

METODE *BENCHMARKING* ENERGI BANGUNAN DENGAN MENGGUNAKAN *BUILDING ENERGY MAP* (BEMAP) BERBASIS WEB

BUILDING ENERGY BENCHMARKING METHOD USING WEB-BASED BUILDING ENERGY MAP (BEMAP)

Tantri Apriyaningrum¹, Ery Djunaedy², M. Ramdhan Kirom³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

apriyatantri@gmail.com¹, erydjunaedy@gmail.com², jakasantang@gmail.com³

Abstrak

Benchmarking merupakan metode untuk menentukan kinerja energi bangunan dengan cara menghitung dan mengontrol kinerja satu set bangunan serupa dengan membandingkan antara bangunan tersebut. Metode *benchmarking* di Indonesia masih sangat sederhana. Untuk menilai kinerja bangunan, variabel yang digunakan hanya IKE (Intensitas Konsumsi Energi dalam kWh/m²) sebagai parameter boros atau tidaknya konsumsi energi bangunan. Oleh karena itu diperlukan variabel lain agar metode *benchmarking* lebih akurat dengan ditampilkan pada skor *benchmarking*. Variabel yang ditambahkan pada penelitian ini yaitu luas total bangunan dan CDD (*Cooling Degree Days*) yang dikalikan dengan luas bangunan ber-AC. Variabel tersebut berpengaruh sebesar 63% terhadap IKE dengan analisis regresi linier berganda. Hasil persamaan regresi tersebut digunakan untuk mencari IKE *adjusted*, lalu didapat skor *benchmarking* dengan menghitung persentil IKE *adjusted*. IKE aktual yang besar belum tentu menunjukkan bangunan dengan penggunaan energi yang tinggi atau boros. Karena skor bergantung dari IKE *adjusted* yang relatif dengan variabel luas bangunan total, luas ber-AC, dan CDD. Pada penelitian ini, skor *benchmarking* yang dihasilkan tersebut selanjutnya ditampilkan pada website BeMap (*Building Energy Map*) agar mempermudah pemilik bangunan melakukan *benchmarking*.

Kata Kunci: *Benchmarking*, Intensitas Konsumsi Energi, Skor *benchmarking*, website energi bangunan

Abstract

Benchmarking is a method to determine the energy performance of buildings by calculating and controlling the performance of a set of similar buildings by comparing the building itself. Benchmarking method in Indonesia is still very simple. To assess the performance of buildings, the only variable used is EUI (Energy Use Intensity in kWh/m²) as a parameter of wasteful or not the consumption of building energy. Therefore, another variable is needed to make the benchmarking method more accurate as shown in the benchmarking score. The variables added to this research are the total building area and CDD (*Cooling Degree Days*) multiplied by the air-conditioned building area. The variable affects 63% on EUI with multiple linear regression analysis. The result of regression equation is used to find adjusted EUI, then we have benchmarking score from percentile of adjusted EUI. Large actual EUI does not indicate the buildings with large energy usage. Because the benchmarking score also depends on relative adjusted EUI with total building area, air-conditioned building area, and CDD. In this study, benchmarking scores generated are then displayed on the BeMap website (*Building Energy Map*) to facilitate the building owners to do benchmarking.

Keywords: *Benchmarking*, Energy Use Intensity, Benchmarking score, building energy website

1. Pendahuluan

Indonesia masih bergantung pada sumber energi fosil yaitu minyak dan gas bumi. Minyak bumi masih mendominasi konsumsi energi primer dan merupakan komponen utama penghasil energi listrik di Indonesia [1]. Beberapa ahli berpendapat bahwa jika pola konsumsi energi berjalan seperti sekarang maka dalam waktu 50 tahun cadangan minyak bumi dunia akan habis [2].

Bangunan mengkonsumsi setidaknya 32% dari sumber daya alam di bumi, bahkan di negara-negara maju proporsi penggunaan energi fosil terbesar yaitu pada bangunan sebesar 50% [3]. Oleh karena itu untuk mencegah krisis energi di Indonesia pemerintah mengeluarkan peraturan misalnya, peraturan menteri nomor 02/PRT/M/2015 dan peraturan walikota Bandung nomor 1023/2016 tentang bangunan hijau (*green building*).

