

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Yadi Mulyadi dkk. (2013) melakukan penelitian tentang analisis audit energi untuk pencapaian efisiensi penggunaan energi di gedung FPMIPA JICA Universitas Pendidikan, Audit energi tersebut dimulai dengan pengumpulan dan pengolahan data historis konsumsi energi gedung, kemudian menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE), Dalam penelitian ini audit dititik beratkan pada PK (Paard Kracht) atau yang lebih kita kenal sebagai cara menghitung dan menyesuaikan daya pendingin air conditioner dengan ruangan, sebagaimana telah ditetapkan dalam aturan yang baku dalam SNI 03-6196-2000 (Prosedur Audit Energi Pada Gedung) dan diperinci dalam SNI 03-6390-2000 (Konversi Energi Pada Sistem Tata Udara), sedangkan untuk pencahayaan dilakukan penerangan alamiah (sinar matahari) pada waktu siang hari. Lampu penerangan hanya dinyalakan pada saat dibutuhkan saja, dan kekurangan pada penelitian ini adalah hanya mengandalkan sikap perilaku penggunaan energi listrik saja, tidak adanya pergantian ke alat alat elektronik yang lebih hemat energi.

Asnal effendi dan Ahsanul (2013) melakukan penelitian mengenai IKE atau intensitas konsumsi energi listrik merupakan istilah yang digunakan untuk mengetahui besarnya pemakaian energi pada suatu sistem (bangunan). Nilai IKE ini diketahui dengan membandingkan total penggunaan energi listrik dengan luas bangunan gedung. Proses evaluasi dilakukan dengan mengumpulkan data historis gedung RSJ. Prof. HB. Saanin Padang berupa data luas bangunan gedung, data penggunaan energi listrik, serta anggaran yang dikeluarkan untuk kebutuhan energi listrik. Dari hasil perhitungan, Nilai IKE Listrik tahun 2013 adalah sebesar 155,857 kWh/ m<sup>2</sup> per tahun, nilai IKE tahun 2014 adalah 29,291 kWh/ m<sup>2</sup> per tahun, dan tahun 2015 adalah 33,216 kWh/ m<sup>2</sup> per tahun. Hasil ini termasuk kategori efisien karena tidak melewati standar IKE listrik untuk gedung rumah sakit sebesar 380 kWh/ m<sup>2</sup> per tahun.

Surihajanto dkk. (2013) melakukan evaluasi penggunaan lampu LED sebagai lampu konvensional, yaitu Dalam perkembangannya di bidang penerangan, LED kini mulai digunakan sebagai lampu penerangan baik untuk penerangan rumah maupun jalan. Di Indonesia sendiri penggunaan LED dalam penerangan masih jarang digunakan, ini karena harga dari lampu LED yang cukup mahal jika dibandingkan dengan lampu yang biasa digunakan. Pembuatan LED dilakukan berdasarkan kebutuhan tegangan yang umumnya digunakan oleh konsumen, yaitu pada tegangan 220 V. Maka susunan LED yang paling tepat adalah rangkaian seri, yaitu dengan 25 buah LED, LED ini sendiri disuplai oleh tegangan 220V yang sudah disearahkan sehingga sesuai dengan kebutuhan dari total LED yang dipasang. Sehingga tegangan keluaran dari suplai adalah tegangan searah, bukan lagi tegangan bolak – balik. Pada percobaan dilakukan pengujian beban daya yang dibutuhkan untuk mendapatkan data, dan efisiensi daya pada rumah tangga .

Yoga,dkk. (2014) Penggunaan energi listrik di lingkungan Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Saat ini pemakaian AC sudah semakin banyak digunakan hampir di setiap ruangan. Dengan pola pemakaian beban AC maupun lampu yang rata-rata 12 jam dalam sehari, maka peran serta sumber daya manusia juga sangat penting dalam melakukan pengelolaan energi listrik dengan membiasakan budaya hemat energi dengan cara mematikan AC dan lampu pencahayaan setelah selesai digunakan. Sebagai upaya nyata penghematan energi salah satunya dengan peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah konservasi energi. Konservasi energi adalah peningkatan efisiensi energi yang digunakan atau proses penghematan energi, Dari hasil perhitungan didapatkan nilai IKE gedung Perpustakaan Umum dan Arsip Daerah Kota Malang untuk lantai tidak menggunakan AC yaitu 4,12 kWh/m<sup>2</sup> /bulan termasuk kategori sangat boros dan untuk lantai menggunakan AC yaitu 12,12 kWh/m<sup>2</sup> /bulan termasuk kategori cukup efisien. Berdasarkan perhitungan dan analisis yang dilakukan maka potensi penghematan energi listrik dari tindakan konservasi energi yang dapat dilakukan yaitu dengan penggunaan lampu LED tube 18 watt dan LED bulb 9 watt dan pemenuhan standar SNI 03- 6575-2001, didapatkan hasil penghematan untuk

