

RANCANG BANGUN PERANGKAT LUNAK AUDIT ENERGI LISTRIK GEDUNG

Galuh Prawestri Citra Handani¹, Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D², Dr. Rini Nur Hasanah, ST., M.Sc³

¹Mahasiswa Teknik Elektro, ^{2,3}Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail : ze_ga_pch@yahoo.co.id

Abstrak – Audit energi merupakan salah satu upaya penghematan listrik yang dapat dilakukan. Dari proses audit energi dapat diketahui pola pemakaian beban yang tergolong efisien atau boros. Dalam melakukan proses audit energi diperlukan inovasi agar proses pengolahan data dapat dilakukan secara cepat dan menghemat biaya dengan merancang suatu perangkat lunak audit energi. Perancangan perangkat lunak ini menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0 yang terkoneksi dengan Microsoft Access sebagai basis data. Pengujian dilakukan pada 2 gedung yang memiliki fungsi dan penggunaan beban yang berbeda. Dari hasil pengujian pada gedung 1 diperoleh total pemakaian daya beban per bulannya sebesar 5949,272 kWh/bulan dan biaya rekening listrik tiap bulannya sebesar 8.209.995 rupiah. IKE per tahun sebesar 89,23908 kWh/m²/tahun yang tergolong efisien dalam pemakaian energi listrik. Pengujian pada gedung 2 diperoleh total pemakaian daya beban per bulannya sebesar 44435,958 kWh/bulan dan biaya rekening listrik tiap bulannya sebesar 61.321.622 rupiah. IKE per tahun sebesar 247,324441558441 kWh/m²/tahun yang tergolong boros dalam pemakaian energi listrik, dimana batas standar efisien yaitu 240 kWh/m²/tahun. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa program aplikasi dapat berjalan dengan baik dimana waktu pengoperasiannya yang cepat dan menghasilkan data yang akurat. Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk menghemat pemakaian energi listrik yaitu dengan cara menggunakan peralatan listrik yang efisien dan ramah lingkungan, serta menggunakan peralatan listrik sesuai kebutuhan.

Kata Kunci – audit energi, intensitas konsumsi energi, perangkat lunak audit energi

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan yang diperlukan setiap manusia. Semakin berkembangnya teknologi dan bertambahnya jumlah penduduk suatu negara, maka kebutuhan energi listrik juga akan bertambah. Tidak sedikit

manusia yang melakukan pemborosan energi listrik, sehingga upaya penghematan energi seefisien mungkin terus diterapkan.

Salah satu upaya untuk menghemat energi listrik yaitu dengan cara melakukan efisiensi penggunaan energi listrik. Efisiensi energi adalah perbandingan, atau rasio, yang menggunakan output energi dengan total input energi. Rasio ini selalu terkait dengan situasi tertentu (musim, waktu, hasil akhir yang diinginkan, dan sebagainya) [1].

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat efisiensi energi suatu bangunan yaitu melalui proses audit energi pada sebuah bangunan tertentu. Audit energi sangat diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kebutuhan energi listrik yang digunakan oleh sebuah gedung.

Dalam proses audit energi diperlukan inovasi agar perhitungan energi dapat diketahui dengan cepat dan dapat menghemat biaya. Inovasi tersebut dapat dilakukan dengan merancang suatu perhitungan menggunakan perangkat lunak. Perangkat lunak yang baik harus bersifat *maintainable* (dapat dipelihara) yang berarti perubahan kondisi lingkungan dapat mempengaruhi perubahan perangkat lunak sehingga memerlukan adanya penanganan khusus, *dependable* (dapat diandalkan) yang berarti perangkat lunak harus memenuhi kebutuhan pengguna, dan *useable* (dapat digunakan) yang berarti penggunaan perangkat lunak dapat dilakukan secara umum dan dapat dipahami oleh pengguna lain [2].

Oleh karena itu, dalam hal ini dilakukan rancang bangun perangkat lunak untuk audit energi suatu gedung. Rancang bangun perangkat lunak ini bertujuan untuk memudahkan pengolahan data audit energi sehingga dapat diketahui apakah suatu bangunan telah memenuhi standar efisien dalam pemakaian energi listrik atau belum. Penggunaan perangkat lunak ini diharapkan juga dapat memudahkan pengguna untuk lebih cepat mengetahui adanya potensi pemborosan energi listrik, serta upaya penghematan energi listrik sehingga akan menghemat waktu dan biaya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Audit Energi

Konservasi energi merupakan upaya sistematis dan terencana untuk melestarikan sumber daya energi serta meningkatkan efisiensi dalam pemanfaatannya. Audit energi secara sederhana dapat didefinisikan sebagai sebuah proses untuk mengevaluasi di mana sebuah bangunan atau *plant* yang menggunakan energi, dan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi konsumsi [3].

