



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENINGKATAN FAKTOR DAYA PADA LAMPU
SWABALAST UNTUK MENGURANGI ENERGI DAN EMISI
CO₂ PADA SEKTOR RUMAH TANGGA DI INDONESIA**

TESIS

DHANDY ARISAKTIWARDHANA

1006788656

**PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
MANAJEMEN TEKNIK KETENAGALISTRIKAN & ENERGI
JAKARTA
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENINGKATAN FAKTOR DAYA PADA LAMPU
SWABALAST UNTUK MENGURANGI ENERGI DAN EMISI
CO₂ PADA SEKTOR RUMAH TANGGA DI INDONESIA**

TESIS

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik**

DHANDY ARISAKTIWARDHANA

1006788656

**PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
MANAJEMEN TEKNIK KETENAGALISTRIKAN & ENERGI
JAKARTA
JULI 2012**

PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Dhandy Arisaktiwardhana

NPM : 1006788656

Tanda Tangan



Tanggal

: JULI 2012



LEMBAR PERSETUJUAN

Laporan tesis dengan judul:

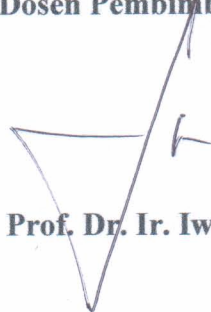
**“PENINGKATAN FAKTOR DAYA PADA LAMPU SWABALAST UNTUK
MENGURANGI ENERGI DAN EMISI CO₂ PADA SEKTOR RUMAH
TANGGA DI INDONESIA”**

Dibuat untuk melengkapi persyaratan kurikulum program Magister Bidang Ilmu Teknik Universitas Indonesia guna memperoleh gelar Magister Teknik, pada Program Pascasarjana Program Studi Teknik Elektro.

Laporan tesis ini dapat disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian tesis.

Jakarta, Juli 2012

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M.K., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Dhandy Arisaktiwardhana

NPM : 1006788656

Program Studi : Manajemen Teknik Ketenagalistrikan dan Energi

Judul :

PENINGKATAN FAKTOR DAYA PADA LAMPU SWABALAST UNTUK
MENGURANGI ENERGI DAN EMISI CO₂ PADA SEKTOR RUMAH
TANGGA DI INDONESIA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Manajemen Teknik Ketenagalistrikan & Energi Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M.K., M.T.

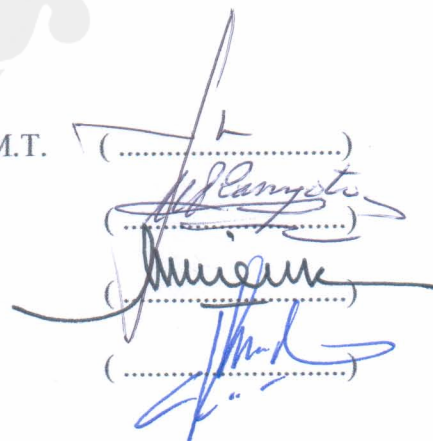
Penguji : Ir. Soepranyoto, M.Sc.

Penguji : Ir. Amien Rahardjo, M.T.

Penguji : Ir. I Made Ardita, M.T.

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : JULI 2012



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dhandy Arisaktiwardhana
NPM : 1006788656
Program Studi : Manajemen Teknik Ketenagalistrikan & Energi
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“PENINGKATAN FAKTOR DAYA PADA LAMPU SWABALAST
UNTUK MENGURANGI ENERGI DAN EMISI CO₂ PADA SEKTOR
RUMAH TANGGA DI INDONESIA”**

Dengan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Jakarta, Juli 2012

Yang Menyatakan,



(Dhandy Arisaktiwardhana)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin,

Segala puji, syukur dan penghormatan penulis panjatkan kepada Allah SWT. Dengan barokah, rahmat, dan ridho-Nya maka penulis dapat menyelesaikan laporan tesis ini dengan baik.

Laporan tesis ini disusun dalam rangka melengkapi salah satu persyaratan kelulusan program pendidikan Strata 2 (S2) pada Departemen Teknik Elektro Program Studi Manajemen Teknik Ketenagalistrikan & Energi Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga pada penyusunan laporan tesis ini maka sangatlah sulit bagi penulis untuk dapat menyelesaikan laporan tesis ini dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini, penulis tidak lupa untuk mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, masukan dan pengarahan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis ini. Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Iwa Garniwa M.K., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan laporan tesis ini;
2. Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng., selaku Pembimbing Akademis, yang telah banyak memberikan bimbingan dan saran bagi perkembangan akademik penulis;
3. Prof. Ir. Boedi Soesatyo, M.Eng.Sc., selaku Co-Promotor (Puslit KIM-LIPI) dari Program Beasiswa Pascasarjana Kementerian Negara Riset dan

Teknologi yang telah banyak memberikan bimbingan teknis selama penyusunan laporan tesis ini;

4. Staf pengajar dan karyawan Departemen Teknik Elektro Universitas Indonesia; serta staf administrasi Magister Manajemen Teknik Universitas Indonesia Salemba;
5. Papa dan Mama tercinta yang telah memberikan dukungan yang sangat besar baik moril, materiil dan bimbingan teknis serta doanya selama penyusunan laporan tesis ini;
6. Papa Mertua dan Mama Mertua tercinta yang telah memberikan dukungan yang sangat besar baik moril dan materiil serta doanya selama penyusunan laporan tesis ini;
7. Istri dan anakku tercinta yang selalu memberikan doa dan semangat serta pengertiannya yang sangat berarti selama penyusunan laporan tesis ini;
8. Mas Dhevy beserta istri, Mbak Dhany, Mas Budi beserta istri dan Hani serta Dhevan dan Shazfa yang memberikan semangat selama penyusunan laporan tesis ini;
9. Teman – teman seperjuangan ME angkatan 2010 (Tommy, Yugo, Ashadi, Sarie, Ariono dan Fajar) tetap kompak dan satu; serta Raden Kurnia Supriadi (MANTEL angkatan 2010)
10. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan partisipasi dari pembaca untuk dapat memberikan kritik dan saran kepada penulis. Akhir kata, dengan segala

kerendahan hati, penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Jakarta, Juli 2012

Penulis



ABSTRAK

Nama : Dhandy Arisaktiwardhana
Program Studi : Manajemen Teknik Ketenagalistrikan & Energi
Judul :
PENINGKATAN FAKTOR DAYA PADA LAMPU SWABALAST UNTUK
MENGURANGI ENERGI DAN EMISI CO₂ PADA SEKTOR RUMAH
TANGGA DI INDONESIA

Jumlah impor lampu swabalast terus mengalami peningkatan sejak tahun 2008, dan pada bulan Agustus 2011, jumlah impor lampu swabalast mencapai 131,425,000 lampu. Faktor daya merupakan salah satu persyaratan unjuk kerja pada lampu swabalast yang harus dipenuhi oleh produsen. Saat ini, di Indonesia, penetapan batas faktor daya belum ditetapkan pada SNI IEC 60969:2009. Dengan tidak adanya ketentuan batas faktor daya pada SNI IEC 60969:2009, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pemenuhan nilai faktor daya pada lampu swabalast terhadap persyaratan batas faktor daya yang tercantum pada ALC (*Asia Lighting Council Compact Fluorescent Lamp Quality Guidelines for Bare Lamps*). Pengamatan dilakukan untuk mengetahui pengurangan penggunaan energi listrik (kWh) dan pengurangan emisi energi listrik (gr CO₂) pada sektor rumah tangga di Indonesia, ditinjau dari peningkatan faktor daya produk lampu swabalast. Data-data yang digunakan pada penelitian ini meliputi faktor daya dan daya semu lampu swabalast, jumlah pelanggan rumah tangga, penggunaan energi primer PT. PLN (Persero), faktor emisi CO₂ pada energi primer PT. PLN (Persero) dan biaya bahan bakar energi primer PT. PLN (Persero). Tahapan yang harus dilakukan pada penelitian ini adalah penilaian pemenuhan faktor daya pada lampu swabalast terhadap persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC, perhitungan pengurangan energi listrik (kWh) pada pihak pemakai listrik (rumah tangga), perhitungan energi listrik yang terbuang (kWh) pada pihak pemakai listrik (rumah tangga), perhitungan pengurangan biaya pembangkitan (khususnya biaya pemakaian bahan bakar) (Rp.) pada pihak penyedia listrik dan perhitungan pengurangan emisi energi listrik (gr CO₂) pada pihak penyedia listrik. Penelitian ini dapat menjadi masukan bagi Badan Standardisasi Nasional (BSN) untuk melakukan revisi terhadap persyaratan unjuk kerja yang tercantum SNI IEC 60969:2009, khususnya penetapan batas faktor daya. Revisi ini diperlukan bagi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Asosiasi Industri Perlampuan Indonesia (APERLINDO), Produsen, Laboratorium Penguji dan Lembaga Sertifikasi Produk sebagai acuan penerapan efisiensi energi pada lampu swabalast di Indonesia sesuai regulasi teknis terkait.

Kata kunci :
SNI IEC 60969:2009, ALC, lampu swabalast, energi listrik, emisi energi listrik faktor daya

ABSTRACT

Name : Dhandy Arisaktiwardhana
Study Program : Manajemen Teknik Ketenagalistrikan & Energi
Title :
POWER FACTOR IMPROVEMENT ON SELF-BALLASTED LAMPS TO REDUCE ENERGY AND CO₂ EMISSION AT HOUSEHOLD SECTOR IN INDONESIA

Self-ballasted lamps imports continued to increase since 2008, and in August 2011, the imports of self-ballasted lamps reached 131,425,000 lamp. Power factor is one of the performance requirements of self-ballasted lamps that must be met by the manufacturer. Currently, in Indonesia, the determination limits of power factor has not been established in SNI IEC 60969:2009. In the absence of statutes of limitation on power factor in SNI IEC 60969:2009, the study was conducted to determine compliance the value of power factor on self-ballasted lamp with the requirements of power factor limits stated in ALC (Asia Lighting Compact Fluorescent Lamp Quality Council Guidelines for Bare Lamps). Observations conducted to determine the reduction in energy use (kWh) of electrical energy and emission reduction (gr CO₂) on the household sector in Indonesia, in terms of improve power factor of self-ballasted lamp. The data used in this study include the power factor and apparent power of self-ballasted lamps, the number of household customers, the primary energy use of PT. PLN (Persero), CO₂ emission factor in primary energy of PT. PLN (Persero) and the cost of primary energy fuel of PT. PLN (Persero). Steps that must be done in this study is assessment of the fulfillment of the self-ballasted lamp power factor against the requirements of SNI IEC 60969:2009 and ALC; calculation of the reduction of electric energy (kWh) on the consumer of electricity (households), calculation of electric energy wasted (kWh) on the consumer of electricity (households), calculation of the reduction of electric energy emissions (gr CO₂) on the electricity provider and calculation of the reduction of cost of generating electricity (especially fuel costs) (Rp.) on the electricity provider. The results of this study is to provide input for the National Standardization Agency (BSN) to revise the performance requirements specified in SNI IEC 60969:2009, in particular the determination of power factor limits. This revision is necessary for the Ministry of Energy and Mineral Resources, Lighting Industry Association of Indonesia (APERLINDO), Manufacturers, Testing Laboratory and Product Certification Bodies as a reference to implement energy efficiency on self-ballasted lamps in Indonesia according to the relevant technical regulations.

