAS RUANGAN

Area	Konsumsi Energi (kWh/hari)				Jumlah (kWh)	Luas (m ²)
	Lampu	AC	Perangkat Elektronik	Alat Lab		
Lantai 1	58,14	33,77	3,30	22,03	114,24	1.687
Lantai 2	45,76	123,25	22,18	-	191,19	1.184
Lantai 3	32,004	97,92	19,17	-	149,09	848

Berdasarkan data pada Tabel IV, total konsumsi energi harian pada Gedung Laboratorium Teknik mencapai 454,52 kWh dengan total luas bangunan dari ketiga lantai sebesar 3.719 m². Evaluasi sektoral terhadap kelompok beban menunjukkan bahwa sistem pengkondisian udara (*Air Conditioning* atau AC) merupakan konsumen energi terbesar di dalam gedung, yaitu menyerap daya sebesar 254,94 kWh/hari atau sekitar 56,10% dari total konsumsi keseluruhan. Beban terbesar kedua ditempati oleh sistem penerangan (lampu) yang mengonsumsi daya sebesar 135,90 kWh/hari (29,90%), disusul oleh perangkat elektronik sebesar 44,65 kWh/hari (9,82%), dan peralatan praktikum laboratorium sebesar 22,03 kWh/hari (4,85%) yang hanya terdapat di lantai 1. Tingginya persentase konsumsi AC dan lampu ini menegaskan bahwa fokus utama program konservasi dan Peluang Hemat Energi (PHE) harus diarahkan pada manajemen pengkondisian udara dan efisiensi sistem pencahayaan ruang.

Jika dianalisis berdasarkan sebaran per lantai, Lantai 1 memiliki total konsumsi harian sebesar 114,24 kWh untuk area seluas 1.687 m². Meskipun Lantai 1 menampung seluruh beban peralatan laboratorium (22,03 kWh) dan memiliki luas lantai terbesar, wilayah ini menghasilkan nilai IKE harian paling rendah, yaitu hanya sebesar 0,068 kWh/m²/hari. Hal ini disebabkan oleh konsumsi AC di lantai 1 yang relatif rendah (33,77 kWh), mengindikasikan bahwa sistem pendingin udara di ruang-ruang praktikum tidak dioperasikan secara terus-menerus sepanjang hari kerja melainkan hanya pada saat aktivitas praktikum berlangsung. Kondisi ini berbanding terbalik dengan pola penggunaan energi di lantai-lantai atas yang didominasi oleh aktivitas administrasi dan perkuliahan reguler.

Lantai 2, yang difungsikan sebagai ruang kerja dan tata usaha, mencatatkan konsumsi energi harian tertinggi di antara seluruh lantai, yaitu mencapai 191,19 kWh untuk luasan 1.184 m². Tingginya konsumsi energi di lantai ini dipicu oleh beban pendingin udara (AC) yang sangat masif, yakni sebesar 123,25 kWh/hari atau berkontribusi sebesar 64,46% dari total konsumsi energi harian di lantai tersebut. Karakteristik ruang kerja staf dan tata usaha yang menuntut AC menyala secara konstan selama jam kerja operasional menjadi penyebab utama lonjakan beban ini. Dengan konsumsi energi harian yang besar tersebut, rasio intensitas energi di Lantai 2 mencapai 0,161 kWh/m²/hari, yang menunjukkan perlunya evaluasi terhadap pengaturan suhu AC agar tetap berada pada batas nyaman optimal tanpa memicu pemborosan daya.

Sementara itu, Lantai 3 yang memiliki luas lantai paling kecil (848 m²) mencatatkan konsumsi energi harian sebesar 149,09 kWh. Area ini difungsikan sebagai ruang

kuliah dan ruang seminar, di mana penggunaan sistem AC menyerap daya sebesar 97,92 kWh/hari. Akibat luasan lantai yang terbatas namun memiliki beban pendinginan serta pencahayaan yang cukup intensif, Lantai 3 menghasilkan nilai rasio intensitas harian tertinggi dibandingkan lantai lainnya, yaitu sebesar 0,175 kWh/m²/hari. Secara keseluruhan, analisis data Tabel 4 mengonfirmasi bahwa penataan jadwal pemakaian ruang kelas, pengontrolan durasi aktif AC di ruang kerja, serta penggantian lampu menjadi jenis LED hemat energi merupakan langkah taktis yang paling potensial untuk meningkatkan efisiensi energi di Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan.