sistem pencahayaan sebesar 19.69 kWh/hari atau 590,7 kWh/bulan. Penghematan dengan meminimalkan kerja AC dengan suhu sesuai standar penggantian AC konvensional yang usianya lebih dari 5 tahun diganti dengan AC teknologi inverter dan didapatkan hasil penghematan sebesar 149,86 kWh/hari atau 4.495,8 kWh/bulan.

Jimmy,dkk. (2013) melakukan penelitian mengenai analisa penggunaan lampu LED pada rumah yaitu, Dalam perkembangannya di bidang penerangan, LED kini mulai digunakan sebagai lampu penerangan baik untuk penerangan rumah maupun jalan. Di Indonesia sendiri penggunaan LED dalam penerangan masih jarang digunakan, ini karena harga dari lampu LED yang cukup mahal jika dibandingkan dengan lampu yang biasa digunakan. Pembuatan LED dilakukan berdasarkan kebutuhan tegangan yang umumnya digunakan oleh konsumen, yaitu pada tegangan 220 V. Maka susunan LED yang paling tepat adalah rangkaian seri, yaitu dengan 36 buah LED, LED ini sendiri disuplai oleh tegangan 220V yang sudah disearahkan sehingga sesuai dengan kebutuhan dari total LED yang dipasang. Sehingga tegangan keluaran dari suplai adalah tegangan searah, bukan lagi tegangan bolak – balik. Pada percobaan dilakukan pengujian menggunakan PQA dan lux meter untuk mendapatkan data yang dibutuhkan. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai lumen/watt dari lampu LED adalah nilai binning dari LED tersebut, bahwa semakin besar nilai binning suatu bahan atau produk maka semakin jelek kualitasnya. Cos  $\phi$  yang dihasilkan dari rangkaian ini sangat rendah, sehingga mempengaruhi konsumsi daya LED.

Deepak (2013) menyatakan bahwa : *“In any industry, the three top operating expenses are often found to be energy (both electrical and thermal), labour and materials. Energy auditing will not only save money but it also improves the quality of electrical energy supply. The most of the saving is possible without any investmen, just by modification and proper tuning.”* Deepak menyebutkan bahwa dalam industri apapun, tiga biaya operasional atas sering ditemukan untuk menjadi energi (baik listrik dan termal), tenaga kerja dan bahan. Energi audit tidak hanya akan menghemat uang tetapi juga meningkatkan

kualitas pasokan energi listrik. Kebanyakan dari penghematan dimungkinkan tanpa perlu investasi, hanya dengan modifikasi dan pemasangan yang tepat.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 *Green Campus***

*Green Campus* merupakan sebuah tindakan nyata yang dilakukan seluruh warga kampus untuk menjadikan kampus menjadi lebih ramah lingkungan, dengan melakukan sebuah tindakan-tindakan nyata seperti melakukan efisiensi energi listrik dan konservasi energi listrik agar kampus tidak terlalu memberikan dampak negatif untuk alam yang menyebabkan terjadinya global warming, *green campus* itu sendiri merupakan sistem pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat kampus yang ramah lingkungan serta melibatkan seluruh warga kampus dalam aktifitas lingkungan yang dapat memberikan manfaat positif bagi lingkungan, ekonomi, dan sosial. Adapun beberapa tindakan yang dilakukan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk menjadi *green campus* yaitu dengan melakukan beberapa strategi dan program seperti pendidikan dan penelitian mengenai pemberdayaan sumber energi yang berhubungan dengan lingkungan, melakukan pemberdayaan masyarakat mengenai pelestarian dan pengelolaan lingkungan, konservasi energi yang wajib dilakukan oleh semua warga kampus salah satunya dengan melakukan penghematan energi listrik, *recycle* program yaitu melakukan beberapa proses pengolahan dan pemanfaatan limbah yang ada di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, *transfortation management* melakukan pengaturan tempat parkir yang ideal untuk kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan water conservation diantaranya melakukan penghematan air, mendaur ulang air dan mempunyai kolam tampung air yang baik.