Benchmarking adalah proses untuk mengukur dan membandingkan kinerja energi bangunan dengan bangunan lain yang serupa [4]. *Benchmarking* dapat dijadikan sebagai upaya pengurangan energi pada sektor bangunan. Metode *benchmarking* di Indonesia masih sangat sederhana. Untuk menilai kinerja bangunan yang digunakan hanya IKE (Intensitas Konsumsi Energi dalam kWh/m²) sebagai parameter boros atau tidaknya konsumsi energi bangunan [5].

Penelitian ini memperbaiki metode *benchmarking* yang ada di Indonesia saat ini dengan cara penambahan variabel lain. Hal tersebut akan menjadikan metode *benchmarking* lebih akurat, karena memperhitungkan faktor lain yang berpengaruh terhadap konsumsi energi pada bangunan contohnya seperti temperatur iklim. Bangunan di daerah yang memiliki temperatur iklim tinggi akan lebih banyak menggunakan pendingin ruangan (AC) dan meningkatnya konsumsi energi pada bangunan tersebut. Hasil dari pengolahan variabel lalu dibuat skor *benchmarking* dan ditampilkan pada *Building Energy Map* (BeMap) sebagai *webtool*.

1. Landasan Teori

1.1. Benchmarking Energi Bangunan

Benchmarking merupakan proses memonitor konsumsi energi bangunan untuk menentukan kinerja energi bangunan, apakah semakin membaik atau memburuk setiap tahunnya [4]. *Benchmarking* diperlukan karena dapat memantau kinerja energi bangunan dan membandingkannya dengan bangunan yang sejenis, sehingga kita dapat melihat dan membedakan mana bangunan yang efisien dan yang boros. *Benchmarking* energi bangunan memonitor konsumsi energi bangunan untuk menentukan kinerja energi bangunan, apakah semakin membaik atau memburuk setiap tahunnya [6].

Proses *benchmarking* dapat memberikan informasi kepada pemilik bangunan yang ingin mengetahui apakah hasil kinerja energi pada bagian, unit, departemen, atau organisasi pada bangunan sejenis lain, apakah hasilnya sama, lebih baik, atau lebih buruk [7].

Berikut adalah parameter/variabel untuk *benchmarking* yang akan digunakan pada penelitian ini:

1.1.1. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) atau dalam bahasa Inggris disebut *Energy Use Intensity* (EUI) adalah kunci untuk mengukur kinerja energi *benchmarking* [8]. *American Institute of Architects* (AIA) mendefinisikan EUI atau IKE merupakan istilah yang menunjukkan kinerja energi bangunan, digunakan untuk mengukur konsumsi energi tahunan per luas total bangunan, atau dapat ditulis dengan menggunakan rumus [9]:

$$\text{IKE} = \frac{\text{Pemakaian Energi Listrik per Tahun (kWh per Tahun)}}{\text{luas Total Bangunan (m}^2\text{)}}$$

Tabel 2.1 dibawah ini merupakan kriteria IKE untuk bangunan kantor yang digolongkan dalam bangunan ber-AC dan non-AC, menurut Pedoman Pelaksanaan Konversi Energi dan Pengawasannya di lingkungan Departemen Pendidikan Nasional yang mengacu dari Standar Nasional Indonesia [10, 11]:

Tabel 1 Kriteria IKE bangunan kantor di Indonesia [11].

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

1.1.2. Cooling Degree Day (CDD)

Cooling degree day dikenal sebagai indikator iklim. Konsumsi energi meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah CDD dan menurun seiring dengan menurunnya jumlah CDD [12]. *Cooling degree day* merupakan penjumlahan dari perbedaan temperatur selang waktu tertentu. Perbedaan temperatur yang dimaksud adalah antara temperatur udara luar (T_{max} dan T_{min}) dan *base temperature* [13]. *Base temperature* merupakan temperatur udara luar, dimana sistem pendingin/AC suatu gedung tidak perlu beroperasi untuk menciptakan kondisi yang nyaman (*comfort condition*) [14].