B. Perhitungan Intesitas Konsumsi Energi (IKE)

Berikut adalah Intensitas Konsumsi Energi Listrik (IKE) pada gedung laboratorium Teknik Universitas Tarakan

TABEL V
INTENSITAS KONSUMSI ENERGI (IKE)

Area	Intensitas Konsumsi Energi (IKE)		
	kWh/m ² /hari	kWh/m ² /bulan	kWh/m ² /tahun
Lantai 1	0,069	1,38	16,56
Lantai 2	0,161	3,22	38,64
Lantai 3	0,175	3,51	42,19
Total	0,405	8,11	97,39

Berdasarkan hasil perhitungan akumulatif data konsumsi energi listrik harian dan luas lantai bersih yang disajikan pada Tabel V, diperoleh profil Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang bervariasi pada setiap tingkat lantai Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan. Lantai 1 yang memiliki luasan terbesar mencatatkan nilai IKE paling rendah, yaitu sebesar 0,069 kWh/m²/hari. Dengan asumsi jumlah hari kerja efektif sebanyak 20 hari dalam satu bulan, nilai tersebut setara dengan konsumsi bulanan sebesar 1,38 kWh/m²/bulan dan konsumsi tahunan kumulatif sebesar 16,56 kWh/m²/tahun. Di sisi lain, Lantai 2 mencatatkan nilai IKE harian sebesar 0,161 kWh/m²/hari, yang setara dengan 3,22 kWh/m²/bulan atau 38,64 kWh/m²/tahun.

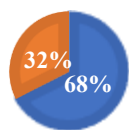
Nilai IKE tertinggi diperoleh pada Lantai 3, yaitu mencapai 0,175 kWh/m²/hari atau setara dengan 3,51 kWh/m²/bulan dan 42,19 kWh/m²/tahun. Secara keseluruhan, akumulasi pemakaian energi dari ketiga lantai menghasilkan nilai IKE total rata-rata sebesar 0,405

kWh/m²/hari. Parameter kumulatif ini menjadi basis penting untuk menentukan total indeks penggunaan energi gedung, yaitu sebesar 8,11 kWh/m²/bulan untuk skala bulanan dan 97,39 kWh/m²/tahun untuk skala tahunan.

Untuk mengevaluasi tingkat efisiensi penggunaan daya tersebut, nilai IKE total bulanan gedung disandingkan dengan standar regulasi nasional yang berlaku di Indonesia. Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) Nomor 13 Tahun 2012 mengenai pedoman penghematan energi untuk kategori gedung perkantoran atau bangunan komersial ber-AC, nilai IKE total sebesar 8,11 kWh/m²/bulan secara resmi menempatkan Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan ke dalam kategori efisien (yang memiliki rentang standar antara 7,98 s.d. 12,08 kWh/m²/bulan). Klasifikasi gedung ber-AC ini dipilih sebagai acuan karena sebagian besar ruangan aktif di dalam gedung, seperti ruang kerja, ruang tata usaha, kelas, hingga beberapa laboratorium utama, memanfaatkan unit pendingin udara (*Air Conditioning*) secara intensif dengan persentase pemakaian mencapai 68 % seperti terlihat pada Gambar 1. Merujuk pada indikator kriteria tersebut, meskipun penggunaan daya gedung sudah masuk dalam ambang batas efisien, efisiensi konsumsinya masih sangat terbuka untuk dioptimalkan kembali menuju kategori "sangat efisien" melalui penerapan sistem manajemen energi terpadu serta pengontrolan beban secara terjadwal.

Analisis lebih lanjut dilakukan dengan membandingkan nilai IKE tahunan total gedung terhadap parameter referensi regional berskala internasional. Berdasarkan hasil kajian komprehensif yang dirilis oleh ASEAN-USAID pada tahun 1992, nilai ambang batas standar IKE tahunan untuk sektor bangunan perkantoran komersial ditetapkan maksimum sebesar 240 kWh/m²/tahun. Hasil evaluasi akhir pada Gedung Laboratorium Teknik menunjukkan angka 97,39 kWh/m²/tahun, yang membuktikan bahwa tingkat konsumsi energi tahunan gedung tersebut berada jauh di bawah batas maksimum standar yang direkomendasikan oleh ASEAN-USAID. Rendahnya nilai tahunan ini dipengaruhi oleh karakteristik operasional laboratorium akademik yang tidak digunakan secara nonstop, melainkan berfluktuasi mengikuti jadwal praktikum dan kalender akademik mahasiswa. Hasil komparasi ganda ini menegaskan bahwa kinerja sistem kelistrikan di gedung tersebut saat ini tergolong baik, namun evaluasi berkelanjutan tetap diperlukan untuk mengantisipasi potensi pemborosan energi di masa mendatang.