Key words:

SNI IEC 60969:2009, ALC, self-ballasted lamps, electric energy, emissions of electric energy, power factor

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK.....	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Motivasi Penelitian.....	9
I.3 Tujuan Penelitian.....	9
I.4 Manfaat Penelitian.....	9
I.5 Batasan Masalah.....	10
I.6 Sistematika Penelitian.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	12
II.1 SNI IEC 60969:2009.....	12
II.2 ALC (<i>Asia Lighting Council Compact Fluorescent Lamp Quality Guidelines for Bare Lamps</i>).....	13
II.3 Lampu Swabalast	16
II.4 Faktor Daya.....	19
II.5 Gas Rumah Kaca (GRK).....	26
II.6 Label Tanda Hemat Energi.....	30
BAB III PENGURANGAN ENERGI DAN EMISI CO ₂	33
III.1 Penelitian Pengurangan Energi dan Emisi CO ₂	33
III.2 Data Faktor Daya Lampu Swabalast.....	34
III.3 Data Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk Golongan Rumah Tangga.....	37
III.4 Tahapan Metode Penelitian.....	40
III.4.1 Analisa Penilaian Data Faktor Daya Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC.....	40
III.4.2 Perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47 dan Faktor Daya 0.58.....	44
III.4.3 Analisa Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh).....	44
III.4.4 Perhitungan Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh).....	44
III.4.5 Analisa Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh).....	45
III.4.6 Perhitungan Konversi Emisi (gr CO ₂ /kWh).....	45
III.4.7 Analisa Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO ₂ /kWh)..	46
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA.....	47
IV.1 Analisa Penilaian Data Faktor Daya Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:209 dan ALC.....	47

IV.2 Perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47 dan Faktor Daya 0.58.....	50
IV.3 Analisa Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh).....	53
IV.4 Perhitungan Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh).....	55
IV.5 Analisa Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh).....	58
IV.6 Perhitungan Konversi Emisi (gr CO ₂ /kWh).....	65
IV.7 Analisa Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO ₂ /kWh).....	67
BAB V KESIMPULAN.....	82
DAFTAR REFERENSI.....	84



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Impor Lampu Swabalast Tahun 1999 – 2010.....	3
Gambar 1.2 Prediksi Konsumsi Impor Lampu Swabalast Tahun 2020.....	4
Gambar 1.3 Konsumsi Lampu Per Wilayah Di Indonesia Tahun 2011.....	4
Gambar 2.1 Segitiga Daya.....	20
Gambar 2.2 Emisi CO ₂ Per Jenis Bahan Bakar Tahun 2011 – 2020.....	29
Gambar 2.3 Label Tanda Hemat Energi.....	32
Gambar 3.1 Tahapan Metode Penelitian.....	33
Gambar 4.1 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Kecil (kWh).....	76
Gambar 4.2 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Menengah (kWh).....	77
Gambar 4.3 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Besar (kWh).....	77
Gambar 4.4 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Kecil (gr CO ₂).....	79
Gambar 4.5 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Menengah (gr CO ₂).....	80
Gambar 4.6 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Besar ((gr CO ₂).....	80

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Merk-Merk Lampu Swabalast Yang Beredar Di Indonesia.....	5
Tabel 2.1 Perbandingan Persyaratan Faktor Daya Pada SNI IEC 60969:2009 dan ALC.....	16
Tabel 2.2 Komposisi Produksi Energi Listrik Berdasarkan Jenis Bahan Bakar Total Indonesia Tahun 2011 – 2020 (GWh).....	28
Tabel 3.1 Data Pengukuran Faktor Daya ($\cos \emptyset$).....	34
Tabel 3.2 Data Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk Golongan Rumah Tangga Tahun 2010.....	38
Tabel 3.3 Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \emptyset$) Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC.....	41
Tabel 4.1 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47.....	51
Tabel 4.2 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.58.....	52
Tabel 4.3 Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.58.....	54
Tabel 4.4 Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA).....	56
Tabel 4.5 Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA)	56
Tabel 4.6 Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Besar (6,600 VA ke atas).....	57
Tabel 4.7 Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Tahun 2010.....	59
Tabel 4.8 Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi (Primer) <i>Mix</i> Tahun 2025.....	63
Tabel 4.9 Konversi Emisi (gr CO ₂ /kWh).....	66
Tabel 4.10 Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO ₂ /kWh).....	68
Tabel 4.11 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.69.....	72
Tabel 4.12 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.80.....	72
Tabel 4.13 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.91.....	73

Tabel 4.14 Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.69.....	74
Tabel 4.15 Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.80.....	74
Tabel 4.16 Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.91.....	75
Tabel 4.17 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Setiap Golongan Rumah Tangga (kWh).....	76
Tabel 4.18 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Setiap Golongan Rumah Tangga (kWh).....	79

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 70 Tahun 2009, konservasi energi merupakan upaya sistematis, terencana dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Pelaksanaan konservasi energi mencakup seluruh aspek dalam pengelolaan energi yaitu penyediaan energi, pengusahaan energi, pemanfaatan energi dan konservasi sumber daya energi [1]. Efisiensi merupakan salah satu langkah dalam pelaksanaan konservasi energi. Efisiensi energi adalah istilah umum yang mengacu pada penggunaan energi lebih sedikit untuk menghasilkan jumlah layanan atau output berguna yang sama. Di masyarakat umum kadang kala efisiensi energi diartikan juga sebagai penghematan energi [1].

Efisiensi energi membantu mengurangi penggunaan energi fosil seperti batu bara, minyak bumi dan gas bumi yang selama ini peranannya sangat dominan. Energi fosil, yang merupakan jenis energi tidak terbarukan, suatu saat akan habis jika terus dieksploitasi. Dengan menghemat penggunaan energi fosil, pemerintah dapat menyimpannya sebagai cadangan dalam rangka menjaga ketahanan energi nasional. Efisiensi energi merupakan solusi untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan kerusakan lingkungan hidup. Saat ini, sebagian besar energi yang digunakan di Indonesia berasal dari pembakaran energi fosil yang menyebabkan polusi gas rumah kaca dan mengakibatkan pemanasan global, perubahan iklim dan kerusakan lingkungan hidup [1]. Sebagai informasi, pemerintah juga telah menetapkan Instruksi Presiden Nomor 10 Tahun 2005 tentang Penghematan Energi [4], Instruksi Presiden Nomor 2 Tahun 2008 tentang Penghematan Energi Dan Air [5] dan Instruksi Presiden Nomor 13 Tahun 2011 tentang Penghematan Energi dan Air [6].

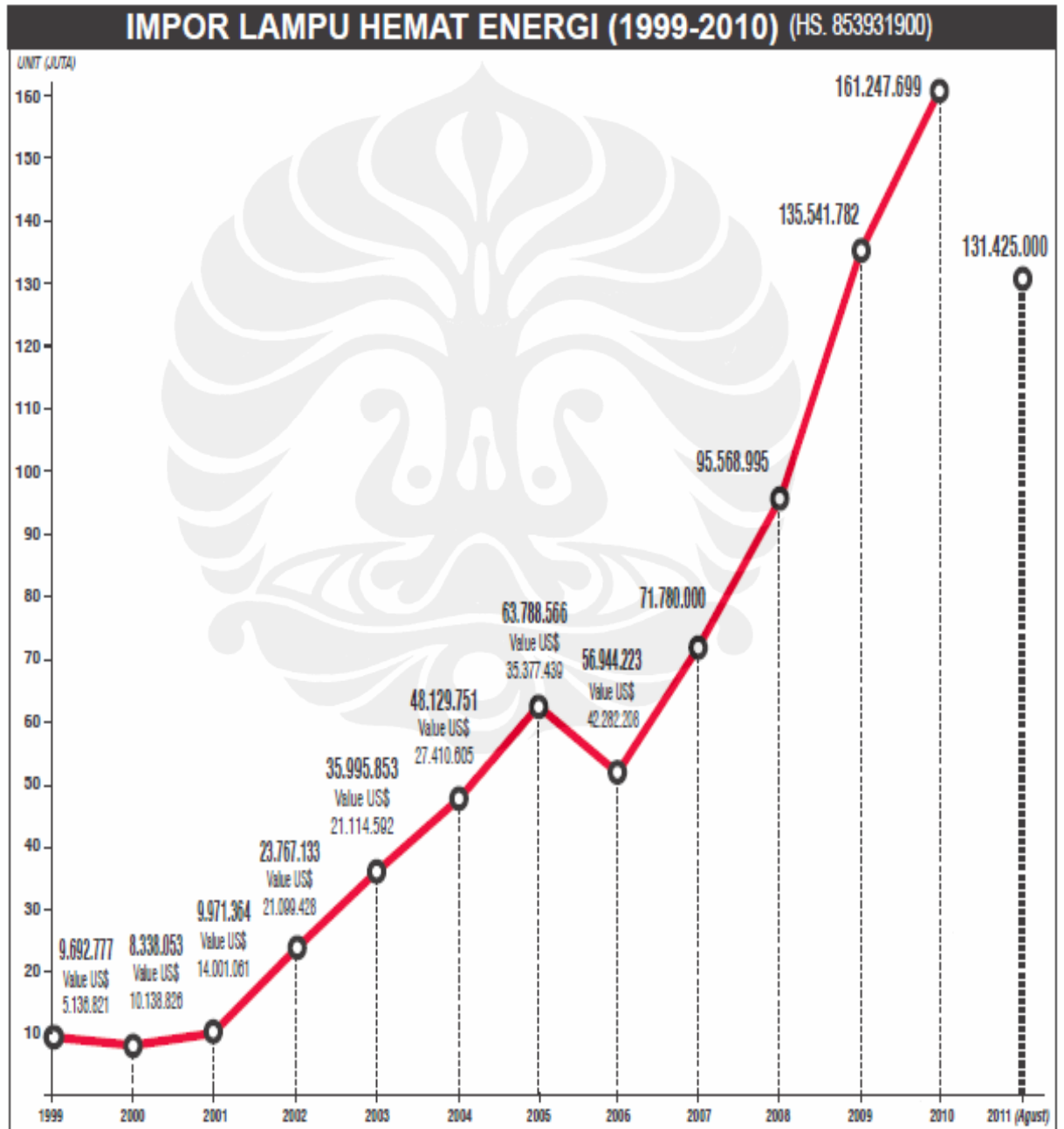
Tahun 2009, subsidi pemerintah untuk energi fosil mencapai Rp. 98,96 triliun. Jika kita berhasil menggunakan energi secara efisien, maka subsidi pemerintah untuk energi fosil dapat dikurangi dan dialokasikan untuk upaya konservasi energi lainnya seperti investasi pengembangan sumber energi terbarukan dan pengembangan teknologi efisien energi. Penggunaan energi secara efisien berdampak langsung pada pengurangan biaya yang dikeluarkan oleh pengguna energi. Industri barang dan jasa menjadi lebih produktif dan kompetitif jika biaya pemakaian energi dapat ditekan. Pada sektor rumah tangga, penghematan energi juga mengurangi biaya pemakaian listrik suatu rumah tangga. Dana tersebut dapat dialokasikan untuk hal-hal lain seperti biaya keperluan sehari-hari, uang bulanan sekolah serta biaya kesehatan [1].

Penerapan teknologi yang efisien energi dilakukan melalui penetapan dan pemberlakuan standar unjuk kerja energi pada peralatan pemanfaat energi. Peralatan pemanfaat energi yang dimaksud terutama yang menggunakan energi listrik seperti kulkas, lampu, setrika, *air conditioner*, *rice cooker*, motor listrik dan lain lain. Penerapan standar unjuk kerja energi pada peralatan pemanfaat energi dilakukan dengan pencantuman label tingkat efisiensi energi [1]. Untuk menerapkan teknologi yang efisien energi pada produk lampu, maka pemerintah menetapkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 6 Tahun 2011 tentang Pembubuhan Label Tanda Hemat Energi Untuk Lampu Swabalast. Label Tanda Hemat Energi yang diberlakukan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 04-6958-2003 tentang Pemanfaat Tenaga Listrik Untuk Keperluan Rumah Tangga dan Sejenisnya - Label Tanda Hemat Energi sebagai label wajib pada lampu swabalast atau biasa dikenal lampu hemat energi (LHE) [1]. Label Tanda Hemat Energi wajib dibubuhkan pada produk dan kemasan lampu swabalast yang akan diperjualbelikan di Indonesia, baik produksi dalam negeri dan luar negeri. Pembubuhan Label Tanda Hemat Energi harus memenuhi ketentuan sebagai berikut [1] :

1. SNI IEC 60969:2009 tentang Lampu Swabalast Untuk Pelayanan Pencahayaan Umum - Persyaratan Unjuk Kerja.

2. Kriteria Tanda Hemat Energi Lampu Swabalast yang tercantum pada Lampiran - Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 6 Tahun 2011.