Cooling degree day merupakan penjumlahan dari perbedaan temperatur selang waktu tertentu. Perbedaan temperatur yang dimaksud adalah antara temperatur udara luar dan *base temperature*, seperti yang ditunjukkan persamaan CDD untuk satu hari berikut [13]:

$$CDD_i = \left[\left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_B \right]^+ \quad (2-1)$$

CDD_i adalah *Cooling Degree Day* untuk satu hari, lalu T_{max} merupakan temperatur maksimum harian ($^{\circ}C$), T_{min} adalah temperatur minimum harian ($^{\circ}C$), T_B yaitu *Base Temperature* ($^{\circ}C$), dan (+) menandakan bahwa CDD tidak akan pernah bernilai negatif. Jika perhitungan menghasilkan angka negatif, maka hasilnya adalah 0 untuk CDD hari tersebut.

Cooling degree day dapat dijumlahkan selama beberapa hari, per bulan, periode tertentu, per tahun, atau interval/periode lebih dari satu hari [13].

1.1.3. Luas Total Bangunan

Luas total bangunan (m^2) adalah jumlah luas total seluruh lantai tertutup, yaitu ruangan yang memiliki atap dan dibatasi dinding. Bangunan yang tidak termasuk luas total bangunan yaitu seperti lahan parkir, saung, taman, dan sebagainya.

1.1.4. Conditioned Floor Area & Unconditioned Floor Area

Conditioned floor area adalah luas lantai tertutup yang dikondisikan dengan sistem pemanas atau pendingin ruangan [15]. Luas lantai tertutup adalah lantai beratap yang sisi-sisinya dibatasi dengan dinding [16]. Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah luas bangunan ruang ber-AC & luas bangunan ruang non-AC.

1.2. Energy Star Portfolio Manager

Energy Star Portfolio Manager adalah *online tool* manajemen energi bangunan interaktif berbasis web gratis, yang dapat digunakan sebagai alat untuk mengukur dan menilai konsumsi energi bangunan. *portfolio manager* dapat digunakan untuk *benchmarking*, lalu hasil penilaian skor *benchmarking* ditampilkan berupa laporan pada *website portfolio manager* tersebut. Seluruh informasi portofolio bangunan tersebut disimpan pada *database* yang aman secara *online* [17]. Pada penelitian ini akan dibuat BeMap yaitu *online tool* berbasis web gratis hampir serupa dengan *portfolio manager*, dengan perbedaan peta penyebaran bangunan di halaman utama *website*. BeMap serupa dengan *portfolio manager* karena BeMap mengambil konsep metode *benchmarking* berbasis web. BeMap bertujuan untuk mempermudah pengguna/pemilik bangunan dalam proses *benchmarking* karena pengolahan data otomatis dilakukan pada *website*.

1.3. Skor Benchmarking

Skor *benchmarking* merupakan nilai dari kinerja energi bangunan yang berasal dari urutan nilai-nilai *IKE adjusted* setiap bangunan kantor. *IKE adjusted* adalah nilai *IKE* yang didapat dari hasil perhitungan persamaan regresi dengan beberapa variabel tambahan. Skor *benchmarking* bertujuan untuk menentukan seberapa baik kinerja energi bangunan tertentu yang dapat dibandingkan dengan bangunan sejenis lain [18]. Skor *benchmarking* yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada *Energy Star score* untuk perkantoran. Skor *benchmarking* diperlukan sebagai acuan atau patokan terhadap penilaian kinerja energi sekelompok bangunan serupa [19].

1.4. OpenStreetMap

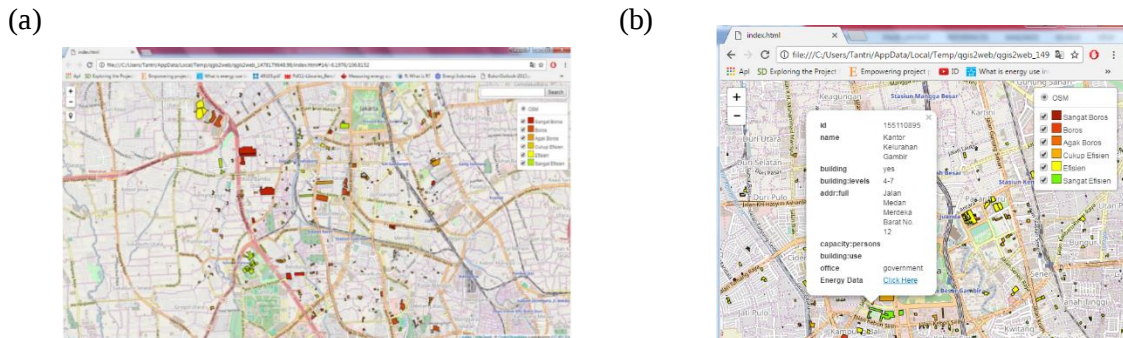
OpenStreetMap adalah *website GIS (Geographic Information System)* yang berfokus pada berbagi, bertukar data spasial, dan menyediakan data spasial gratis berkualitas tinggi. GIS merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah menyimpan data atau informasi geografis [20]. OpenStreetMap adalah sebuah proyek berbasis web peta seluruh dunia yang gratis dan terbuka, siapapun dapat menyumbang data baru pada peta utama atau menyunting data yang ada melalui *editor* yang disediakan. OpenStreetMap memiliki nomor ID tiap bangunan. Data OpenStreetMap dapat diekstrak, diunduh, dan digunakan oleh siapapun tanpa batasan dalam jenis dan bentuk penggunaan [21].