■ YA ■ TIDAK



Gambar 1 Grafik Penggunaan AC

Analisis integratif terhadap seluruh data pengukuran menunjukkan adanya korelasi yang sangat erat antara sistem pengkondisian udara (AC), tingkat pencahayaan

ruangan, kenyamanan termal, dan nilai akhir Intensitas Konsumsi Energi (IKE) di Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan. Meskipun secara akumulatif nilai IKE gedung sebesar 8,11 kWh/m²/bulan (97,39 kWh/m²/tahun) telah masuk dalam kategori Efisien berdasarkan regulasi Permen ESDM No. 13 Tahun 2012 dan berada jauh di bawah ambang batas ASEAN-USAID, hasil audit teknis mendalam mengidentifikasi beberapa titik inefisiensi yang masih dapat dioptimalkan. Dominasi beban pendingin (AC) yang mencapai 56,10 % dari total konsumsi energi harian gedung (254,94 kWh dari total 454,52 kWh) mengonfirmasi bahwa sektor tata udara merupakan penyerap daya paling kritis, khususnya di Lantai 2 dan Lantai 3 yang memiliki densitas beban kerja serta aktivitas akademik harian yang tinggi. Tingginya konsumsi energi AC ini berbanding lurus dengan tantangan pemenuhan kenyamanan termal bagi pengguna gedung sesuai standar SNI 03-6572-2001. Keadaan ini menuntut adanya regulasi operasional yang lebih ketat, seperti penetapan batas suhu AC pada zona nyaman optimal (22,8 °C hingga 25,8 °C) dan pemanfaatan sistem kendali berbasis sensor hunian (*occupancy sensor*) guna menghindari pemborosan daya saat ruangan kosong.

Di sisi lain, sektor sistem pencahayaan (lampu) yang menyerap daya hingga 29,90% (135,90 kWh/hari) dari total konsumsi gedung juga memerlukan perhatian khusus. Berdasarkan evaluasi standar tingkat pencahayaan merujuk pada SNI 03-6197-2000, terdapat ketidakseimbangan distribusi iluminasi di beberapa area kerja dan ruang kuliah. Sebagian ruangan teridentifikasi memiliki tingkat pencahayaan di bawah standar minimal (misalnya ruang kelas yang membutuhkan minimal 350 lux atau laboratorium sebesar 500 lux), sementara di beberapa sudut gedung terjadi kelebihan intensitas cahaya akibat tata letak armatur lampu yang kurang proporsional. Kondisi ini menunjukkan bahwa tingginya konsumsi energi listrik pada sektor pencahayaan belum berkorelasi positif dengan kualitas visual yang dihasilkan. Oleh karena itu, rekomendasi Peluang Hemat Energi (PHE) yang paling aplikatif adalah melakukan program *retrofit* atau penggantian lampu eksisting dengan teknologi Light Emitting Diode (LED) yang memiliki efikasi tinggi, serta mendesain ulang tata letak titik lampu agar distribusi pencahayaan lebih merata tanpa memicu lonjakan konsumsi daya.

Secara konklusif, Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan memiliki potensi penghematan energi yang cukup signifikan apabila rekomendasi Peluang Hemat Energi (PHE) diterapkan secara sistematis. Rekomendasi tersebut mencakup empat pilar utama konservasi, yaitu: perubahan instruksi dan prosedur penggunaan fasilitas kelistrikan, penyesuaian desain tata letak ruangan untuk memaksimalkan pencahayaan alami, penerapan teknologi sensor otomatis berbasis hemat energi, serta pembinaan kesadaran (*awareness*) hemat energi bagi staf, dosen, dan mahasiswa. Implementasi dari PHE ini diproyeksikan tidak hanya akan menurunkan nilai IKE gedung hingga mendekati kategori "Sangat Efisien" (4,17 s.d. 7,92 kWh/m²/bulan), melainkan juga menekan biaya operasional institusi secara signifikan. Langkah taktis ini menjadi representasi nyata dari komitmen akademis Universitas Borneo Tarakan

dalam mendukung program konservasi energi nasional serta mewujudkan visi pembangunan lingkungan kampus yang ramah energi dan berkelanjutan (*green campus*).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil audit energi, pengolahan data, dan analisis integratif yang telah dilakukan pada Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan, nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) total secara akumulatif untuk Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan adalah sebesar 8,11 kWh/m²/bulan. Merujuk pada standar Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (Permen ESDM) Nomor 13 Tahun 2012 untuk klasifikasi bangunan gedung ber-AC, nilai tersebut menempatkan gedung ini ke dalam kategori efisien (rentang standar 7,98 s.d. 12,08 kWh/m²/bulan).