Pelaksanaan audit energi dapat diklasifikasikan dalam beberapa metode. Klasifikasi audit energi terdiri dari :

a. Survei Energi (*Energy Survey or Walk Through Audit*)

Sering disebut mini audit. Audit yang dilakukan secara sederhana, tanpa penghitungan yang rinci, hanya melakukan analisa sederhana. Umumnya fokus dari audit ini adalah pada bidang perawatan dan penghematan yang tidak memerlukan biaya investasi yang besar. Biasanya auditor bukan seseorang yang profesional dalam bidang audit energi.

b. Audit Energi Awal (*Preliminary Energy Audit*)

Tujuan dari audit energi awal adalah untuk mengukur produktifitas dan efisiensi penggunaan energi dan mengidentifikasi kemungkinan penghematan energi. Kegiatan audit energi awal meliputi identifikasi gedung, analisa kondisi aktual, menghitung konsumsi energi, menghitung pemborosan energi, dan beberapa usulan.

c. Audit Energi Rinci (*Detailed Energy Audit or Full Audit*)

Audit energi rinci adalah audit energi yang dilakukan dengan menggunakan alat-alat ukur yang sengaja dipasang pada peralatan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi. Biasanya dilakukan oleh lembaga auditor yang profesional dalam jangka waktu tertentu. Pelaksanaan audit didahului dengan analisa biaya audit energi, identifikasi gedung, analisa kondisi aktual, dan menghitung semua konsumsi energi. Konsumsi energi ini meliputi energi primer, seperti listrik dan bahan bakar, juga energi sekunder; seperti air, telepon, dan lain-lain. Selain itu, melakukan penghitungan pemborosan energi, kesempatan konservasi energi, sampai beberapa usulan untuk melakukan penghematan energi beserta dengan analisa dampak usulan tersebut.

B. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) digunakan untuk mengetahui tingkat efisiensi energi suatu gedung. Untuk mengetahui tingkat efisiensi energi dapat dilakukan dengan membandingkan Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung dengan standar Intensitas Konsumsi Energi (IKE) yang telah

ditetapkan di Indonesia [4-12]. Secara sederhana, IKE dapat dituliskan dalam persamaan :

$$IKE = \frac{\text{Total konsumsi energi}}{\text{Luas area}} \dots\dots\dots (1)$$

Standar IKE yang telah ditetapkan untuk beberapa bangunan komersial seperti IKE untuk gedung perkantoran sebesar 240 kWh/m²/tahun, pusat perbelanjaan sebesar 330 kWh/m²/tahun, hotel (apartemen) sebesar 300 kWh/m²/tahun, rumah sakit sebesar 380 kWh/m²/tahun.

Standar IKE berdasarkan SNI 03 – 6196 – 2000 mengenai Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung dituliskan dalam tabel berikut.

	Standar IKE AC yang direkomendasikan untuk gedung	
	Ruangan Dengan AC	Ruangan Tanpa AC
	kWh/m ² /bulan	kWh/m ² /bulan
Sangat Efisien	4,17 – 7,92	Efisien 0,87 – 1,67
Efisien	7,93 – 12,08	Cukup Efisien 1,67 – 2,50
Cukup Efisien	12,08 – 14,58	Tidak Efisien 2,50 – 3,34
Cenderung Tidak Efisien	14,58 – 19,17	Sangat Tidak Efisien 3,34 – 4,17
Tidak Efisien	19,17 – 23,75	
Sangat Tidak Efisien	23,75 – 37,50	

Berdasarkan tabel di atas, apabila hasil perhitungan IKE melebihi batas kisaran normal maka perlu dilakukan tindakan penghematan energi untuk mendapatkan efisiensi energi yang baik.