2. Hasil dan Pembahasan

3.1. Halaman website BeMap

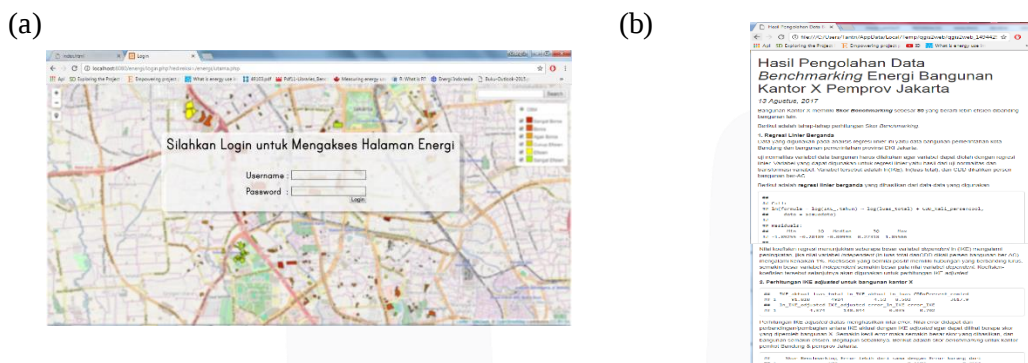
Halaman utama BeMap yaitu berisi peta dari OpenStreetMap dengan beberapa tag bangunan kantor. Jika *user* mengakses halaman utama, maka *user* akan melihat peta dari sisi atas dan bentuk-bentuk bangunan yang

berwarna hijau sampai merah sesuai kriteria konsumsi energi bangunan ditunjukkan pada Gambar 2 (a). Jika salah satu poligon bangunan di-klik maka akan muncul jendela yang berisi informasi data umum bangunan dari *database* OpenStreetMap (OSM). Pada jendela tersebut juga terdapat tautan yang merupakan akses ke halaman energi bangunan seperti pada Gambar 2 (b).



Gambar 2 (a) Halaman utama (b) Jendela data OSM pada halaman utama

Halaman selanjutnya yaitu halaman *login* yang berfungsi untuk memproteksi halaman energi. Jika *user* ingin mengakses halaman energi suatu bangunan, *user* harus memasukkan *username* dan *password* yang telah terdaftar pada *database* oleh *server* pada halaman *login* seperti pada gambar 3 (a). Sedangkan Gambar 3 (b) adalah halaman energi yang menampilkan hasil pengolahan data *benchmarking* bangunan dan menampilkan grafik atau histogram dari hasil analisis statistik. Tautan halaman energi ini akan tertera pada halaman utama yaitu halaman peta seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 (b).



Gambar 3 (a) Halaman login (b) Halaman energi

Halaman *form* terbagi menjadi dua yaitu *input* dan *edit form*. *Input* dan *edit form* memiliki isi dan struktur tabel yang sama, yang membedakan hanya fungsi dari kedua formulir tersebut. Data diinputkan pada halaman *form* yang ditunjukkan pada contoh Gambar 4, selanjutnya akan disimpan pada *database* energi dan diolah pada halaman energi.