### **2.2.2 Konservasi Energi**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 70 tahun 2009 tentang Konservasi Energi, konservasi energi didefinisikan sebagai upaya

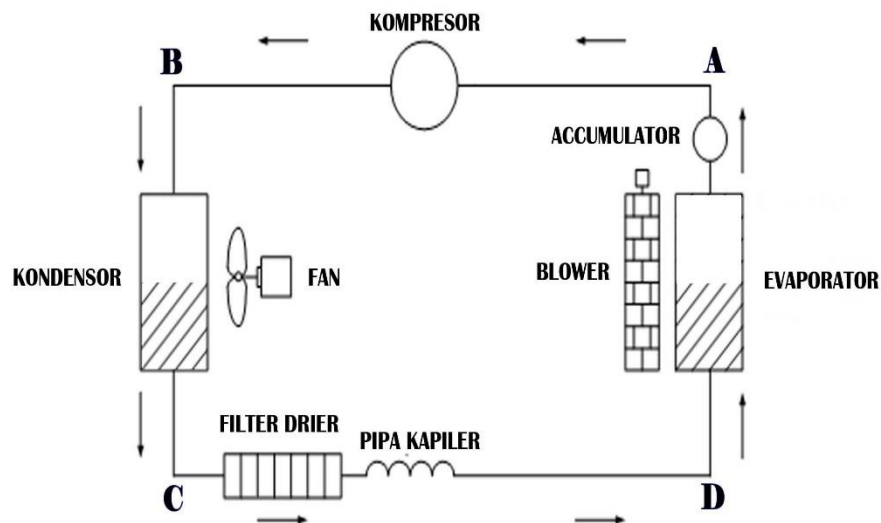
sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Peraturan Pemerintah Nomor 70 tahun 2009 ini juga disebut sebagai “kitab suci” gerakan konservasi energi di Indonesia. Definisi lainnya untuk konservasi energi adalah *any behavior that results in the use of less energy*, atau setiap perilaku yang pada akhirnya mengkonsumsi energi lebih sedikit, konservasi energi itu sendiri lebih difokuskan pada sikap perilaku manusia dalam penggunaan energinya dengan kegiatan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi yang memang benar-benar diperlukan. Menurut Zaki Siregar Perilaku sederhana dalam rangka konservasi energi dapat disingkat dengan 3M, yaitu:

<b>Mematikan</b>	<b>Mencabut</b>	<b>Mengatur</b>
------------------	-----------------	-----------------

### 2.2.3 AC (*Air Conditioner*)

AC (*Air Conditioner*) memiliki 2 bagian utama yaitu AC unit indoor dan AC unit outdoor, pada AC unit indoor dan AC unit outdoor ini memiliki kinerja yang berbeda, indoor menyerap udara panas untuk dijadikan udara dingin, outdoor mengeluarkan udara panas itu sendiri, pada bagian unit indoor ini memiliki 4 komponen utama yang memiliki kegunaan yang berbeda-beda, yang pertama ada evaporator digunakan untuk menyerap panas dari udara yang memiliki bentuk berlekuk-lekuk agar lebih efektif dalam menyerap panas dari udara itu sendiri, evaporator ini sendiri suhunya akan berubah menjadi dingin karena dilewati oleh refrigerant yang memiliki suhu rendah, yang kedua blower digunakan untuk mensirkulasikan udara yang ada pada dalam ruangan agar udara tersebut dapat melewati evaporator, dan kemudian menghebuskan lagi udara ke dalam ruangan dan terus menerus bekerja seperti itu sampai suhu ruangan sudah sesuai dengan keinginan. Dan yang ketiga ada thermistor (sensor suhu) digunakan untuk mengetahui apakah suhu udah sesuai keinginan apa belum, yang keempat ada filter atau saringan yang digunakan untuk menyaring kotoran dan debu yang diserap oleh blower