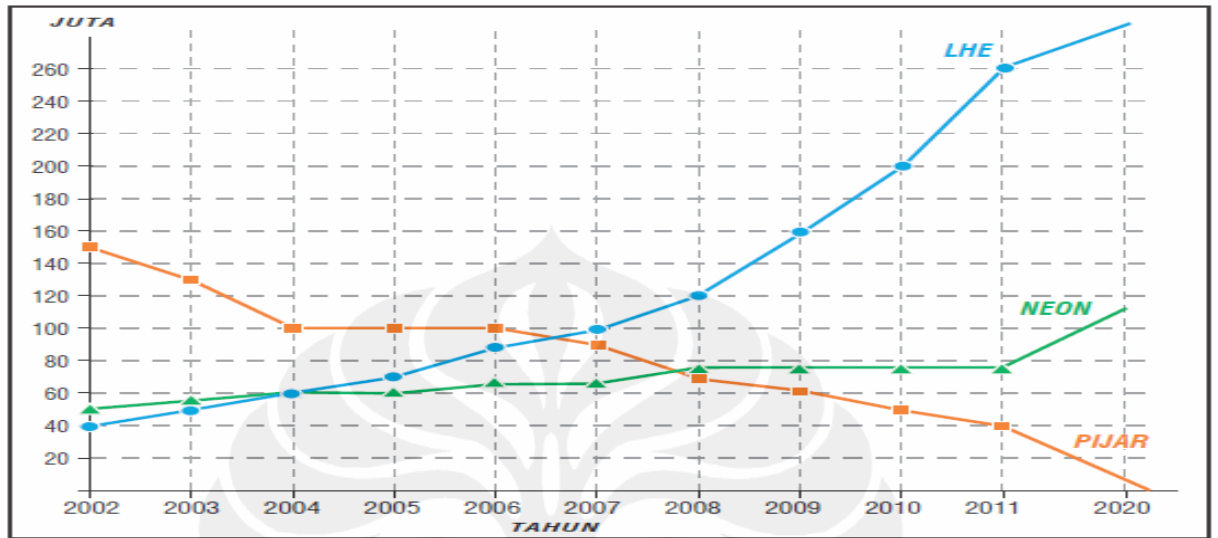
Berdasarkan data yang diperoleh, impor lampu swabalast sejak tahun 2008 terus mengalami peningkatan hingga bulan Agustus 2011 sebanyak 131,425,000 lampu seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1 [1] sebagai berikut :



Gambar 1.1 Impor Lampu Swabalast Tahun 1999 – 2010

Sumber : <http://www.aperlindo.com>

Padahal, konsumsi lampu swabalast di Indonesia juga terus bertambah sejak tahun 2002 dan diprediksi akan terus bertambah hingga tahun 2020. Kondisi ini ditunjukkan pada Gambar 1.2 [1] sebagai berikut :



Sumber : BPS; Dit PPMB Depdag; Litbang Sentra Elektrik.

Gambar 1.2 Prediksi Konsumsi Lampu Swabalast Tahun 2020

Sumber : <http://www.aperlindo.com>

Berdasarkan informasi yang diperoleh, maka dapat diketahui peta sebaran konsumen lampu swabalast tahun 2011, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.3 [1] sebagai berikut:



Gambar 1.3 Konsumsi Lampu Per Wilayah Di Indonesia Tahun 2011

Sumber : <http://www.aperlindo.com>

Hingga tahun 2011 terdapat 24 produsen lampu swabalast yang terletak di Indonesia, dimana 6 produsen telah menutup pabriknya [1]. Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat 210 merk lampu swabalast yang beredar di Indonesia sebagai berikut [1] :

Tabel 1.1 Merk-Merk Lampu Swabalast Yang Beredar Di Indonesia

No.	Merk Lampu Swabalast	No.	Merk Lampu Swabalast	No.	Merk Lampu Swabalast
1	AAG	36	DAKSINA	71	HEMAT
2	ACE	37	DEKA	72	HTC
3	ACR	38	DOP	73	HINOMARU
4	ALHUDA	39	DUJUOR	74	HIMAWARI
5	AUGEN	40	ECLAT	75	HINODE
6	AMASCO	41	ECONOMAT	76	HINO
7	ARASHI	42	ESSAY	77	HIKARI
8	ARTHES	43	ELITECH	78	HORI
9	ARTHESS	44	ELECTRA	79	HOSEKI
10	ARTURO	45	ELTRA	80	HIPPO
11	ASAHI	46	ELKI	81	HI-ZEN
12	AUHTECH	47	ENERGIE	82	HASSEI
13	AVATAR	48	ENJE	83	ICHIKO
14	BADALEX	49	EUROLITE	84	ISAKI
15	BARIS	50	ESTELA	85	INS
16	BERRY	51	ESTELLA	86	INDOMART
17	BEERY	52	ESIA	87	JAZZ
18	BESS	53	ETERNAL	88	JOY
19	BLT	54	FAVORITE	89	KAWACHI
20	BLITZ	55	FEELUX	90	KIP PLN
21	BRAVO	56	FOCUS	91	KLEIN
22	BRICO	57	FRIENDS	92	KOSOKU
23	BRIGHT	58	FUJILIGHT	93	KYOCHIBA
24	CAHAYA	59	FUTACHI	94	KYOWA
25	CAMRI	60	GE	95	KRYPTON
26	CAMUS	61	GEMINI	96	KRISBOW
27	CHASE	62	GORE	97	LAMP
28	CHIYODA	63	GREET	98	LAMPUKU
29	COSMOS	64	GIANT	99	LEA
30	COSCO	65	HAEGA	100	LEUCH'TECH
31	CENTRALITE	66	HANNORA	101	LUMAN
32	CITRUS	67	HANNOCHS	102	LUWI
33	CITYLAMP	68	HAOMEN	103	LEXICON
34	CRESTAR	69	HATANAKA	104	LECTRON
35	DAT	70	HAZEL	105	LUXTRON

Sumber : <http://www.aperlindo.com>

Tabel 1.1 Merk-Merk Lampu Swabalast Yang Beredar Di Indonesia (lanjutan)

No.	Merk Lampu Swabalast	No.	Merk Lampu Swabalast	No.	Merk Lampu Swabalast
106	LUFTEC	141	OSRAM	176	SYLTRON
107	LUXRAM	142	OMI	177	SWISSE LITE
108	LUXTRON	143	PANCARAN	178	SZ MR
109	MASKO	144	PANASONIC	179	TIGER HEAD
110	MARIO	145	PHILIPS	180	TIKI
111	MAGIC	146	PHILUX-HQ	181	TOPLAMP
112	MGM	147	PLANO	182	TOSHIBA
113	MICHI	148	PLEOMAX	183	TOYOSAKI
114	MIMOUSE	149	PLC LHE	184	TOYOSAKI LIGH
115	MINCOM	150	PLC 999	185	TRIKOM
116	MARCO	151	PLUS	186	TWINDOG
117	MARUSHIN	152	POWERCEL	187	ULTRALITE
118	MAX	153	RACER	188	VISALUX
119	MAXTRON	154	RAPID	189	VISICOM
120	MEGAMAN	155	RAPILO	190	VARILUX
121	MORGEN	156	RADIUM	191	VEGA
122	MULTI MAX	157	RADHIUM	192	VYBA
123	MILLIO	158	ROCKY	193	VISICONIC
124	MGM	159	RIKEN	194	VOLTAX
125	MODULO	160	SAKURA	195	VOLTRON
126	MORGEN	161	SHARP	196	VISALUX
127	NAC	162	SHINYOKU	197	VALID
128	NATACO	163	SHUKAKU	198	WIKA
129	NOIA	164	SINAR	199	WANDA
130	NEOTRON	165	SONGRUI	200	WOLTA
131	NEWTRON	166	SPYRO	201	WELTOR
132	NEW SUNNYCO	167	SURYA	202	WOELTOR
133	NEI	168	SUNWAY	203	XIOU SONGRUI
134	NIKO	169	SUNFREE	204	YOSIKAWA
135	NIXON	170	SUNNYCO	205	YASUHO
136	NEW BRIGHT	171	SANYCO	206	YAKI
137	NEW LIGHT	172	SUNSONIC	207	YAMAKAWA
138	OGATA	173	SPIDER	208	ZEDA
139	OKACHI	174	SKYLIGHT	209	ZHOEDIAC
140	OPTIMA	175	SYBER	210	ZODIAC

Sumber : <http://www.aperlindo.com>

Dengan adanya variasi jenis beban listrik yang semakin banyak, akan mengakibatkan tidak jelasnya sifat beban yang ada pada setiap rumah tangga, yang pada umumnya mempunyai sifat induktif dengan faktor daya yang semakin

kecil [1]. Disisi lain masih terdapat tingkat pemahaman yang rendah di masyarakat pemakai jasa listrik dari PT. PLN (Persero), tentang pemakaian daya listrik terpasang terhadap sifat beban yang ada. Dengan demikian dimungkinkan daya listrik terpasang pada setiap konsumen (VA) cenderung naik dan faktor daya beban semakin kecil [1].

Publikasi hasil penelitian yang dilakukan oleh R. Arseneau dan M.J. Ouellette pada tahun 1992 di Canada, menunjukkan bahwa terdapat banyak sistem lampu swabalast beroperasi pada faktor daya yang rendah [1]. Studi yang dilakukan tersebut, menunjukkan bahwa lampu swabalast beroperasi pada faktor daya dengan rentang 0.33 – 0.59, dimana nilai faktor daya lampu swabalast tersebut lebih rendah dibandingkan nilai faktor daya lampu pijar [1]. Hal ini disebabkan nilai faktor daya lampu swabalast tidak mendekati 1, sedangkan nilai faktor daya lampu pijar adalah sama dengan 1 [1]. Penelitian terhadap faktor daya lampu swabalast juga dilakukan I. F. Gonos, M. B. Kostic dan F. V Topalis tahun 1999, dimana lampu swabalast tersebut beroperasi pada faktor daya dengan rentang 0.40 – 0.48 [1]. Kondisi ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sudirman Palaloi tahun 2009, bahwa lampu swabalast beroperasi pada faktor daya dengan rentang 0.40 – 0.59 [1].

Penelitian yang telah dilakukan Eka Firmansyah, F. Danang Wijaya, Hugo Nandian Pradana, Yusuf Susilo Wijoyo tahun 2011 [1], menyatakan bahwa balast elektronik dikatakan hemat energi, jika faktor daya tidak kurang dari 0.80 [1], dimana balast elektronik merupakan jenis balast yang digunakan pada lampu swabalast [1]. Namun, referensi batas nilai faktor daya pada balast elektronik tidak dinyatakan secara jelas. Untuk itu, organisasi standar perlu menetapkan batas faktor daya pada produk lampu swabalast [1]. Penetapan batas faktor daya sesuai dengan saran yang dinyatakan pada penelitian Wiwik Handajadi tahun 1998, bahwa perlu adanya ketentuan yang mengikat produsen peralatan listrik rumah tangga tentang sifat peralatan listrik dan faktor daya minimal pada peralatan yang diproduksi [1]. Saat ini, di Indonesia, penetapan batas faktor daya belum ditetapkan pada SNI IEC 60969:2009 [1].

Seperti diketahui bahwa nilai faktor daya adalah mulai dari 0 sampai dengan 1, berarti kondisi terbaik yaitu pada saat nilai faktor daya = 1, maka nilai daya aktif (kW) = daya semu (kVA) dan ini disebut juga nilai faktor daya terbaik [1], namun dalam kenyataannya nilai faktor daya yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) sebagai penyedia listrik pada SPLN 70-1 adalah sebesar > 0.85 [1]. Jadi untuk nilai faktor daya kurang dari 0.85 berarti faktor dayanya jelek. Padahal sesuai Peraturan Presiden Nomor 8 Tahun 2011 dan Peraturan Menteri Energi Dan Sumber Daya Mineral Nomor 09 Tahun 2011, bahwa jika faktor daya pemakai listrik rata-rata setiap bulan kurang dari 0.85, maka pemerintah hanya menetapkan denda berupa biaya kelebihan pemakaian daya reaktif (kVArh) pada Tarif Dasar Listrik (TDL) untuk keperluan pelayanan sosial, pelayanan bisnis, industri, kantor pemerintah dan penerangan jalan umum, traksi dan penjualan curah (*bulk*) [1]. Sedangkan pemerintah tidak menetapkan denda pada TDL untuk keperluan rumah tangga dengan faktor daya rata-rata setiap bulan kurang dari 0.85 [1].

Jika faktor daya pemakai listrik (rumah tangga) jelek (rendah), maka kapasitas daya aktif (kW) yang dapat digunakan pemakai listrik (rumah tangga) akan berkurang. Kapasitas itu akan terus menurun seiring dengan semakin menurunnya faktor daya sistem kelistrikan pemakai listrik (rumah tangga) [1]. Akibat menurunnya faktor daya tersebut, maka pada pihak pemakai listrik (rumah tangga) timbul penurunan pemanfaatan daya aktif (kW) [1]. Sedangkan pada pihak penyedia listrik timbul peningkatan biaya pembangkitan [1]. Hal ini akan menimbulkan kerugian baik pada produsen dalam hal ini adalah PT. PLN (Persero) sebagai penyedia listrik maupun konsumen (pemakai listrik – rumah tangga).

Pada tahun 2009, sektor-sektor yang menyebabkan emisi Karbon Dioksida (CO_2) di dunia adalah pembangkitan listrik dan panas sebesar 41%; transportasi sebesar 23%; industri sebesar 20%; jasa komersial/umum, pertanian/kehutanan, perikanan, industri energi selain pembangkitan listrik sebesar 10% dan perumahan sebesar 6% [1]. Dari tinjauan tersebut di atas, maka pembangkitan listrik dan panas merupakan sektor dengan persentase terbesar yang menyebabkan emisi CO_2 .

Kriteria tingkat hemat energi didasarkan pada keluaran pemanfaat tenaga listrik yang dimanfaatkan konsumen dibandingkan dengan masukan tenaga listrik yang dikonsumsi pemanfaat tersebut, atau pengguna energi listrik untuk periode tertentu [1]. Di Indonesia, kriteria tingkat hemat energi didasarkan pada hasil pengujian yang mengikuti standar dan prosedur uji yang baku dalam SNI [1], dalam hal ini adalah SNI IEC 60969:2009.