Gambar 4 Halaman form

3.2. Perhitungan Benchmarking

Benchmarking diperlukan karena dapat memantau kinerja energi bangunan dan membandingkannya dengan bangunan sejenis. Metode *benchmarking* di Indonesia masih sangat sederhana, untuk menilai kinerja bangunan yang digunakan hanya IKE (kWh/m^2) sebagai parameter boros atau tidaknya konsumsi energi

bangunan. Oleh karena itu parameter atau variabel untuk menilai kinerja energi bangunan perlu ditambahkan sebagai pembanding agar perhitungan lebih akurat.

Variabel lain yang ditambahkan yaitu luas total, dan CDD (kebutuhan energi untuk mendinginkan bangunan) yang dikalikan dengan persen luas bangunan ber-AC. Setelah dilakukan regresi dengan variabel-variabel tersebut, didapat persamaan untuk menghitung *IKE adjusted* (kWh/m²). Selanjutnya dibuatkan grafik *lookup table* untuk dilihat distribusi/penyebaran datanya yang dapat dijadikan acuan membuat skor *benchmarking*.

3.2.1 Regresi Linier Berganda

Syarat regresi linier berganda salah satunya yaitu data yang digunakan harus berdistribusi normal/linier. Oleh karena itu sebelum dilakukan regresi linier berganda, data harus dianalisis dengan uji normalitas dan dilakukan transformasi variabel jika dibutuhkan. Variabel yang dilakukan transformasi dengan penambahan logaritma natural adalah *IKE* aktual dan luas total bangunan.

R-squared (pada aplikasi R adalah *multiple R-squared*) yang dihasilkan regresi linier berganda menunjukkan besarnya presentase pengaruh variabel *independent* terhadap variabel *dependent* yaitu bernilai sebesar 0.6327 (63%). Regresi linier berganda yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan variabel *dependent* ln (*IKE*), sedangkan variabel *independent* yang digunakan yaitu ln (luas bangunan total), dan CDD yang dikalikan dengan persen luas bangunan ber-AC. Koefisien dari hasil regresi linier berganda tersebut menghasilkan persamaan regresi yaitu.

$$y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

$$y = 2,4165437 + 0,0940377 X_1 + 0,0004697 X_2$$

Dengan y adalah ln *IKE*, a adalah konstanta, b adalah koefisien regresi (koefisien variabel *independent*), X_1 adalah ln (Luas total bangunan), dan X_2 adalah CDD dikalikan dengan persen luas bangunan ber-AC.

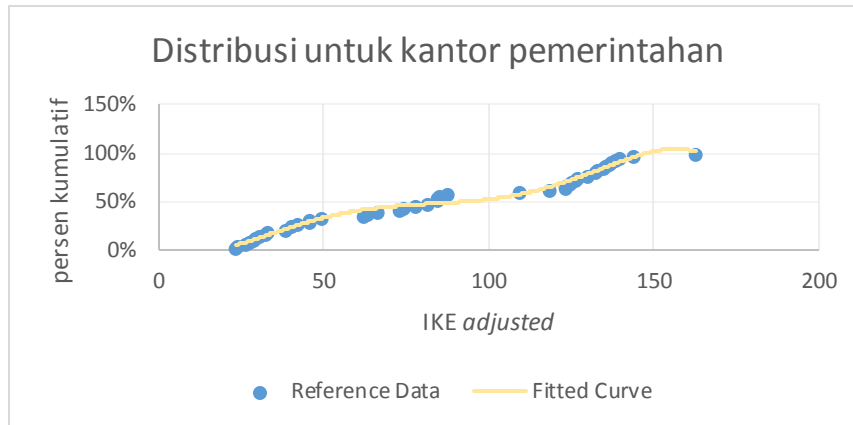
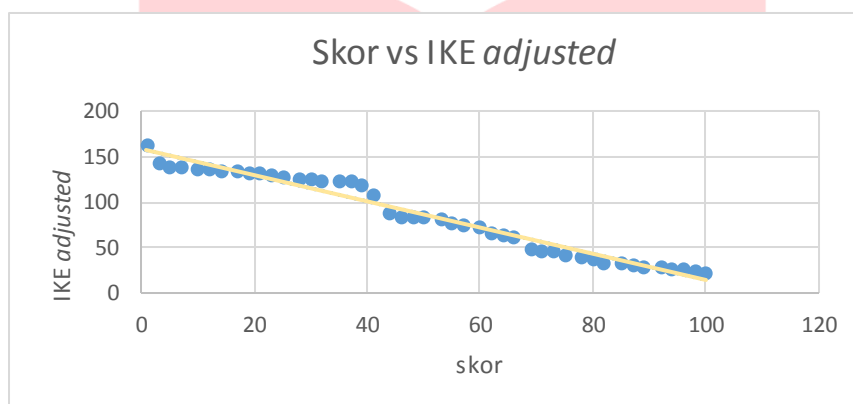
3.2.2 Perhitungan *IKE Adjusted*