C. Perangkat Lunak Audit Energi Gedung

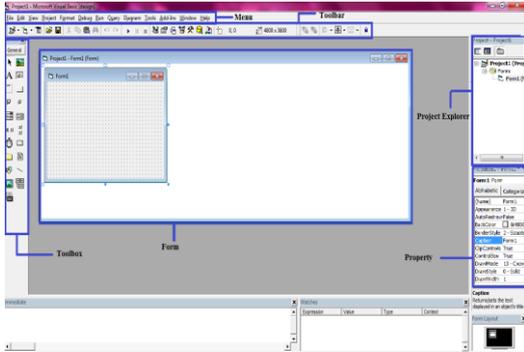
Perangkat lunak yang baik harus memberikan fungsionalitas dan kinerja yang diperlukan pengguna dan dapat dipelihara (*maintainable*), dapat diandalkan (*dependable*), dan dapat digunakan (*useable*). Selain itu, tingkat efisiensi pengembangan perangkat lunak harus dapat dipercaya oleh pengguna dan harus profesional dengan teknik berbeda yang sesuai untuk berbagai jenis sistem. Dalam proses pengolahan data audit energi gedung diperlukan suatu perangkat lunak perhitungan untuk memudahkan dalam mengolah data sehingga dapat menghemat waktu dan biaya.

Bahasa pemrograman Visual Basic 6.0 telah dikembangkan oleh Microsoft sejak tahun 1991. Visual Basic merupakan salah satu bahasa pemrograman yang dapat dipelajari, digunakan dan cepat dalam membuat aplikasi visual berbasis Windows.

Visual Basic berjalan pada 3 mode :

- Mode Design, dalam mode inilah rancang bangun aplikasi dilaksanakan
- Mode Run, dalam mode ini aplikasi dijalankan
- Mode Break, dalam mode ini aplikasi dihentikan sementara mengaktifkan Visual Basic Debugger (untuk mendebug program, biasanya dilakukan untuk melacak kesalahan / *error*)

Konsep pengembangan aplikasi menggunakan Visual Basic dimulai dengan pembuatan *user interface* (antar muka pengguna), yang artinya bahwa rancang bangun perangkat lunak berdasarkan tampilan yang dihasilkan program, dengan kode – kode program (Script) yang diletakkan pada masing – masing komponen. *Interface* antar muka Visual Basic 6.0, berisi menu, toolbar, toolbox, form, project explorer dan property seperti terlihat pada gambar 1.

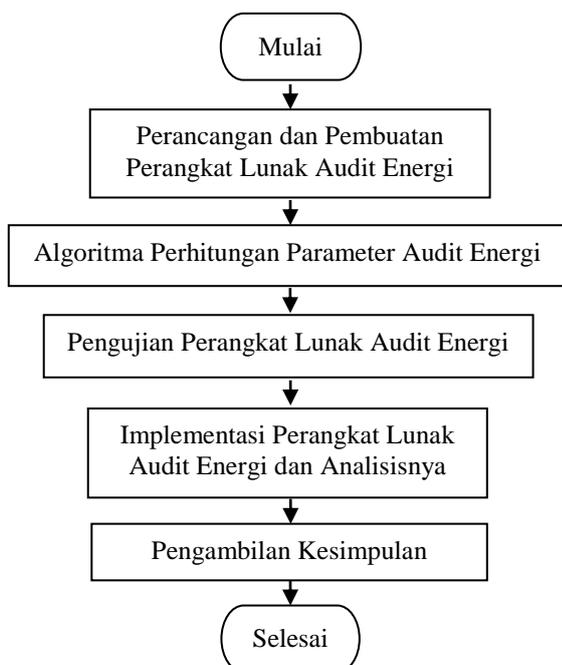


Gambar 1. Tampilan Microsoft Visual Basic 6.0

Kemudian mengatur property obyek yang akan digunakan, dan selanjutnya menuliskan program untuk setiap obyek tersebut.