agar udara lebih bersih dan sejuk. Kemudian untuk unit AC outdoor sendiri memiliki 5 komponen utama, yang pertama ada kompresor yang memiliki fungsi sebagai sirkulasi bahan pendingin atau *refrigerant*, dari kompresor itu akan dialirkan ke kondensor, pipa kapiler, dan evaporator, dan secara terus menerus refrigerant itu akan melewati 4 komponen AC utama tersebut. Kemudian *refrigerant* keluar melewati evaporator yg indoor, udara panas yang terbawa itu kemudian dilepaskan di kondensor, yang kedua ada kondensor yaitu alat yang terbuat dari pipa tembaga yg bentuknya berkelok-kelok yang mempunyai sirip-sirip agar udara dalam ruangan tersebut lebih efektif berjalannya. Kemudian yang ketiga ada fan untuk melepaskan kalor panas keluar ruangan yang dibawa oleh refrigerant, kemudian setelah itu refrigerant akan dipompa menuju filter untuk menyaring kotoran yang dibawa oleh *refrigerant* agar tidak ikut ke pipa kapiler.



Gambar 2.1 Proses Unit Air Conditioner

#### 2.2.4 Air Conditioner Inverter

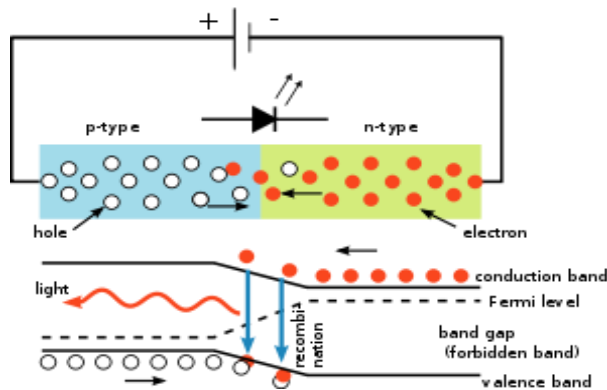
AC inverter memiliki sistem kerja yang berbeda dengan AC konvensional pada umumnya, AC inverter ini dianggap 50% lebih efisien dibandingkan dengan AC konvensional pada umumnya, karena sistem kerja kompresor pada AC ini tidak mati hidup, jadi ketika kita menyetel AC pada

suhu 22 derajat maka AC ini akan starting daya AC yang lebih rendah dibandingkan dengan AC konvensional pada umumnya, dan ketika suhu ruangan sudah mencapai suhu yang diinginkan maka kompresor tidak akan mati seperti AC konvensional pada umumnya, kompresor akan tetap hidup tetapi dengan daya rendah dan akan tetap pada suhu yang kita inginkan, berbeda dengan AC konvensional pada umumnya kompresor akan mati setelah mencapai suhu yang diinginkan dan akan menyala kembali saat suhu ruangan sudah tidak sesuai dengan yang diinginkan, proses seperti itulah yang akan membuat tagihan listrik menjadi sangat mahal, untuk harga dari AC inverter sedikit lebih mahal dibandingkan dengan AC konvensional, tetapi setelah dihitung tingkat rata-rata efisiensinya, AC inverter lebih bisa menghemat 50% karena kompresor tidak nyala mati dan daya (watt) starting untuk AC inverter lebih rendah dibandingkan dengan AC konvensional.

### **2.2.5 Lampu LED**

Lampu LED yaitu dioda semikonduktor istimewa yang merupakan sebuah dioda normal, LED memiliki bagian-bagian penting yaitu sebuah chip bahan semikonduktor yang diisi penuh, atau di-dop, dengan ketidakmurnian untuk menciptakan sebuah struktur yang disebut *p-n junction*. *Hyperlink* merupakan panjang gelombang dari cahaya yang dipancarkan LED tersebut, dan warnanya, tergantung dari selisih pita energi dari bahan yang membentuk *p-n junction*. Cahaya pada LED itu sendiri merupakan energi elektromagnetik yang dipancarkan dalam bagian spektrum dengan dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya yang tampak pada LED itu merupakan hasil kombinasi panjang – panjang gelombang yang berbeda dari energi yang dapat terlihat, mata bereaksi melihat pada panjang – panjang gelombang energi elektromagnetik dalam daerah antara radiasi ultra violet dan infra merah. Cahaya tersebut terbentuk dari hasil pergerakan-pergerakan elektron pada atom, kemudian elektron bergerak pada suatu orbit yang mengelilingi sebuah inti atom. Setiap elektron pada orbit LED ini jika berbeda maka memiliki jumlah energi yang berbeda juga. Elektron-elektron yang berpindah dari orbit

tingkat tinggi ke rendah perlu melepas energi yang dimilikinya. Energi yang dilepaskan tersebut merupakan bentuk dari foton sehingga menghasilkan cahaya. Semakin besar energi yang dilepaskan maka, semakin besar energi yang terkandung dalam foton tersebut.