IKE Adjusted adalah *IKE* yang dihitung menggunakan persamaan regresi. Jika semakin kecil *IKE adjusted* suatu bangunan maka semakin besar skor yang dihasilkan (semakin efisien penggunaan energi bangunan tersebut). Begitupun sebaliknya, nilai *IKE adjusted* yang besar menunjukkan penggunaan energi yang boros dan memiliki kinerja yang buruk dibanding kinerja bangunan sejenis. *IKE Adjusted* didapat dari persamaan regresi $y = 2.4165437 + 0.0940377 X_1 + 0.0004697 X_2$, dengan X_1 ln luas total dan X_2 CDD dikalikan persen bangunan ber-AC.

3.2.3 Perhitungan Skor *Benchmarking*

Hal selanjutnya yang dilakukan setelah menghitung *IKE Adjusted* setiap bangunan yaitu membuat tabel grafik *lookup table* untuk dilihat distribusi/penyebaran datanya yang dapat dijadikan acuan membuat skor *benchmarking*.

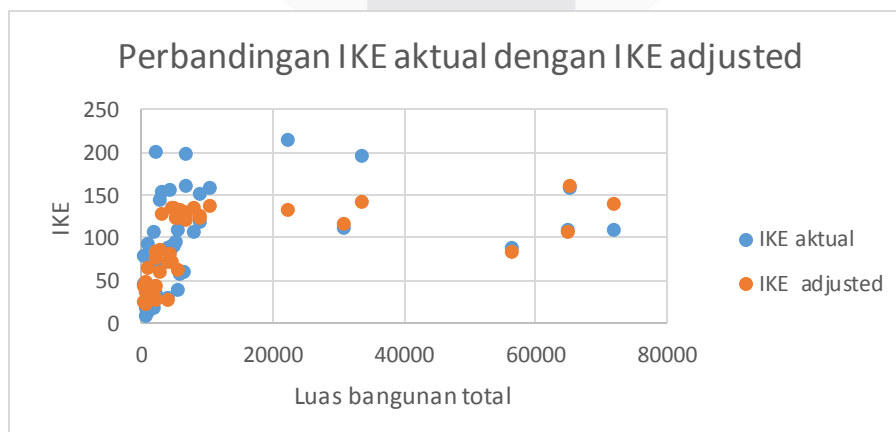
Tabel distribusi tersebut mempermudah mendapatkan nilai persentil data, karena data observasi hanya berjumlah 45 data. Persentil adalah pembagian pada suatu populasi/observasi menjadi 100 data dengan sama rata. Hasil persentil tersebut berfungsi untuk skor *benchmarking*, karena skor *benchmarking* menggunakan skala 1-100. Berikut adalah grafik *lookup table* yang ditunjukkan Gambar 6 dan grafik skor terhadap *IKE* pada gambar 7.

Gambar 6 Grafik *lookup table*

Gambar 7 Grafik skor terhadap IKE

Gambar 7 menunjukkan bahwa data mendekati linier. Skor *benchmarking* dapat langsung dilihat dari nilai *IKE adjusted* yang relatif tergantung nilai luas total bangunan dan CDD dikalikan luas ber-AC, tetapi tidak dapat dilihat langsung dari nilai *IKE* aktual. Hal itu dikarenakan variabel lain tersebut (luas total bangunan dan CDD dikalikan luas ber-AC) memiliki korelasi dengan *IKE* aktual atau mempengaruhi *IKE* aktual, yang dibuktikan dengan analisis regresi. Kriteria penggunaan energi bangunan kantor maupun skor *benchmarking* tidak dapat langsung ditentukan dari nilai *IKE* aktual, karena bangunan kantor dengan *IKE* besar belum tentu penggunaan energi untuk bangunan tersebut boros/besar. Hal tersebut dibuktikan pada Gambar 4.16, karena adanya variabel luas total bangunan dan CDD dikalikan luas bangunan ber-AC (kebutuhan energi untuk mendinginkan bangunan untuk setiap ruangan ber-AC) yang berpengaruh terhadap nilai konsumsi energi per luas total bangunan.