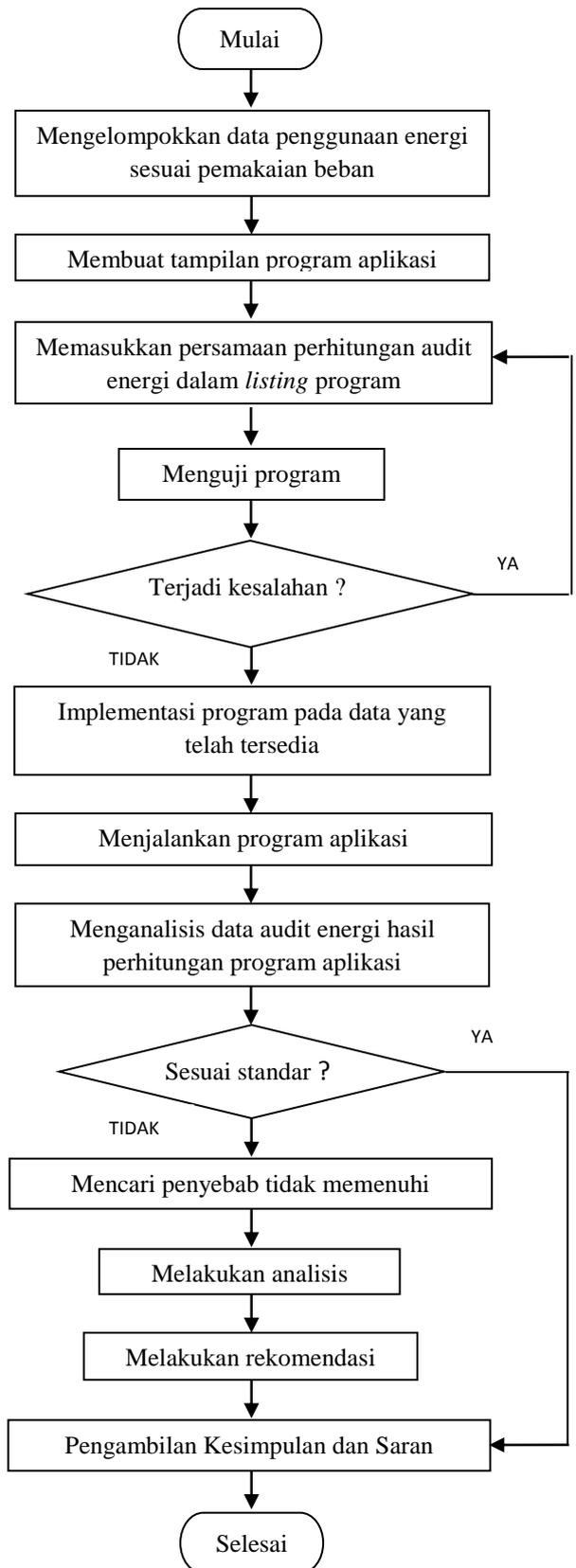
III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam rancang bangun perangkat lunak audit energi gedung dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir rancang bangun perangkat lunak audit energi gedung

Diagram alir proses audit energi menggunakan program aplikasi dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir proses perhitungan audit energi menggunakan program aplikasi

IV. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Langkah pertama yang harus dilakukan sebelum membuat perangkat lunak audit energi gedung yaitu harus mengetahui data – data penggunaan beban.

Setelah data terpenuhi, maka dapat dilakukan proses perancangan perangkat lunak. Perancangan dan urutan perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan – persamaan berikut.

1. Menghitung pemakaian beban penerangan
Total pemakaian beban penerangan (watt)

$$= (\text{jumlah lampu pijar} \times \text{daya lampu pijar}) + (\text{jumlah lampu TL} \times \text{daya lampu TL}) + (\text{jumlah lampu hemat energi} \times \text{daya lampu hemat energi}) + (\text{jumlah lampu halogen} \times \text{daya lampu halogen}) + (\text{jumlah lampu emergency} \times \text{daya lampu emergency}) + \dots$$
 (2)

2. Menghitung pemakaian beban AC
Total pemakaian AC (watt)

$$= \text{jumlah AC yang terpasang} \times \text{daya AC}$$
 (3)

3. Menghitung pemakaian beban lainnya (komputer, printer, kulkas, TV, dll)
Total pemakaian beban lainnya (watt)

$$= (\text{jumlah beban 1} \times \text{daya beban 1}) + (\text{jumlah beban 2} \times \text{daya beban 2}) + (\text{jumlah beban 3} \times \text{daya beban 3}) + (\text{jumlah beban 4} \times \text{daya beban 4}) + (\text{jumlah beban 5} \times \text{daya beban 5}) + \dots$$
 (4)

4. Menghitung total pemakaian beban

$$P_{tot.beban} \text{ (watt)} = \sum (P_{tot.beban} \text{ penerangan}) + (P_{tot.beban} \text{ AC}) + (P_{tot.beban} \text{ lain})$$

$$P_{tot.beban} \text{ (kW)} = \frac{P_{tot.beban} \text{ (watt)}}{1000}$$
 (5)
 (6)