Gambar 2.2 Lampu LED

(Sumber : Sumardjati, *Tekni Pemanfaatan Energi Listrik 2018*)

### 2.2.6 Pemakaian Energi Listrik

Pemakaian energi listrik merupakan total beban yang digunakan pada suatu bangunan dengan dikalikan dengan banyaknya unit alat elektronik dan dikalikan dengan waktu digunakannya alat elektronik tersebut. Untuk mengitung pemakain energi listrik bisa dihitung dengan cara sebagai berikut

$$Pemakaian\ energi\ listrik\ (kWh) = \frac{((P.lampu)+(P.STU))}{1000} \times \frac{t}{60} \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

- P lampu           = Daya lampu terpasang (Watt)
- P. STU            = Daya sistem tata udara terpasang (Watt)
- t                    = Waktu Pemakaian (menit)

### 2.2.7 Tarif Dasar Listrik

Tarif dasar listrik merupakan salah satu komponen analisis biaya yang menjadi bahan pertimbangan saat menentukan jenis beban yang akan terpasang. Tarif dasar listrik di Indonesia sudah ditentukan sesuai dengan



penggunaannya oleh konsumen. Yang sesuai dengan Keputusan Presiden Republik Indonesia No. 104 tahun 2013 yang menyebutkan bahwa penetapan tarif dasar listrik oleh PLN pada bulan April - Juni 2018 yaitu pada gambar 2.3 dibawah ini, pada gedung Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ini memiliki tari dsar listrik per kWhnya yaitu Rp.1.467,28 karena Universitas Muhammadiyah Yogyakarta ini berlangganan 150 Kva. Dimana Perhitungan tarif listrik setiap tahunnya yaitu :

$$\text{Tarif Listrik} = \text{Total Pemakaian Energi} \times \text{Harga per kWh} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

$$\text{Tarif listrik} = \text{Jumlah Biaya (Rp)}$$

$$\text{Total Pemakaian Energi} = \text{Jumlah energi listrik yang digunakan (Kwh)}$$

$$\text{Harga /Kwh} = \text{Harga listrik per Kwh sesuai tarif langganan (Rp)}$$

**PT PLN (Persero)**  
 Jalan Tunjungs Blok M 1135 Kebayoran Baru - Jakarta 12160  
 Telepon : (021) 7261875, 7261122, 7262234 Facsimile : (021) 7221330 Website : www.pln.co.id  
 (021) 7261234, 7260550

**PENETAPAN  
 PENYESUAIAN TARIF TENAGA LISTRIK (TARIFF ADJUSTMENT)  
 BULAN APRIL - JUNI 2018**

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PSA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA KVAH (Rp/kVAH)	
1	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
2	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4	R-3/TR	6.600 VA s.d. 990 VA	*)	1.467,28	1.467,28
5	S-2/TR	6.600 VA s.d. 200 KVA	*)	1.467,28	1.467,28
6	B-3/TM	0 s.d. 200 KVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LVBP = 1.035,78 KVAH = 1.114,74	-
7	I-3/TM	0 s.d. 200 KVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LVBP = 1.035,78 KVAH = 1.114,74	-
8	I-4/TT	30.000 KVA ke atas	***)	Blok WBP dan Blok LVBP = 999,74 KVAH = 898,74	-
9	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 KVA	*)	1.467,28	1.467,28
10	P-2/TM	0 s.d. 200 KVA	**)	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LVBP = 1.035,78 KVAH = 1.114,74	-
11	P-3/TR	*)	*)	1.467,28	1.467,28
12	L/TR, TM, TT	-	-	1.644,52	-