Berikut adalah grafik hasil perbandingan *IKE* aktual dengan *IKE adjusted*.

Gambar 8 Grafik perbandingan *IKE* aktual dan *IKE adjusted*

Grafik tersebut menunjukkan terdapat beberapa bangunan dengan IKE aktual tinggi yang menurut Tabel 1 beberapa bangunan kantor tersebut dapat dikatakan boros, tetapi menurut hasil perhitungan IKE *adjusted* bangunan tersebut efisien. Adapun beberapa bangunan yang memiliki IKE aktual rendah tetapi IKE *adjusted* lebih tinggi, tetapi perbedaan tersebut tidak signifikan. Data *sample* dengan perbedaan IKE aktual dan IKE *adjusted* paling jauh akan ditampilkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Data *sample* perbedaan IKE aktual dan IKE *adjusted* paling jauh

No	Bangunan	IKE per tahun	Kriteria IKE Aktual	IKE <i>adjusted</i>	Kriteria IKE <i>adjusted</i>	CDD per tahun	kwh	luas total	luas bangunan ber-AC	% luas AC
1	Pemprov DKI Jakarta	202.616	Agak Boros	84.414	Sangat Efisien	3617.90	435900	2151.360	1642.560	76%
2	Pemprov DKI Jakarta	214.877	Agak Boros	132.741	Cukup Efisien	3617.90	4764320	22172.320	19972.320	90%
3	Pemprov DKI Jakarta	59.810	Sangat Efisien	134.874	Cukup Efisien	3617.90	333440	5575.000	5500.000	99%
4	Pemprov DKI Jakarta	61.880	Sangat Efisien	132.519	Cukup Efisien	3617.90	385763	6234.000	6047.000	97%

Dari data *sample* tersebut perbedaan paling jauh yaitu pada data bangunan pemprov DKI Jakarta dengan luas total 2151.36, IKE aktual 202.616, (agak boros), dan IKE *adjusted* 84.414 (sangat efisien). Selain penggunaan kWh bangunan yang cukup besar untuk luas total bangunan tersebut, faktor temperatur iklim yang mempengaruhi nilai CDD pada daerah Jakarta cukup tinggi. Oleh karena itu perbedaan IKE aktual dan IKE *adjusted* yang signifikan terdapat di daerah Jakarta. Faktor iklim yang tinggi mempengaruhi pula banyaknya ruangan ber-AC, dan semakin besar pula jumlah luas bangunan ber-AC. Bangunan pemprov DKI Jakarta dengan luas ruangan ber-AC paling besar yaitu sebanyak 99% dari luas total, sedangkan pada bangunan Pemkot Bandung luas ruangan yang menggunakan AC terbesar yaitu hanya 79% dari luas total bangunan.

3. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Regresi linier menghasilkan hubungan positif antara variabel *independent* (ln luas total & CDD) dikalikan persen luas bangunan ber-AC) terhadap variabel *dependent* ln (IKE). Semakin besar variabel *independent* semakin besar pula nilai variabel *dependent*. Variabel *independent* cukup berpengaruh terhadap variabel *dependent*, dibuktikan dengan *multiple R-squared* bernilai sebesar 63%.
2. Skor *benchmarking* dapat langsung dilihat dan disesuaikan dari nilai IKE *adjusted* (hasil dari persamaan regresi) tetapi tidak dari IKE aktual, karena faktor iklim dan luas ruangan ber-AC terbukti mempengaruhi nilai IKE *adjusted* yang cukup jauh perbedaannya dengan IKE aktual.
3. BeMap dapat menampilkan skor *benchmarking* untuk satu bangunan, dan dapat menampilkan kriteria bangunan sesuai skor *benchmarking* dan IKE *adjusted* yang dihasilkan.