I.2. Motivasi Penelitian

Dengan tidak adanya ketentuan batas faktor daya pada SNI IEC 60969:2009, kajian ini dilakukan untuk mengetahui pemenuhan nilai faktor daya pada lampu swabalast terhadap persyaratan batas faktor daya yang tercantum pada ALC (*Asia Lighting Council Compact Fluorescent Lamp Quality Guidelines for Bare Lamps*), selanjutnya dilakukan pengamatan pengaruh nilai faktor daya pada lampu swabalast terhadap pengurangan energi dan emisi CO₂ pada sektor rumah tangga di Indonesia.

I.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengurangan penggunaan energi listrik (kWh) dan pengurangan emisi energi listrik (gr CO₂) pada sektor rumah tangga di Indonesia, ditinjau dari peningkatan faktor daya produk lampu swabalast.

I.4. Manfaat Penelitian

Dengan adanya kajian ini diharapkan penelitian yang telah dilakukan dapat menjadi masukan bagi Badan Standardisasi Nasional (BSN) untuk melakukan revisi terhadap persyaratan unjuk kerja yang tercantum SNI IEC 60969:2009, khususnya penetapan batas faktor daya. Revisi ini diperlukan bagi

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Asosiasi Industri Perlampuan Indonesia (APERLINDO), Produsen, Laboratorium Penguji dan Lembaga Sertifikasi Produk sebagai acuan penerapan efisiensi energi pada lampu swabalast di Indonesia sesuai regulasi teknis terkait.

I.5. Batasan Masalah

Ruang lingkup atau batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persyaratan unjuk kerja lampu swabalast yang dibahas pada SNI IEC 60969:2009 dan ALC yaitu faktor daya.
2. Standar yang dibahas yaitu SNI IEC 60969:2009 dan ALC.
3. Persyaratan keselamatan lampu swabalast yang tercantum pada SNI 04-6504-2001 tidak dibahas.
4. Golongan pemakai listrik yang dibahas yaitu pelanggan rumah tangga terdiri dari rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA), rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas).
5. Bahan bakar pada pembangkit tenaga listrik yang dibahas terdiri dari gas alam, batubara, minyak, air dan panas bumi.

I.6. Sistematika Penelitian

Pada bab satu membahas tentang latar belakang, motivasi penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penelitian; bab dua membahas tentang SNI IEC 60969:2009, ALC (*Asia Lighting Council Compact Fluorescent Lamp Quality Guidelines for Bare Lamps*), lampu swabalast, faktor daya, gas rumah kaca (GRK), label tanda hemat energi; bab ketiga membahas tentang penelitian pengurangan energi dan emisi CO₂, data faktor daya lampu swabalast, data pelanggan PT. PLN (Persero) untuk golongan rumah tangga, tahapan metode penelitian; bab keempat merupakan bagian pembahasan

dan analisa yang meliputi analisa penilaian data faktor daya terhadap persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC, perhitungan energi listrik per tahun (kWh) pada faktor daya 0.47 dan faktor daya 0.58, analisa pengurangan energi listrik per tahun (kWh), perhitungan energi listrik terbuang per tahun (kWh), analisa pengurangan biaya bahan bakar terbuang (Rp.) pada setiap energi listrik terbuang per tahun (kWh), perhitungan konversi emisi (gr CO₂/kWh), analisa pengurangan emisi energi listrik (gr CO₂/kWh); dan bab kelima membahas tentang kesimpulan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. SNI IEC 60969:2009

SNI IEC 60969:2009 - Lampu Swabalast Untuk Pelayanan Pencahayaan Umum – Persyaratan Unjuk Kerja merupakan SNI yang diadopsi secara identik dari standar *International Electrotechnical Commission (IEC) 60969 Edition 1.2 (2001)* dengan judul *Self-ballasted lamps for general lighting services Performance requirements* [1]. Standar ini disusun berdasarkan pada pertimbangan untuk mengantisipasi kerjasama ASEAN di bidang standardisasi melalui harmonisasi standar. Standar ini dirumuskan oleh Panitia Teknis 31-01, Elektronika Untuk Keperluan Rumah Tangga melalui Rapat Panitia Teknis, Rapat Prakonsensus dan terakhir Rapat Konsensus pada tanggal 6 Desember 2006 di Jakarta yang dihadiri wakil-wakil dari produsen, konsumen, asosiasi, lembaga peneliti dan instansi terkait lainnya [1]. SNI ini ditetapkan oleh Kepala BSN pada tanggal 5 Maret 2009 melalui Surat Keputusan Nomor 16/KEP/BSN/3/2009 [1].

Standar ini menetapkan persyaratan kerja beserta metoda uji dan kondisi yang diperlukan untuk menunjukkan kesesuaian lampu fluoresen tabung dan lampu pelepasan gas lain dengan cara terintegrasi untuk mengendalikan kerja penyalaan awal dan kerja stabil (lampu swabalast), yang dimaksudkan untuk tujuan pencahayaan rumah tangga dan pencahayaan umum, dengan ketentuan : daya pengenal sampai dengan 60 W, tegangan pengenal 100 V sampai 250 V dan jenis kaki lampu edison atau bayonet. Persyaratan standar ini hanya berlaku untuk uji jenis. Persyaratan pengujian untuk seluruh produk atau tumpak (*batch*) sedang dalam pembahasan. Persyaratan unjuk kerja ini merupakan tambahan kepada persyaratan dalam IEC 60968 (SNI 04-6504-2001 : Lampu Swabalast Untuk Pelayanan Pencahayaan Umum – Persyaratan Keselamatan) [1].

Persyaratan unjuk kerja untuk lampu swabalast yang ditetapkan pada standar ini sebagai berikut :

1. Dimensi.
2. Kondisi uji.

3. Waktu penyalaan dan persiapan (*run-up*).
4. Daya lampu.
5. Fluks cahaya.
6. Warna.
7. Pemeliharaan lumen (*lumen maintenance*).
8. Umur lampu.
9. Harmonisa (dalam pembahasan)

II.2. ALC (*Asia Lighting Council Compact Fluorescent Lamp Quality Guidelines for Bare Lamps*)

Untuk menindaklanjuti rekomendasi *Manila Compact* yang ditandatangani tanggal 6 Juni 2008 di Manila oleh *SG CFLI Philips Lighting; GE Lighting and Industrial; OSRAM Asia Pacific Limited; Philippine Lighting Industry Association, Inc.; Energy Mad Ltd.; Zhongshan Ople Lighting Company Limited; Lighting Council Australia; APERLINDO; USAID Eco-Asia Clean Development and Climate Program; Australian Government Departement Environment, Water, Heritage and The Arts* dan *Efficient Lighting Initiative Quality Certification Insitute*, maka pada bulan Januari 2009, ALC diterbitkan sebagai kriteria penetapan target unjuk kerja lampu swabalast [1].

ALC berusaha untuk mempromosikan kualitas lampu swabalast (*CFL – Compact Fluoresecent Lamp*) dalam rangka meningkatkan perlindungan konsumen terhadap produk sub-standar, meningkatkan perlindungan produsen dari persaingan yang tidak sehat, memberikan perbaikan dalam unjuk kerja energi yang direncanakan oleh skema wajib atau sukarela dan mengurangi emisi gas rumah kaca melalui pengurangan konsumsi listrik. ALC bertujuan untuk merangsang penyerapan lampu swabalast berkualitas tinggi dengan mempromosikan serangkaian kriteria kualitas umum dan pengaturan tingkat unjuk kerja untuk memenuhi syarat lampu swabalast untuk dijual di wilayah Asia, dan mempromosikan adopsi panduan ini kepada pemangku kepentingan [1].

Persyaratan unjuk kerja lampu swabalast yang tercantum pada ALC mengacu kepada [1] :

1. AS/NZS 4782.3-2006 (int) *Part 3: Double-capped fluorescent lamps - Performance specifications, Part 3: Procedure for quantitative analysis of mercury present in fluorescent lamps. (Notes: 1. This standard shall be superseded by the IEC reference standard once the IEC standard is available; 2. JEL 303-2004, referenced below, can be used as an alternative method for determining mercury content of lamps).*
2. CISPR 15 Ed 7.1 (2007), *Amendment 2 (2008) - Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment.*
3. *Energy Saving Trust: Lamp Specification, Version 6.1 – 2009.*
4. IEC 60968 Ed. 1.2 b:1999. *Self-ballasted lamps for general lighting services - Safety requirements.*
5. IEC 60969 Ed. 1.3 b:2009. *Self-ballasted lamps for general lighting services - Performance requirements.*
6. IEC 61000-3-2 Ed. 3.0 (2005), *Amendment 1 (2008) - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3-2: Limits - Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase).*
7. IEC 61547 Ed. 1.0 b:1995. *Equipment for general lighting purposes - EMC immunity requirements.*
8. JEL 303-2004, *Standard of Japan Electric Lamp Manufacturers Association. Practical quantitative analysis procedure for mercury containing in fluorescent lamps.*

Pedoman ALC bersifat sukarela, transparan, *publicly reviewed* dan konsisten dengan standar IEC 60968 dan IEC 60969. Pedoman ini menetapkan persyaratan teknis yang diperlukan lampu swabalast untuk memenuhi syarat dalam menandai produk. Lampu swabalast harus memenuhi seluruh persyaratan kriteria unjuk kerja mutu pada setiap tingkat produk dalam rangka pemenuhan ketentuan, terdiri dari efisiensi, faktor daya, umur lampu, pemeliharaan lumen dan warna. ALC didasarkan pada standar pengujian internasional yang dikembangkan oleh IEC. Berdasarkan prosedur pengujian IEC untuk unjuk

kerja lampu swabalast, ALC telah mengembangkan Sistem Mutu Tiga-Tingkat yang dirancang untuk bekerja sama dengan inisiatif standar mutu pencahayaan lainnya [1].

Sistem Mutu Tiga-Tingkat terdiri dari Tingkat 3 (tingkat *best* berdasarkan standar *UK Energy Savings Trust 6.1*), Tingkat 2 (tingkat *better* berdasarkan standar *Efficient Lighting Initiative (ELI)*) dan Tingkat 1 (tingkat *good* berdasarkan standar Cina). Kegagalan produk untuk memenuhi salah satu atau semua persyaratan yang ditetapkan dalam pedoman ini akan menghasilkan produk yang tidak memenuhi syarat untuk membubuhkan tanda produk ALC [1]. Dalam penelitian ini, salah satu persyaratan unjuk kerja lampu swabalast ALC yang dibahas adalah faktor daya.

Persyaratan unjuk kerja untuk lampu swabalast yang ditetapkan pada ALC sebagai berikut [8] :

1. *Color Rendering Index (CRI)*.
2. *Correlated Color Temperature (CCT)* dan *Standard Deviation of Color Matching (SDCM)*.
3. Pemeliharaan Lumen.
4. Daya Lampu.
5. Faktor Daya.
6. *Starting Time*.
7. *Run-Up Time*.
8. *Rated Life Time*.
9. *Rapid Cycle Stress Test/Switching Test*.
10. Kandungan Merkuri.
11. *Electromagnetic Compatibility (EMC)*.
12. Efikasi.

Berdasarkan publikasi penelitian yang diterbitkan oleh *Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP)* bulan Juni 2011, dapat diketahui bahwa standar IEC 60969 hanya mendefinisikan bagaimana mengukur kinerja, tetapi tidak menetapkan target unjuk kerja lampu swabalast [1], sehingga adopsi standar IEC 60969 tidak secara otomatis akan meningkatkan mutu lampu swabalast [1]. SNI IEC 60969:2009 merupakan standar yang hanya

mendefinisikan bagaimana mengukur unjuk kerja terkait dimensi, kondisi uji, waktu penyalaan dan persiapan, daya lampu, fluks cahaya, warna, pemeliharaan lumen dan umur lampu [1]. SNI IEC 60969:2009 tidak menetapkan ketentuan faktor daya. SNI IEC 60969:2009 diadopsi secara identik dari Standar International Electrotechnical Commission (IEC) 60969 Edition 1.2 (2001) dengan judul *Self-ballasted lamps for general lighting services - Performance requirements* [1].