**Catatan:**  
 \*) Ditetapkan Reranking Minimum (RM):  
 RM1 = 40 (Jam Nyala x Daya Tersambung (KVA) x Biaya Pemakaian)  
 \*\*) Ditetapkan Reranking Minimum (RM):  
 RM2 = 40 (Jam Nyala x Daya Tersambung (KVA) x Biaya Pemakaian LVBP + Jam nyala x kWh per bulan dibagi dengan KVA tersambung)  
 \*\*\*) Ditetapkan Reranking Minimum (RM):  
 RM3 = 40 (Jam Nyala x Daya Tersambung (KVA) x Biaya Pemakaian WBP dan LVBP + Jam nyala x kWh per bulan dibagi dengan KVA tersambung)  
 \*\*) Biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) dikenakan dalam hal faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0,85 (dengan nilai rata-rata per sektor).  
 K Faktor perbandingan antara harga WBP dan LVBP sesuai dengan karakteristik beban sistem selisihan selangit (1,4 & K x 2); ditetapkan oleh Direksi Perusahaan Perseroan (Persero) / PT Perusahaan Listrik Negara

WBP : Waktu Beban Puncak.  
 LVBP : Luar Waktu Beban Puncak.

Gambar 2.3 Tarif Dasar Listrik PLN

(Sumber : <http://listrik.org/pln/tarif-dasar-listrik-pln/>)

### 2.2.8 Time Value of Money

Nilai waktu uang merupakan suatu konsep yang sangat penting bagi suatu organisasi yang menyatakan bahwa nilai uang sekarang lebih berharga dari pada nilai uang masa yang akan datang. Perbedaan nilai mata uang tersebut disebabkan karena perbedaan waktu. Dalam hal ini misal pembayaran listrik tahun sekarang tahun 2018 akan berbeda dengan pembayarannya listrik 10 tahun yang akan datang.

Berikut ini dimana biaya tagihan listrik yang dibebankan kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta setiap tahunnya, di asumsikan suku bunga sebesar 1,02% yang didapatkan dari nilai rata-rata kenaikan tarif bayar listrik PLN dalam kurun waktu 5 tahun terakhir dengan tarif listrik per kWh tetap sama yaitu Rp.1467,28. *Time value of money* ini bisa dihitung dengan menggunakan rumus seperti dibawah ini, karena yang dicari adalah nilai mata uang atau biaya tagihan listrik untuk 10 tahun yang akan datang, maka yang dicari adalah nilai *future* / masa depan dengan cara memperhitungkan nilai mata uang sekarang dikalikan dengan 1 dan suku bunga kemudian dikalikan dengan tahun kelipatannya. Untuk rumusnya bisa dilihat dibawah ini :

$$F = P(1 + i)^n \dots\dots\dots 2.3$$

Keterangan :

F = Future

P = Present

i = Suku Bunga

n = Tahun

### 2.2.9 Penghematan Energi

Penghematan energi merupakan suatu perbandingan dari daya yang digunakan dan daya masukan energi atau usulan pada sistem pemanfaatan

energi yang mengurangi jumlah energi yang dipakai untuk penggunaan energi listrik pada kehidupan yang dilakukan manusia yaitu dengan cara menggunakan sebuah peralatan atau mesin yang mengkonsumsi energi yang lebih hemat daya, untuk mendapatkan hasil yang sama. Efisiensi energi juga bisa berupa penggunaan energi yang sama dengan menghasilkan manfaat yang lebih dengan sangat berfokus pada peralatan atau mesin yang mengkonsumsi energi.

Penghematan Energi = Energi Yang digunakan – Energi yang diusulkan..2.4

Dengan dilakukannya efisiensi energi listrik tersebut, maka didapat *bill saving* dari hasil efisiensi energi listrik tersebut yang dikalikan dengan harga energi listrik per kWh.

*Bill Saving* = Efisiensi Energi Listrik x Biaya Listrik per kWh.....2.5

*Bill saving* yang dihasilkan tersebut bisa digunakan untuk melakukan pergantian suatu produk yang ada dengan produk yang baru dengan spesifikasi yang lebih efisien dari sebelumnya, lamanya anggaran dari hasil *bill saving* itu untuk memenuhi pembelian produk baru bisa dihitung dengan:

*Payback Period* =  $\frac{\text{incemental cost}}{\text{annual bill saving}}$  .....2.6

Keterangan :

*Payback period* = Waktu Pengembalian

*Incremental cost* = Biaya Tambahan

*Annual Bill Saving* = Hemat Biaya Tahunan