Daftar Pustaka

- [1] H. Nurzaman, D. Sukarna, B. Priyambodo and M. Pertiwi, "Pendahuluan," in *Outlook Energi Indonesia 2015*, Jakarta, Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional, 2016, pp. 3-23.
- [2] Tim Gabungan Jaringan dan Informasi (TGJ) LIPI, "Pengembangan Energi Terbarukan Sebagai Energi Aditif di Indonesia," LIPI, 22 November 2004. [Online]. Available: <http://www.energi.lipi.go.id/utama.cgi?artikel&1101089425&9>. [Accessed 20 Agustus 2016].
- [3] A. C. Nugroho, "Sertifikasi Arsitektur/Bangunan Hijau: Menuju Bangunan yang Ramah Lingkungan," *Jurnal Arsitektur*, vol. 2, p. 13, 2011.

- [4] M. A. Piette and S. Kinney, California Commercial Building Energy Benchmarking, California: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2003.
- [5] Natural Resources Canada, "Energy benchmarking: the basic," Government of Canada, 6 Juli 2016. [Online]. Available: <http://www.nrcan.gc.ca/energy/efficiency/buildings/energy-benchmarking/building/18260#details-panel20>. [Accessed 29 Agustus 2016].
- [6] R. P. Dewi, S. and R. Hantoro, "Audit dan Konservasi Energi pada Rumah Sakit Angkatan Laut dr. Ramelan Surabaya," p. 1, 2011.
- [7] ENERGY STAR, "ENERGY STAR Score for Offices," November 2014. [Online]. Available: <https://www.energystar.gov/buildings/tools-and-resources/energy-star-score-offices>. [Accessed 25 May 2017].
- [8] S. Plummer and M. Klein, "Overview of EPA's ENERGY STAR Portfolio Manager: A Tool to Measure and Track Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions," 11 Desember 2013. [Online]. Available: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/overview_of_epas_energy_star_portfolio_manager.pdf. [Accessed 25 Agustus 2016].
- [9] Binus University School of information System, "BENCHMARKING," Binus University, 13 Oktober 2014. [Online]. Available: sis.binus.ac.id/2014/10/13/benchmarking/. [Accessed 4 Agustus 2017].
- [10] J. Ahn, S. Cho and D. H. Chung, "Development of a statistical analysis model to benchmark the energy use intensity of subway stations," *Applied Energy*, no. 179, p. 3, 2016.
- [11] A. Mukarom, "KAJIAN TERHADAP MANAJEMEN KONSERVASI ENERGI LISTRIK UNTUK PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN PADA GEDUNG PERKANTORAN PT. PHE," pp. 8-9, 2013.
- [12] Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral, "Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik," 2012. [Online]. Available: <http://popea.ebtke.esdm.go.id/regulasi/1396494400.pdf>. [Accessed 5 Agustus 2017].
- [13] J. E. Oliver, "Degree Days," in *Encyclopedia of World Clomatology*, AA Dordrecht, Springer, 2008, p. 315.
- [14] A. W. Hidayat, "Perhitungan Cooling Degree Days Daerah Jakarta Rentang Waktu 10 Tahun Stasiun Halim dan Pondok Betung," Januari 2012. [Online]. Available: <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20377225-S54528-Sep%20Wahyu%20Hidayat.pdf>. [Accessed 29 Mei 2017].
- [15] B. L. Capehart and T. Middlekoop, "Calculating Degree Days and Finding Balance Point," in *Handbook of Web Based Energy Information and Control Systems*, Lilburn, The Fairmont Press, Inc, 2011, p. 214.
- [16] B. Harley, "Conditioned Floor Area: Where Are We Now, and Where Are We Going?," 1 Maret 2011. [Online]. Available: http://www.resnet.us/uploads/documents/conference/2011/pdfs/Harley-Conditioned_Floor_Area.pdf. [Accessed 30 Mei 2017].
- [17] A. Sabaruddin, "Ketinggian dinding pada lantai beratap," in *A-Z Persyaratan Teknis Bangunan*, Depok, Griya Kreasi, 2013, p. 24.
- [18] M. Cotrell, "Existing Buildings," in *Guide to The LEED Green Associate Exam*, Hoboken, John wiley & Sons, Inc, 2010, p. 89.
- [19] J. H. Scofield and O. College, "ENERGY STAR Building Benchmarking Scores: Good Idea, Bad Science," ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 2014.
- [20] K. Elangovan, "Geographic Information System (GIS) - as a Science and Technology," in *GIS Fundamentals, Applications and Implementations*, New Delhi, New India Publishing Agency, 2006, pp. 1-3.