Apabila persyaratan faktor daya yang tercantum pada SNI IEC 60969:2009 [1] dibandingkan dengan ALC [1], maka sesuai publikasi penelitian yang diterbitkan oleh dilakukan oleh CLASP bulan Juni 2011 [1], dapat diketahui perbandingan persyaratannya, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Perbandingan Persyaratan Faktor Daya Pada SNI IEC 60969:2009 dan ALC [1]

Persyaratan	SNI IEC 60969:2009	<i>Asia Lighting Council Compact Fluorescent Lamp Quality Guidelines for Bare Lamps (ALC)</i>
Faktor Daya	Tidak ada	Tingkat 1; 2 : ≥ 0.5 Tingkat 3 : > 0.55

Sumber : *Assessment of Opportunities for Global Harmonization of Minimum Energy Performance Standards And Test Standards for Lighting Products. Collaborative Labeling and Appliance Standards Program (CLASP). June 2011.*

II.4. Lampu Swabalast

Sejarah perkembangan perlampuan bermula pada puluhan abad yang lalu dari suatu penemuan manusia yang membutuhkan penerangan (cahaya buatan) untuk malam hari dengan cara menggosok-gosokan batu hingga mengeluarkan api/cahaya, kemudian dari api dikembangkan dengan membakar benda-benda yang mudah menyala hingga membentuk sekumpulan cahaya dan seterusnya

sampai ditemukan bahan bakar minyak dan gas yang dapat digunakan sebagai bahan penyalan untuk lampu obor, lampu minyak maupun lampu gas. Teknologi berkembang terus dengan ditemukannya lampu listrik oleh Thomas Alpha Edison pada tanggal 21 Oktober 1879 di laboratorium Edison-Menlo Park, Amerika. Prinsip kerja dari lampu listrik tersebut adalah dengan cara menghubungkan singkat listrik pada filamen karbon (C) sehingga terjadi arus hubung singkat yang mengakibatkan timbulnya panas. Panas yang terjadi dibuat hingga suhu tertentu sampai mengeluarkan cahaya, dan cahaya yang didapat pada waktu itu baru mencapai 3 lm/W [9].

Baru lima puluh tahun kemudian, tepatnya tahun 1933 filamen karbon diganti dengan filamen tungsten atau Wolfram (=wo) yang dibuat membentuk lilitan kumparan sehingga dapat meningkatkan efikasi lampu menjadi + 20 lm/W. Sistem pembangkitan cahaya buatan ini disebut sistem pemijaran (*incandescence*). Revolusi teknologi perlampuan berkembang dengan pesatnya. Pada tahun 1910 pertama kali digunakan lampu luah (*discharge*) tegangan tinggi. Prinsip kerja lampu ini menggunakan sistem emisi-elektron yang bergerak dari Katoda menuju Anoda pada tabung lampu akan menumbuk atom-atom media gas yang ada di dalam tabung tersebut, akibat tumbukan akan menjadi pelepasan energi dalam bentuk cahaya. Sistem pembangkitan cahaya buatan ini disebut *luminescence* (berpendarnya energi cahaya keluar tabung) [9].

Media gas yang digunakan dapat berbagai macam. Tahun 1932 ditemukan lampu luah dengan gas Sodium tekanan rendah, dan tahun 1935 dikembangkan lampu luah dengan gas Merkuri, dan kemudian tahun 1939 berhasil dikembangkan lampu fluoresen, yang biasa dikenal dengan lampu neon. Selanjutnya lampu Xenon tahun 1959. Khusus lampu sorot dengan warna yang lebih baik telah dikembangkan gas Metalhalide (Halogen yang dicampur dengan Iodine) pada tahun 1964, sampai pada akhirnya lampu Sodium tekanan tinggi tahun 1965. Prinsip emisi elektron ini yang dapat meningkatkan efikasi lampu di atas 50 lm/W, jauh lebih tinggi dibanding dengan prinsip pemijaran. Hal ini jelas karena rugi energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya melalui proses emisi elektron dapat dihemat banyak sekali dibanding dengan cara pemijaran dimana energi listrik yang diubah menjadi energi cahaya banyak yang hilang terbuang

menjadi energi panas (sebelum menjadi energi cahaya). Distribusi energi yang diubah menjadi energi cahaya [9].

Pada era yang terakhir telah dikembangkan lampu pijar dengan sistem induksi magnet yang mempunyai umur paling lama dari lampu-lampu jenis lain + 60,000 jam. Namun hal ini masih dalam tahap penelitian. Dan penelitian & pengembangan guna mendapat nilai ekonomi yang lebih baik. Untuk sistem penerangan dekade 90-an yang banyak digunakan oleh masyarakat umum saat ini adalah jenis lampu fluoresen kompak model SL (*soft light*) atau PL (*power light*) dan ini yang dikenal lampu hemat energi (LHE) [9].

Lampu swabalast atau LHE atau sering juga disebut *compact fluorescent lamp* (CFL) [1]. Kriteria tingkat hemat energi pada LHE ditandai dengan efisiensi. Efikasi pada LHE merupakan perbandingan antara tingkat cahaya yang dihasilkan (lm) terhadap kebutuhan daya (W) [16]. Sehingga LHE dapat dinyatakan sebagai lampu yang dapat menghasilkan lumen tinggi dibandingkan dengan daya yang dibutuhkan/dikonsumsi. Lampu swabalast memiliki prinsip kerja yang sama dengan lampu fluoresen pada umumnya, yaitu memendarkan gas di dalam tabung lampu sehingga timbul sinar ultra violet akibat energi listrik yang dialirkan. Perbedaan mendasar lampu swabalast dengan lampu fluoresen standar adalah lampu jenis ini didisain dengan bentuk dasar berupa uliran seperti lampu pijar sehingga dapat dengan mudah dipasang pada fitting- fitting lampu pijar yang sudah terpasang. Lampu swabalast terdiri atas 2 bagian yaitu tabung lampu dan balast magnetik atau balast elektronik. Sedangkan tabung lampu berisi campuran merkuri dan gas inert Argon (Ar) [1]. Menurut jenisnya lampu swabalast terbagi 2 yaitu [1] :

1. Lampu swabalast dengan menggunakan balast induktif (konvensional), lebih dikenal dengan sebutan lampu hemat energi jenis SL.
2. Lampu swabalast dengan menggunakan balast elektronik, yang merupakan gabungan dari komponen-komponen elektronik, lebih dikenal dengan sebutan lampu hemat energi jenis PL.

Lampu swabalast kebanyakan menjadi satu kesatuan (*integral units*), sedangkan untuk jenis PL ada yang *integral units* dan terpisah (*modular units*).

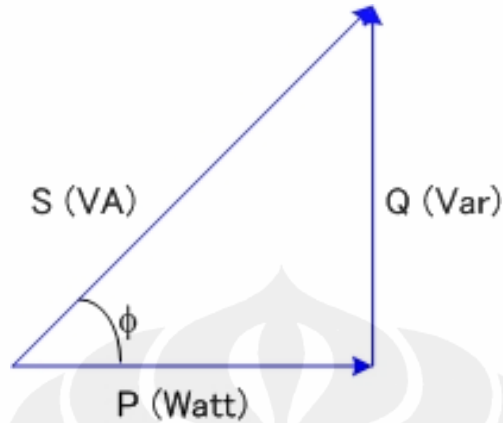
II.5. Faktor Daya

Daya bisa diperoleh dari perkalian antara tegangan dan arus yang mengalir. Pada kasus sistem arus bolak-balik, dimana tegangan dan arus berbentuk sinusoidal, perkalian antara keduanya akan menghasilkan daya semu, satuan volt-ampere (VA) yang memiliki dua buah bagian yaitu :

1. Bagian pertama adalah daya yang termanfaatkan oleh konsumen, bisa menjadi gerakan pada motor, bisa menjadi panas pada elemen pemanas, dan sebagainya. Daya yang termanfaatkan ini sering disebut sebagai daya aktif (*real power*) memiliki satuan watt (W).
2. Bagian kedua adalah daya yang tidak termanfaatkan oleh konsumen, namun hanya ada di jaringan, daya ini sering disebut dengan daya reaktif (*reactive power*) memiliki satuan volt-ampere-reactive (VAR). Daya reaktif adalah suatu besaran yang menunjukkan adanya fluktuasi daya di saluran transmisi dan distribusi akibat digunakannya peralatan listrik yang bersifat induktif (misal : motor listrik, trafo, dan las listrik). Akan tetapi adanya daya reaktif menyebabkan aliran daya aktif tidak bisa dilakukan secara efisien dan memerlukan peralatan listrik yang kapasitasnya lebih besar dari daya aktif yang diperlukan.

Beban bersifat resistif hanya mengonsumsi daya aktif, beban bersifat induktif hanya mengonsumsi daya reaktif dan beban bersifat kapasitif hanya memberikan daya reaktif. Daya semu yang diberikan oleh sumber tidak semuanya bisa dimanfaatkan oleh konsumen sebagai daya aktif, dengan kata lain terdapat porsi daya reaktif yang merupakan bagian yang tidak memberikan manfaat langsung bagi konsumen. Rasio besarnya daya aktif yang bisa dimanfaatkan terhadap daya semu yang dihasilkan sumber inilah yang disebut sebagai faktor daya. Daya semu (S) terdiri dari daya aktif (P) dan daya reaktif (Q). Rasio antara P dengan S tidak lain adalah nilai cosinus (cos) dari sudut \emptyset . Apabila sudut dibuat semakin kecil, maka S akan semakin mendekati ke P artinya besarnya P akan mendekati besarnya S. Pada kasus ekstrim dimana $\emptyset = 0^\circ$, $\cos \emptyset = 1$, $S = P$ artinya semua daya semu yang diberikan sumber dapat dimanfaatkan sebagai daya aktif, sebaliknya $\emptyset = 90^\circ$, $\cos \emptyset = 0$, $S = Q$, artinya semua daya semu yang diberikan sumber tidak dapat dimanfaatkan dan menjadi daya reaktif di jaringan

saja. Ilustrasi segitiga daya pada Gambar 2.1 memberikan gambaran yang lebih jelas, sebagai berikut :



Gambar 2.1 Segitiga Daya

Faktor daya bisa dikatakan sebagai besaran yang menunjukkan seberapa efisien jaringan yang dimiliki dalam menyalurkan daya yang bisa dimanfaatkan. Faktor daya dibatasi dari 0 hingga 1, semakin tinggi faktor daya (mendekati 1) artinya semakin banyak daya semu yang diberikan sumber bisa dimanfaatkan, sebaliknya semakin rendah faktor daya (mendekati 0) maka semakin sedikit daya yang bisa dimanfaatkan dari sejumlah daya semu yang sama. Di sisi lain, faktor daya juga menunjukkan besar pemanfaatan dari peralatan listrik di jaringan terhadap investasi yang dibayarkan. Seperti diketahui, semua peralatan listrik memiliki kapasitas maksimum penyaluran arus, apabila faktor daya rendah artinya walaupun arus yang mengalir di jaringan sudah maksimum, namun kenyataan hanya porsi kecil saja yang menjadi sesuatu yang bermanfaat bagi pemilik jaringan. Faktor daya ditunjukkan dengan rumus :

$$\text{Faktor daya} = \cos \phi = \frac{P (W)}{S (VA)} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

P = daya aktif

S = daya semu

Berdasarkan Gambar 2.1, dapat diketahui nilai sinus (sin) \emptyset merupakan rasio antara Q dan S, seperti ditunjukkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\sin \emptyset = \frac{Q \text{ (VAR)}}{S \text{ (VA)}} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

Q = daya reaktif

S = daya semu

Berdasarkan Gambar 2.1, dapat diketahui juga bahwa penjumlahan dari daya aktif dan daya reaktif menghasilkan daya semu

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

S = daya semu (VA)

P = daya aktif (W)

Q = daya reaktif (VAR)

Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut \emptyset dan sebagai hasilnya faktor daya akan semakin rendah. Untuk memperbesar harga $\cos \emptyset$ yang rendah, hal yang dapat dilakukan adalah memperkecil sudut \emptyset_1 sehingga menjadi \emptyset_2 . Sedangkan untuk memperkecil sudut \emptyset_1 , hal yang dapat dilakukan adalah memperkecil komponen daya reaktif (VAR). Lampu swabalast termasuk dalam kategori beban induktif, berarti komponen daya reaktif yang bersifat induktif harus dikurangi dan pengurangan itu biasa dilakukan dengan menambah suatu sumber daya reaktif yaitu berupa kapasitor. Contoh peningkatan faktor daya yang dapat mengurangi energi pada pembangkit adalah sebagai berikut :

Sebagai contoh, power faktor 0.80 sebelum diberi kapasitor bank, diinginkan power faktor diperbaiki menjadi 0.95. Daya total yang didapatkan dari PT. PLN

(Persero) sebesar 1,000 kVA tidak terpakai semua oleh beban. Maka peningkatan faktor daya yang dapat mengurangi energi pada pembangkit, jika pembangkit mencatu beban tersebut selama 10 jam, dapat dihitung sebagai berikut :

$$P = S \times \cos \emptyset$$

$$P = 1,000 \times 0.80 = 800 \text{ kW}$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$Q^2 = S^2 - P^2$$

$$Q = \sqrt{(1,000)^2 - (800)^2}$$

$$Q_{\text{sekarang}} = 600 \text{ kVAR}$$

$$P = S \times \cos \emptyset$$

$$S_{\text{baru}} = \frac{P}{\cos \emptyset} = \frac{800}{0.95} = 842 \text{ kVA}$$