5. Menghitung pemakaian daya beban perbulan
Total penggunaan daya beban perbulan (kWh / bulan)

$$= \text{total pemakaian daya beban (kW)} \times \text{intensitas pemakaian perhari} \times 31$$
 (7)

6. Menghitung biaya perbulan dan IKE gedung
Biaya perbulan

$$= \text{total penggunaan daya beban perbulan (kWh/bulan)} \times \text{TDL PLN}$$
 (8)

IKE per bulan =

$$\frac{\text{pemakaian energi listrik per bulan (kWh/bulan)}}{\text{luas total gedung (m}^2\text{)}}$$
 (9)

$$IKE \text{ pertahun} = \frac{\sum IKE \text{ perbulan}}{12}$$
 (10)

Perangkat lunak ini dibuat menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0 dengan menggunakan bantuan Microsoft Office Access untuk mengkoneksi data. Data beban yang tersedia dimasukkan ke dalam Microsoft Access sebagai database.

Selanjutnya dalam perancangan perangkat lunak harus membuat tampilan program aplikasi terlebih dahulu pada form dengan menggunakan pilihan yang tersedia di toolbox. Kemudian setelah tampilan selesai dibuat, maka dapat dituliskan listing program dalam Code yang disesuaikan dengan perhitungan yang akan dilakukan. Pada program aplikasi ini menggunakan 5 buah Form. Setelah program dijalankan, data – data penggunaan beban dimasukkan ke dalam tampilan program aplikasi tersebut, hasil tampilan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Pengujian 1. Tampilan Form 1: Profil Gedung



Gambar 5. Pengujian 1. Tampilan Form 2 : Beban Penerangan



Gambar 6. Pengujian 1. Tampilan Form 3 : Beban AC

Gambar 7. Pengujian 1. Tampilan Form 4 : Beban Lainnya

Gambar 11. Pengujian 2. Tampilan Form 3 : Beban AC

Gambar 8. Pengujian 1. Tampilan Form 5: Total Pemakaian

Gambar 12. Pengujian 2. Tampilan Form 4 : Beban Lainnya

Dari data perhitungan tersebut penggunaan energi listrik termasuk kategori efisien dimana IKE per tahun yang diperoleh sebesar 89,23908 kWh/m²/tahun masih dalam batas wajar dalam pemakaian energi listrik, dimana batas standar sebesar 240 kWh/m²/tahun.

Gambar 13. Pengujian 2. Tampilan Form 5: Total Pemakaian

Gambar 9. Pengujian 2. Tampilan Form 1: Profil Gedung

Gambar 10. Pengujian 2. Tampilan Form 2 : Beban Penerangan

Dari data perhitungan tersebut penggunaan energi listrik termasuk kategori boros dimana IKE per tahun yang diperoleh sebesar 247,324441558441 kWh/m²/tahun melebihi IKE standar yang telah ditetapkan. Standar IKE untuk gedung perkantoran dan bangunan komersial sebesar 240 kWh/m²/tahun.

Berdasarkan hasil pengujian program aplikasi pada 2 gedung tersebut dapat diketahui bahwa gedung 1 tergolong efisien dalam pemakaian energi listrik sedangkan pada gedung 2 tergolong boros dalam pemakaian energi listrik. Hal ini membuktikan bahwa proses pengolahan data menggunakan perangkat lunak dapat menghasilkan data output yang tepat dan akurat yang menghasilkan suatu informasi berkualitas. Dalam proses menjalankan perangkat lunak juga tidak terjadi kesalahan dalam penulisan program (sintaksis), maupun kesalahan pengoperasian sistem (*runtime*). Selain itu, program aplikasi ini dapat berfungsi dengan

baik, memudahkan dalam proses audit energi, dan diperoleh waktu pengoperasian yang cepat.

V. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan analisis didapatkan beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Perangkat lunak yang dirancang menggunakan Microsoft Visual Basic 6.0 yang terkoneksi dengan Microsoft Access dapat berjalan sesuai perintah. Proses pembacaan *database* dari Microsoft Access dapat terbaca dalam form dan algoritma perhitungan dapat dijalankan sesuai dengan perintah yang ada dalam kelima form yang telah dirancang.
2. Implementasi penggunaan perangkat lunak dapat dilakukan dengan memasukkan data penggunaan beban listrik ke dalam program aplikasi. Dari hasil pengujian diperoleh :
 - a. Pada gedung 1 total pemakaian daya beban sebesar 13,708 kW dan total pemakaian daya beban per bulannya sebesar 5949,272 kWh/bulan. Biaya yang harus dikeluarkan untuk membayar tagihan rekening listrik tiap bulannya sebesar 8.209.995 rupiah. IKE per tahun gedung ini sebesar 89,23908 kWh/m²/tahun yang tergolong efisien dalam pemakaian energi listrik.
 - b. Pada gedung 2 total pemakaian daya beban sebesar 102,387 kW dan total pemakaian daya beban per bulannya sebesar 44435,958 kWh/bulan. Biaya yang harus dikeluarkan untuk membayar tagihan rekening listrik tiap bulannya sebesar 61.321.622 rupiah. IKE per tahun gedung ini sebesar 247,324441558441 kWh/m²/tahun yang tergolong boros dalam pemakaian energi listrik.
3. Rekomendasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik adalah :
 - a. Menggunakan lampu hemat energi untuk menghemat pemakaian listrik.
 - b. Menggunakan AC hemat energi yang berteknologi *inverter* yang jauh lebih efisien.
 - c. Mematikan peralatan listrik yang tidak digunakan, memakai peralatan listrik sesuai kebutuhan, dan menggunakan peralatan listrik yang lebih efisien.

B. SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan pembahasan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Diperlukan pengembangan lebih dari program aplikasi sesuai dengan kemajuan teknologi dan permintaan beban yang semakin meningkat.
2. Alternatif dan inovasi penghematan energi yang tepat lebih direkomendasikan untuk meningkatkan produktivitas penggunaan energi listrik yang efisien dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] DeGunther, Rik. 2008. *Energy Efficient Homes for Dummies*. Canada : Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana.
- [2] Sommerville, Ian. 2011. *Software Engineering Ninth Edition*. Pearson Education, Inc. : United States of America.
- [3] Thumann, Albert. 2007. *Handbook Of Energy Audits, Seventh Edition*. The Fairmont Press, Inc. : United States of America.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03 – 6197 – 2000 tentang Konservasi Energi Pada Sistem Pencahayaan*. Jakarta : BSN.
- [5] Badan Standarisasi Nasional. 2000. *SNI 03 – 6390 – 2000 tentang Konservasi Energi Sistem Tata Udara Pada Bangunan Gedung*. Jakarta : BSN.
- [6] Badan Standarisasi Nasional. 2001. *SNI 03 – 2396 – 2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Pencahayaan Alami Pada Bangunan Gedung*. Jakarta : BSN.
- [7] Basuki, Achmad. 2006. *Algoritma Pemrograman 2 Menggunakan Visual Basic 6.0*. Surabaya : PENS ITS Surabaya.
- [8] Bureau of Energy Efficiency (BEE), Ministry of Power, India. *Energy Efficiency in Electrical Utilities*. Book 3. 2004
- [9] Deringer, J.J. & Busch, J.F. 1992. *ASEAN – USAID Buildings Energy Conservation Project FINAL REPORT Volume 1 : Energy Standards*. Berkeley : Energy Analysis Program Energy and Environment Division Lawrence Berkeley Laboratory University of California.
- [10] Kementerian Perindustrian. 2011. *Pedoman Teknis Audit Energi Dalam Implementasi Konservasi Energi dan Pengurangan Emisi CO₂ Di Sektor Industri (Fase I)*. Pusat Pengkajian Industri Hijau dan Lingkungan Hidup Badan Pengkajian Kebijakan, Iklim, dan Mutu Industri (BPKIMI) : Jakarta.
- [11] Marpaung, Parlindungan. 2006. *Teknik Audit Energi*. Depdiknas.
- [12] Mismail, B. 1995. *Rangkaian listrik jilid 1*. Bandung : ITB.
- [13] Sudirham, Sudaryatno. 2002. *Analisis Rangkaian Listrik*. Bandung : ITB.
- [14] United Nation Environment Programme. 2006. *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia*. (www.energyefficiencyasia.org).
- [15] Wahyono, Teguh. 2010. *Membuat Sendiri Aplikasi dengan Memanfaatkan Barcode*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.