Evaluasi dalam skala tahunan menunjukkan nilai IKE kumulatif gedung adalah sebesar 97,39 kWh/m²/tahun. Jika dibandingkan dengan standar regional ASEAN-USAID (1992) untuk gedung perkantoran komersial yang menetapkan ambang batas maksimum sebesar 240 kWh/m²/tahun, maka konsumsi energi pada Gedung Laboratorium Teknik masih berada jauh di bawah ambang batas aman tersebut. Hal ini dipengaruhi oleh pola operasional peralatan laboratorium dan ruang kelas yang fluktuatif serta tidak aktif secara terus-menerus selama 24 jam.

Sistem pengkondisian udara (*Air Conditioning* atau AC) merupakan sektor konsumen energi listrik terbesar di dalam gedung dengan kontribusi mencapai 56,10% (254,94 kWh/hari) dari total konsumsi harian. Lantai 3 memiliki rasio intensitas energi harian tertinggi (0,175 kWh/m²/hari) karena luasan lantai yang kecil namun memiliki beban pendinginan ruang kuliah yang padat. Sementara itu, sistem pencahayaan (lampu) menyerap 29,90% (135,90 kWh/hari) daya gedung, di mana hasil pengukuran lux meter menunjukkan adanya beberapa ruang kelas dan laboratorium yang tingkat iluminasinya belum memenuhi standar SNI 03-6197-2000.

Potensi Peluang Hemat Energi (PHE) yang dapat direkomendasikan untuk meningkatkan efisiensi menuju kategori "Sangat Efisien" meliputi: penerapan kebijakan pengaturan suhu AC pada rentang nyaman optimal (22,8 °C s.d. 25,8 °C) sesuai SNI 03-6572-2001, melakukan program *retrofit* dengan mengganti lampu eksisting menggunakan jenis LED hemat energi, serta mengimplementasikan teknologi kendali otomatis (sensor hunian) pada ruangan yang memiliki tingkat fluktuasi penggunaan tinggi.

REFERENSI

- [1] United Nations, "Agenda 2030 untuk Pembangunan Berkelanjutan," *Sustainable Development Goals*, 2005. [Online]. Available: <https://education.nationalgeographic.org/resource/sustainable-development-goals>.
- [2] R. E. Kalman, "New results in linear filtering and prediction theory," *J. Basic Eng.*, ser. D, vol. 83, pp. 95-108, Mar. 1961.
- [3] Dirgagautama and N. Saputro, "Penerapan Algoritma Genetik Pada Permainan Catur Jawa," *J. Integral*, vol. 9, pp. 17-26, Mar. 2004.

- [4] I Wiratmadja, R. Govindaraju, and N. Athari, "The Development of Mobile Internet Technology Acceptance Model," in *Proceedings of the 2012 IEEE 6th International Conference on Management of Innovation & Technology*, Bali, Indonesia, Jun. 2012, pp. 384-388.
- [5] E. W. Kusumaningrum, "Pengembangan Model Penerimaan Mobile Internet pada Telepon Seluler Bagi Pengguna Remaja Akhir," Tesis Magister, Program Studi Teknik dan Manajemen Industri, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia, 2003.
- [6] K. Kosasih, "Perkembangan Teknologi (khusus)," Mar. 21, 2021. [Online]. Available: <http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/>.
- [7] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 13 Tahun 2012, *Penghematan Energi pada Bangunan Gedung*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Jakarta, Indonesia, 2012.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan," *Standar Nasional Indonesia*, SNI 03-6197-2000, Jakarta, Indonesia, 2000.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, "Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung," *Standar Nasional Indonesia*, SNI 03-6572-2001, Jakarta, Indonesia, 2001.
- [10] ASEAN-USAID, *Energy Efficiency in Southeast Asia: Assessment of Energy Consumption Intensity*, ASEAN-USAID Energy Project Report, 1992.