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

$$Q^2 = S^2 - P^2$$

$$Q = \sqrt{(842)^2 - (800)^2}$$

$Q_{\text{baru}} = 260 \text{ kVAR}$, maka koreksi faktor daya yang dibutuhkan atau kompensasi daya reaktif sebesar :

$$Q_{\text{yang dibutuhkan}} = Q_{\text{sekarang}} - Q_{\text{baru}}$$

$$Q_{\text{yang dibutuhkan}} = 600 \text{ kVAR} - 260 \text{ kVAR}$$

$$Q_{\text{yang dibutuhkan}} = 340 \text{ kVAR}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa daya reaktif yang dibutuhkan oleh beban adalah 600 kVAR. Peningkatan faktor daya menjadi 0.95 dapat mengurangi daya reaktif 600 kVAR menjadi 260 kVAR. Dengan memasang 340 kVAR, daya semu akan berkurang dari 1,000 kVA menjadi 842 kVA. Kondisi ini akan mempengaruhi energi yang dibangkitkan oleh pembangkit sebagai berikut :

Untuk daya semu sebesar 1,000 kVA, maka energi yang dibangkitkan sebesar

$$\begin{aligned}W_{1,000} &= P \times t \\ &= 1,000 \times 10 \\ &= 10,000 \text{ kVAh}\end{aligned}$$

Untuk daya semu sebesar 842 kVA, maka energi yang dibangkitkan sebesar

$$\begin{aligned}W_{842} &= P \times t \\ &= 842 \times 10 \\ &= 8,420 \text{ kVAh}\end{aligned}$$

Sehingga terjadi pengurangan energi pada pembangkit sebesar

$$\begin{aligned}W &= W_{1,000} - W_{842} \\ &= 10,000 - 8,420 \\ &= 1,550 \text{ kVAh}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka peningkatan faktor daya menjadi 0.95 dapat mengurangi energi pada pembangkit sebesar 1,550 kVAh. Kondisi ini dapat mengurangi penggunaan bahan bakar, sehingga pada akhirnya mengurangi emisi Karbon Dioksida (CO₂) yang dihasilkan pada pembangkit. Hal ini disebabkan bahan bakar pembangkit listrik di Indonesia masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil, salah satunya adalah batubara [2].

Pemasangan kapasitor dapat menurunkan rugi-rugi daya yang berarti penghematan energi listrik dan penurunan arus yang mengalir pada beban. Rugi-rugi daya suatu saluran merupakan perkalian arus pangkat dua dengan resistansi atau reaktansi dari saluran tersebut. Rugi-rugi daya aktif ditunjukkan dengan rumus sebagai berikut :

$$P = I^2.R \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :

P = rugi-rugi daya aktif (W)

I = arus (A)

R = resistansi (ohm)

Sebagai contoh, jaringan 1 fasa dengan saluran utama 7.2 kV yang membawa arus sebesar 50 A, dimana mempunyai daya aktif sebesar 300 kW, rugi-rugi daya aktif sebesar 7,500 W dan faktor daya sebesar 0.833. Faktor daya yang diinginkan adalah 1. Maka peningkatan faktor daya yang dapat mengurangi rugi-rugi daya dan mengurangi arus yang mengalir pada beban, jika konsumen menggunakan selama 10 jam/hari selama 1 bulan, dapat dihitung sebagai berikut :

$$S = V \cdot I_{lama}$$

$$S = (7.2) (50)$$

$$S = 360 \text{ kVA}$$

$$P_{lama} = I_{lama}^2 \cdot R$$

$$R = \frac{P_{lama}}{I_{lama}^2}$$

$$R = \frac{7,500}{50^2}$$

$$R = 3 \text{ ohm}$$

$\cos \phi = \frac{P}{S}$, jika faktor daya yang diinginkan adalah 1 dan $P = 300 \text{ kW}$, maka

$$S = P$$

$$S = 300 \text{ kVA}$$

$$S = V \cdot I_{baru}$$

$$I_{baru} = \frac{S}{V}$$

$$I_{baru} = \frac{300}{7.2}$$

$$I_{baru} = 41.67 \text{ A}$$

$$P_{\text{baru}} = I_{\text{baru}}^2 \cdot R$$

$$P_{\text{baru}} = (41.67)^2 \cdot (3)$$

$$P_{\text{baru}} = 5,209 \text{ W}$$

Sehingga terjadi penurunan arus yang mengalir pada beban sebesar

$$I = I_{\text{lama}} - I_{\text{baru}}$$

$$= 50 - 41.67$$

$$= 8.33 \text{ A}$$

Selanjutnya, terjadi penurunan rugi-rugi daya aktif yang mengalir pada beban sebesar

$$P = P_{\text{lama}} - P_{\text{baru}}$$

$$= 7,500 - 5,209$$

$$= 2,291 \text{ W}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa peningkatan faktor daya menjadi 1 dapat mengurangi rugi-rugi daya yang mengalir pada beban sebesar 2,291 W. Dengan meningkatkan faktor daya menjadi 1, dapat mengurangi arus yang mengalir pada beban sebesar 8.33 A. Dengan adanya penurunan rugi-rugi daya aktif yang mengalir pada beban, maka dapat mempengaruhi energi yang digunakan oleh konsumen sebagai berikut :

Untuk rugi-rugi daya aktif sebesar 7,500 W atau 7.5 kW, maka energi yang digunakan oleh konsumen selama 10 jam/hari selama 1 bulan sebesar

$$W_{7.5} = P \times t$$

$$= 7.5 \times 10 \times 30$$

$$= 2,250 \text{ kWh}$$

Untuk rugi-rugi daya aktif sebesar 5,209 W atau 5.2 kW, maka energi yang digunakan oleh konsumen selama 10 jam/hari selama 1 bulan sebesar

$$\begin{aligned}W_{5.2} &= P \times t \\ &= 5.2 \times 10 \times 30 \\ &= 1,560 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Sehingga terjadi pengurangan energi yang digunakan oleh konsumen sebesar

$$\begin{aligned}W &= W_{7.5} - W_{5.2} \\ &= 2,250 - 1,560 \\ &= 690 \text{ kWh}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka peningkatan faktor daya menjadi 1 dapat mengurangi penggunaan energi oleh konsumen sebesar 690 kWh, hal ini berarti juga konsumen dapat menghemat penggunaan energi sebesar 690 kWh.

II.6. Gas Rumah Kaca (GRK)

Gas Rumah Kaca adalah gas-gas di atmosfer yang dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia. Gas ini berkemampuan untuk menyerap radiasi matahari di atmosfer sehingga menyebabkan suhu di permukaan bumi menjadi lebih hangat. Meningkatnya konsentrasi GRK di atmosfer akibat aktivitas manusia pada akhirnya menyebabkan meningkatnya suhu permukaan bumi secara global. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) mengelompokkan sumber emisi GRK dalam enam kategori sumber diantaranya adalah [1] :

1. Energi.
2. Proses industri.
3. Penggunaan zat pelarut dan produk-produk lainnya.
4. Pertanian.
5. Tataguna lahan dan kehutanan.
6. Limbah.

Dalam Konvensi Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) mengenai Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*),

ada enam jenis gas yang digolongkan sebagai GRK, yaitu Karbon Dioksida (CO_2), Dinitroksida (N_2O), Metana (CH_4), Sulfurheksafluorida (SF_6), Perfluorokarbon (PFCs) dan Hidrofluorokarbon (HFCs). GRK terutama dihasilkan dari kegiatan manusia yang berhubungan dengan penggunaan bahan bakar fosil (minyak, gas dan batubara) seperti pada penggunaan kendaraan bermotor dan penggunaan alat-alat elektronik. Selain itu penebangan pohon, penggundulan hutan serta kebakaran hutan juga merupakan sumber emisi GRK. Peristiwa ERK (Efek Rumah Kaca) menyebabkan bumi menjadi hangat dan layak untuk ditempati manusia. Jika tidak ada ERK, maka suhu permukaan bumi akan 33°C lebih dingin dibanding suhu saat ini [1]. Konsumsi energi listrik tidak secara langsung berkontribusi terhadap emisi CO_2 , akan tetapi berperan dalam menghasilkan CO_2 di pusat pembangkit listrik yang berbahan bakar fosil [1].

Penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik akan dapat meningkatkan emisi dari partikel, SO_2 , NO_x , dan CO_2 . Saat ini bahan bakar pembangkit listrik di Indonesia masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil, salah satunya adalah batubara. Batubara mengandung banyak unsur karbon yang secara alamiah bila dibakar akan menghasilkan gas CO_2 . Batubara diperkirakan masih menjadi bahan bakar yang paling dominan untuk pembangkit listrik di masa datang [2].

Menurut Badan Geologi Kementerian ESDM pada tahun 2010, sumber daya batubara Indonesia adalah 104.8 milyar ton yang tersebar terutama di Kalimantan (51.9 milyar ton) dan Sumatera (52.5 milyar ton), namun cadangan batubara dilaporkan hanya 21,1 milyar ton (Kalimantan 9.9 milyar ton, Sumatera 11.2 milyar ton). Sekitar 22% dari batubara Indonesia berkualitas rendah (*low rank*) dengan kandungan panas kurang dari 5,100 kkal/kg, sebagian besar (66%) berkualitas medium (antara 5,100 dan 6,100 kkal/kg) dan hanya sedikit (12%) yang berkualitas tinggi (6,100–7,100 kkal/kg). Walaupun cadangan batubara Indonesia tidak terlalu besar, namun tingkat produksi batubara sangat tinggi, yaitu mencapai 320 juta ton pada tahun 2010. Sebagian besar dari produksi batubara tersebut diekspor ke China, India, Jepang, Korea Selatan dan Taiwan (265 juta ton) dan ke beberapa negara lain, dan hanya sebagian kecil yang digunakan untuk keperluan domestik (60 juta ton). Produksi pada tahun-tahun mendatang

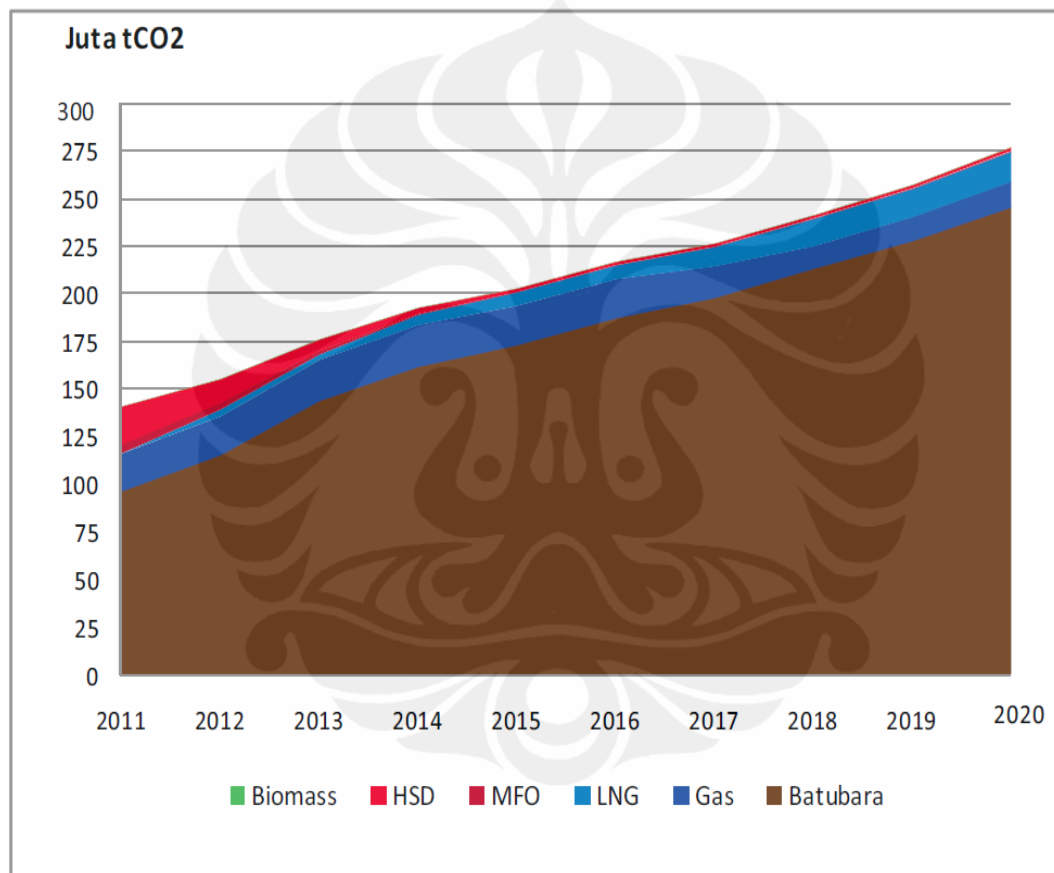
diperkirakan akan meningkat sejalan dengan meningkatnya kebutuhan domestik dan semakin menariknya pasar batubara internasional. Jika tingkat produksi tahunan adalah 400 juta ton, maka seluruh cadangan batubara Indonesia yang 21.1 milyar ton akan habis dalam waktu sekitar 50 tahun apabila tidak dilakukan eksplorasi baru. Untuk menjamin pasokan kebutuhan domestik yang terus meningkat, Pemerintah telah mengeluarkan kebijakan *Domestic Market Obligation* (DMO) yang mewajibkan produsen batubara untuk menjual sebagian produksinya ke pemakai dalam negeri [3]. Proyeksi produksi listrik untuk setiap bahan bakar tahun 2011 – 2020 ditunjukkan pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Komposisi Produksi Energi Listrik Berdasarkan Jenis Bahan Bakar Total Indonesia Tahun 2011 – 2020 (GWh)

No.	FUEL TYPE	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1	HSD	29.846	17.346	8.658	4.331	2.549	2.465	2.316	2.261	2.428	2.635
2	MFO	10.037	4.807	2.385	556	44	56	51	65	85	65
3	Gas	32.017	42.691	46.158	46.002	43.441	43.118	35.657	25.992	28.331	30.879
4	LNG	-	7.578	6.113	10.970	14.817	15.068	20.874	29.394	30.088	31.541
5	Batubara	93.049	110.043	134.578	151.524	163.311	178.749	193.084	207.868	221.392	238.432
6	Hydro	11.149	11.204	12.363	12.791	13.841	16.292	17.704	19.349	20.429	21.429
7	Surya/ Hybrid	2	4	4	5	6	6	6	6	7	7
8	Biomass	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
9	Impor	-	-	-	709	721	733	737	738	314	317
10	Geother- mal	9.033	8.650	9.828	11.939	19.814	23.078	29.405	36.302	42.828	46.005
	TOTAL	185.197	202.387	220.150	238.891	258.606	279.628	299.897	322.038	348.964	371.374

Sumber : Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) 2011 – 2020.

Pada Tabel 2.2 – Komposisi Produksi Energi Listrik Berdasarkan Jenis Bahan Bakar Total Indonesia Tahun 2011 – 2020 (GWh) dapat dilihat bahwa pembangkit batubara akan menjadi tulang punggung sistem pembangkitan Indonesia pada kurun waktu sepuluh tahun mendatang, disusul oleh gas alam dan kemudian pembangkit energi terbarukan, sementara pembangkit berbahan bakar minyak semakin jauh berkurang. Proyeksi emisi CO₂ untuk setiap jenis bahan bakar tahun 2011 – 2012 ditunjukkan pada Gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Emisi CO₂ Per Jenis Bahan Bakar Tahun 2011 – 2020

Sumber : Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) 2011 – 2020.

Pada Gambar 2.2 - Emisi CO₂ Per Jenis Bahan Bakar Tahun 2011 – 2020 dapat dilihat bahwa emisi CO₂ akan meningkat dari 141 juta ton pada 2011 menjadi 276 juta ton pada tahun 2020. Dari 276 juta ton emisi tersebut, 245 juta ton (89%) berasal dari pembakaran batubara. Sehingga dapat dinyatakan bahwa

emisi CO₂ di Indonesia terbesar pada tahun 2020 adalah berasal dari pembakaran batubara.

Berdasarkan Tabel 2.2 – Komposisi Produksi Energi Listrik Berdasarkan Jenis Bahan Bakar Total Indonesia Tahun 2011 – 2020 (GWh) dan Gambar 2.2 - Emisi CO₂ Per Jenis Bahan Bakar Tahun 2011 – 2020 dapat diketahui bahwa peningkatan emisi CO₂ di Indonesia terbesar pada tahun 2020 disebabkan oleh pembangkitan energi listrik yang menggunakan bahan bakar batubara.

Sesuai data *International Energy Agency* (IEA), di Indonesia, emisi CO₂ yang disebabkan sektor pembangkitan listrik dan panas tahun 2006 adalah sebesar 738 gr CO₂/kWh, emisi CO₂ yang disebabkan sektor pembangkitan listrik dan panas tahun 2007 adalah sebesar 775 gr CO₂/kWh, emisi CO₂ yang disebabkan sektor pembangkitan listrik dan panas tahun 2008 adalah sebesar 752 gr CO₂/kWh dan emisi CO₂ yang disebabkan sektor pembangkitan listrik dan panas tahun 2009 adalah sebesar 746 gr CO₂/kWh [1]. Dari tinjauan tersebut di atas, maka emisi CO₂ rata-rata tahun 2006 – 2009 yang disebabkan oleh sektor pembangkitan listrik dan panas adalah sebesar 752 gr CO₂/kWh .

II.7. Label Tanda Hemat Energi

Label Tanda Hemat Energi adalah label yang dibubuhkan pada pemanfaat tenaga listrik untuk keperluan rumah tangga dan sejenisnya, yang menyatakan bahwa produk tersebut memenuhi syarat-syarat hemat energi [1]. Label Tanda Hemat Energi ini dibubuhkan pada pemanfaat tenaga listrik untuk keperluan rumah tangga dan sejenisnya di tempat yang mudah dilihat dan tidak mudah hilang/terhapus [1]. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 6 Tahun 2011 merupakan peraturan yang memberlakukan Label Tanda Hemat Energi sebagaimana dimaksud pada SNI 04-6958-2003 tentang Pemanfaat Tenaga Listrik Untuk Keperluan Rumah Tangga dan Sejenisnya - Label Tanda Hemat Energi sebagai label wajib pada lampu swabalast [1]. Lampu swabalast ini merupakan jenis *cool daylight* (6,500 K) dengan nomor (HS 8539.31.90.20) yang telah memperoleh Sertifikat Produk Penggunaan Tanda Standar Nasional Indonesia (SPPT SNI) sesuai SNI 04-6504-2001 atau revisinya [1]. Pembubuhan

Label Tanda Hemat Energi berlaku untuk lampu swabalast produksi dalam negeri dan luar negeri. Sebelum membubuhkan tanda hemat energi, produsen atau importir wajib menerbitkan pernyataan kesesuaian (*declaration of conformity*) secara tertulis yang menyatakan lampu swabalast telah memenuhi ketentuan sebagai berikut [1] :

1. SNI IEC 60969:2009 tentang Lampu Swabalast Untuk Pelayanan Pencahayaan Umum - Persyaratan Unjuk Kerja.
2. Kriteria Tanda Hemat Energi Lampu Swabalast yang tercantum pada Lampiran - Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 6 Tahun 2011.

Pernyataan kesesuaian tersebut disampaikan kepada Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan, dan Konservasi Energi – Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dan sekurang-kurangnya harus memuat [1] :

1. Informasi produk.
2. Informasi produsen/importir pemegang merk.
3. Efikasi dan jumlah bintang yang dibubuhkan yang didukung dengan laporan hasil pengujian dari laboratorium penguji.
4. Tanggal, nama, dan tanda tangan penanggung jawab; dan
5. Pernyataan hukum yang memuat bahwa produsen/importir pemegang merk siap mempertanggungjawabkan pernyataannya.

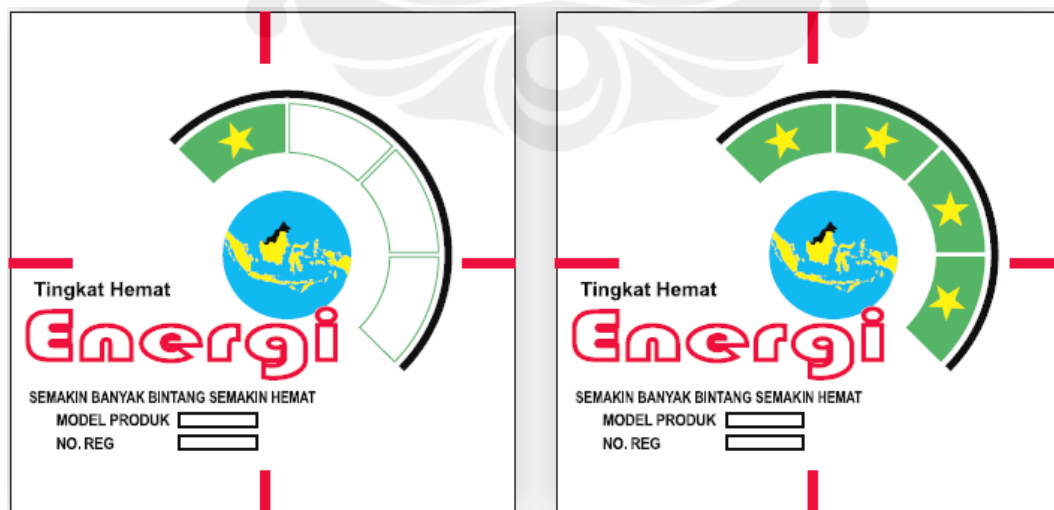
Tata Cara Pernyataan Kesesuaian Pemasok/*Suppliers Declaration of Conformity* (SDoC) dilaksanakan sesuai dengan SNI ISO/IEC 17050-1:2010 - Penilaian Kesesuaian - Deklarasi kesesuaian oleh pemasok - Bagian 1 : Persyaratan umum [10]. Pembubuhan label hemat energi dapat dilaksanakan, apabila [10] :

1. Produsen atau importir telah memenuhi persyaratan administrasi, meliputi:
 - a) Izin Usaha Industri (IUI) yang mencantumkan produk lampu swabalast sedangkan untuk impor melampirkan salinan akta pendirian perusahaan atau kesesuaian dari IUI untuk produk lampu swabalast dari negara setempat/asal barang.
 - b) Sertifikat atau tanda daftar merk yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Hak Kekayaan Intelektual (HAKI) Kementerian Hukum dan

HAM untuk produk lampu swabalast dari/atau lisensi dari pemilik merk.

2. Produsen telah menerapkan Sistem Manajemen Mutu (SMM) sesuai dengan SNI ISO 9001:2008 atau revisinya atau Sistem Manajemen Mutu (SMM) lainnya yang setara.
3. Produsen memiliki peralatan pengujian sesuai dengan persyaratan SNI IEC 60969:2009 - Lampu Swabalast Untuk Pelayanan Pencahayaan Umum - Persyaratan Unjuk Kerja atau dapat melakukan kerjasama pengujian dengan laboratorium penguji lainnya yang terakreditasi.
4. Importir telah memiliki Sertifikat Hasil Uji (SHU) dari Laboratorium Penguji yang telah terakreditasi di negara yang telah melakukan perjanjian saling pengakuan (*Mutual Recognition Agreement*) dengan KAN untuk bidang pengujian, dan ruang lingkup akreditasinya sesuai dengan SNI IEC 60969:2009 untuk lampu swabalast atau dari laboratorium penguji dalam negeri yang terakreditasi.

Contoh label dengan tingkat hemat energi 1 (satu) bintang (*gambar kiri*), dan label dengan tingkat hemat energi 4 (empat) bintang (*gambar kanan*) ditunjukkan oleh Gambar 2.2 [1] sebagai berikut :



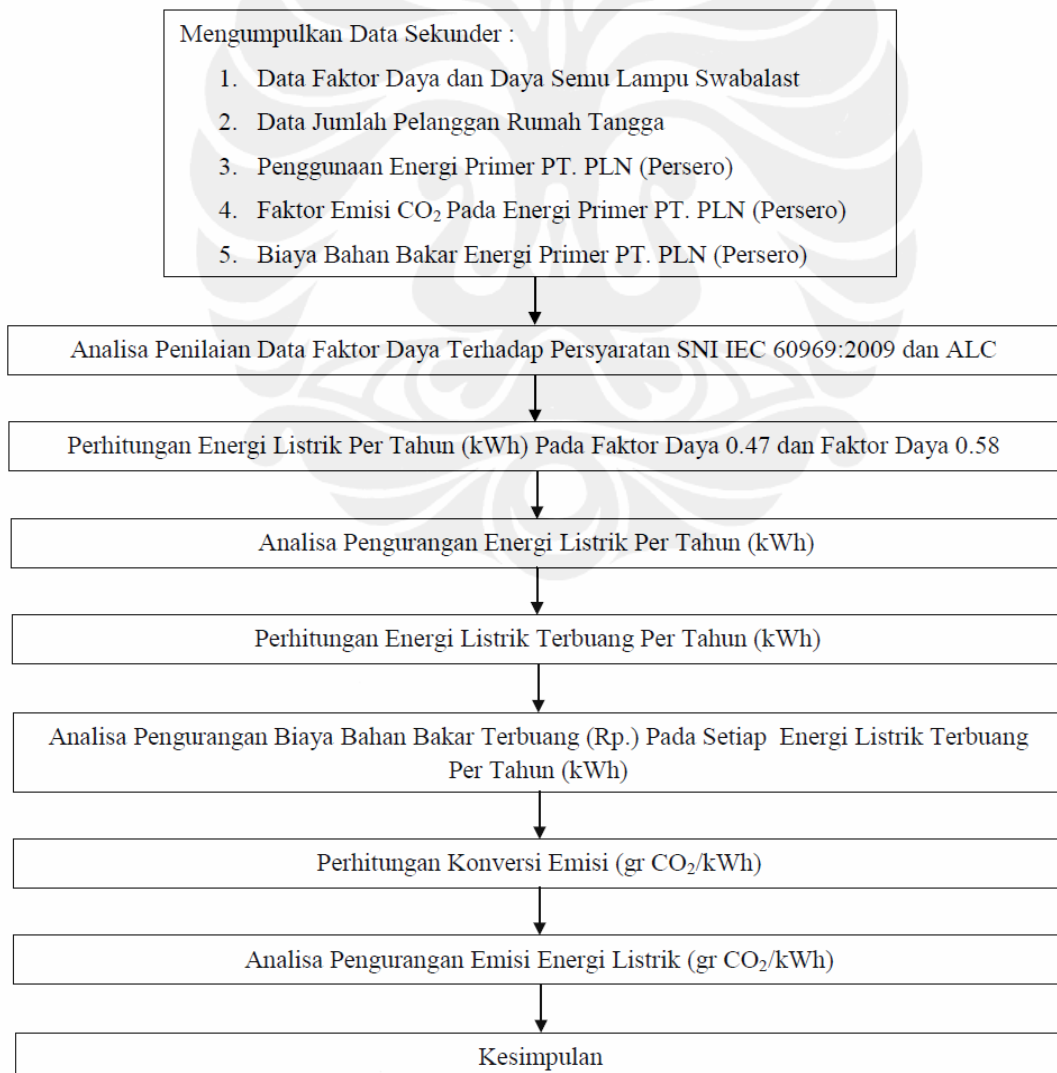
Gambar 2.3 Label Tingkat Hemat Energi

Sumber : Sentra Elektrik. ISSN 1411-6685. No.9 Tahun XI/Juli 2011.

BAB III PENGURANGAN ENERGI DAN EMISI CO₂

III.1. Penelitian Pengurangan Energi dan Emisi CO₂

Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif, yang bertujuan untuk menggambarkan dan mengungkapkan suatu masalah, keadaan, peristiwa, sebagaimana adanya atau mengungkap fakta secara lebih mendalam [1] mengenai peningkatan faktor daya pada lampu swabalast untuk mengurangi energi dan emisi CO₂ pada sektor rumah tangga di Indonesia. Tahapan metode penelitian ditunjukkan oleh Gambar 3.1. sebagai berikut :



Gambar 3.1 Tahapan Metode Penelitian

III.2. Data Faktor Daya Lampu Swabalast

Data faktor daya yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan Sudirman Palaloi mengenai Pemetaan Efikasi Lampu Swabalast Untuk Mendukung Penerapan SNI 04-6958-2003 Pada Lampu Hemat Energi seperti pada Tabel 3.1 [1] sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Pengukuran Faktor Daya (cos Ø)

No.	Daya Lampu (W)	Merk	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Semu (VA)	cos Ø
1	5	PH 1	220	0.040	8.80	0.48
2	5	PH 2	220	0.040	8.80	0.41
3	5	TU 1	220	0.037	8.14	0.44
4	5	TU2	220	0.038	8.36	0.43
5	5	SH 1	220	0.046	10.12	0.41
6	5	SH 2	220	0.047	10.34	0.46
7	5	KL 1	220	0.041	9.02	0.40
8	5	KL 2	220	0.042	9.24	0.49
9	8	PH 1	220	0.061	13.42	0.45
10	8	PH 2	220	0.059	12.98	0.51
11	8	EC 1	220	0.064	14.08	0.51
12	8	EC 2	220	0.060	13.20	0.50
13	8	SH 1	220	0.060	13.20	0.45
14	8	SH 2	220	0.060	13.20	0.45
15	8	ET 1	220	0.061	13.42	0.49
16	8	ET 2	220	0.062	13.64	0.48
17	11**	HI 1	220	0.081	17.82	0.47
18	11	HI 2	220	0.079	17.38	0.48
19	11	PH 1	220	0.084	18.48	0.55
20	11	PH 2	220	0.084	18.48	0.58
21	11	EC 1	220	0.082	18.04	0.55
22	11	EC 2	220	0.081	17.82	0.54
23	11	OS 1	220	0.081	17.82	0.57
24	11	OS 2	220	0.076	16.72	0.57
25	13	OS 1	220	0.098	21.56	0.53
26	13	OS 2	220	0.098	21.56	0.53
27	13	SH 1	220	0.076	16.72	0.46
28	13	SH 2	220	0.076	16.72	0.46
29	13	EC 1	220	0.109	23.98	0.50
30	13	EC 2	220	0.109	23.98	0.50

Catatan :

** berarti Lampu Jenis *Warm*

Sumber : Pemetaan Efikasi Lampu Swabalast Untuk Mendukung Penerapan SNI 04-6958-2003 Pada Lampu Hemat Energi. Sudirman Palaloi. Jurnal Standardisasi.Vol. 11 No. 3. 2009.

Tabel 3.1 Data Pengukuran Faktor Daya ($\cos \emptyset$) (lanjutan)

No.	Daya Lampu (W)	Merk	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Semu (VA)	$\cos \emptyset$
31	15**	HI 1	220	0.109	23.98	0.47
32	15**	HI 2	220	0.107	23.54	0.48
33	15	EC 1	220	0.107	23.54	0.53
34	15	EC 2	220	0.103	22.66	0.55
35	15	KL 1	220	0.097	21.34	0.53
36	15	KL 2	220	0.099	21.78	0.52
37	15	SH 1	220	0.098	21.56	0.50
38	15	SH 2	220	0.090	19.80	0.49
39	18	PH 1	220	0.138	30.36	0.55
40	18	PH 2	220	0.138	30.36	0.59
41	18	SH 1	220	0.137	30.14	0.50
42	18	SH 2	220	0.126	27.72	0.50
43	18	KL 1	220	0.103	22.66	0.53
44	18	KL 2	220	0.105	23.10	0.52
45	18	TO 1	220	0.139	30.58	0.51
46	18	TO 2	220	0.129	28.38	0.55
47	20	SH 1	220	0.137	30.14	0.44
48	20	SH 2	220	0.138	30.36	0.47
49	20	HI 1	220	0.162	35.64	0.50
50	20	HI 2	220	0.155	34.10	0.51
51	25	SH 1	220	0.164	36.08	0.50
52	25	SH 2	220	0.157	34.54	0.52
53	25	AU 1	220	0.159	34.98	0.48
54	25	AU 2	220	0.159	34.98	0.48
55	26	ME 1	220	0.090	19.80	0.48
56	26	ME 2	220	0.090	19.80	0.45
57	26	KL 1	220	0.171	37.62	0.51
58	26	KL 2	220	0.172	37.84	0.52
59	28	BE 1	220	0.166	36.52	0.51
60	28	BE 2	220	0.157	34.54	0.50
61	28	SH 1	220	0.147	32.34	0.48
62	28	SH 2	220	0.143	31.46	0.49
63	30	SH 1	220	0.191	42.02	0.48
64	30	SH 2	220	0.179	39.38	0.49
65	30	TO 1	220	0.256	56.32	0.47
66	30	TO 2	220	0.262	57.64	0.48
67	45	EC 1	220	0.353	77.66	0.48
68	45	EC 2	220	0.353	77.66	0.48
69	45**	AU 1	220	0.348	76.56	0.45
70	45**	AU 2	220	0.323	71.06	0.46

Catatan :

** berarti Lampu Jenis *Warm*

Sumber : Pemetaan Efikasi Lampu Swabalast Untuk Mendukung Penerapan SNI 04-6958-2003 Pada Lampu Hemat Energi. Sudirman Palaloi. Jurnal Standardisasi.Vol. 11 No. 3. 2009

Berdasarkan Tabel 3.1 – Data Pengukuran Faktor Daya ($\cos \emptyset$), dapat diketahui bahwa :

1. Faktor Daya rata-rata pada 8 lampu dengan daya 5 W adalah 0.44, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.40 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.49.
2. Faktor Daya rata-rata pada 8 lampu dengan daya 8 W adalah 0.48, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.45 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.51.
3. Faktor Daya rata-rata pada 8 lampu dengan daya 11 W adalah 0.53, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.47 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.58.
4. Faktor Daya rata-rata pada 6 lampu dengan daya 13 W adalah 0.49, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.46 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.53.
5. Faktor Daya rata-rata pada 8 lampu dengan daya 15 W adalah 0.50, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.47 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.55.
6. Faktor Daya rata-rata pada 8 lampu dengan daya 18 W adalah 0.53, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.50 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.59.
7. Faktor Daya rata-rata pada 4 lampu dengan daya 20 W adalah 0.48, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.44 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.51.
8. Faktor Daya rata-rata pada 4 lampu dengan daya 25 W adalah 0.49, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.48 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.52.
9. Faktor Daya rata-rata pada 4 lampu dengan daya 26 W adalah 0.49, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.45 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.52.
10. Faktor Daya rata-rata pada 4 lampu dengan daya 28 W adalah 0.49, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.48 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.51.

11. Faktor Daya rata-rata pada 4 lampu dengan daya 30 W adalah 0.48, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.47 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.49.

12. Faktor Daya rata-rata pada 4 lampu dengan daya 45 W adalah 0.46, dimana Faktor Daya terendah adalah 0.45 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.48.

Sehingga dapat diketahui bahwa Faktor Daya rata-rata pada 70 lampu yang tercantum pada Tabel 3.1 – Data Pengukuran Faktor Daya ($\cos \emptyset$) adalah 0.49, dengan Faktor Daya terendah adalah 0.40 dan Faktor Daya tertinggi adalah 0.59.

III.3. Data Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk Golongan Rumah Tangga

Sesuai Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2009 tentang Ketenagalistrikan, bahwa salah satu kewajiban konsumen yaitu membayar tagihan pemakaian tenaga listrik [1]. Konsumen adalah setiap orang atau badan yang membeli tenaga listrik dari pemegang izin usaha penyediaan tenaga listrik [1]. Sesuai Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Tarif Tenaga Listrik Yang Disediakan Oleh Perusahaan Perseroan (Persero) PT Perusahaan Listrik Negara, Tarif Dasar Listrik (TDL) untuk keperluan rumah tangga terdiri atas [1] :

1. Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga kecil pada tegangan rendah, dengan daya 450 VA sampai dengan 2,200 VA (R-1/TR).
2. Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga menengah pada tegangan rendah, dengan daya 3,500 VA sampai dengan 5,500 VA (R-2/TR).
3. Golongan tarif untuk keperluan rumah tangga besar pada tegangan rendah, dengan daya 6,600 VA ke atas (R-3/TR).

Data pelanggan golongan rumah tangga yang digunakan pada penelitian ini adalah berdasarkan statistik PT. PLN (Persero) tahun 2010, seperti tercantum pada Tabel 3.2 [1] sebagai berikut :

Tabel 3.2 Data Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk
Golongan Rumah Tangga Tahun 2010

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Jumlah Pelanggan
450 VA sampai dengan 2,200 VA	38,672,726
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	523,180
6,600 VA ke atas	126,970

Sumber : Statistik PLN 2010. ISSN 0852-8179.

Data hasil survei *Barrier Removal to The Cost Effective Development and Implementation of Energy Standards and Labelling Efficiency (BRESL)*, digunakan untuk mengetahui perilaku dan segmentasi penggunaan lampu swabalast pada pelanggan golongan rumah tangga, dimana jumlah sampel diambil pada kondisi di Jakarta, Semarang dan Surabaya adalah sebesar 95.5% yang menggambarkan kondisi Jawa-Madura-Bali (JAMALI), sebesar 90.2% untuk Medan yang menggambarkan Sumatera, dan 90.2% di wilayah Makassar yang menggambarkan wilayah luar JAMALI dan Sumatera [1]. Berdasarkan hasil survei BRESL pada 700 responden yang terbagi menjadi 246 responden di wilayah Jakarta, 115 responden di wilayah Semarang, 130 responden di wilayah Surabaya, 104 responden di wilayah Medan dan 105 responden di wilayah Makassar [1], dapat diketahui bahwa :

1. Pelanggan rumah tangga di Jakarta menggunakan lampu swabalast sebanyak 54% (132 responden), lampu pijar sebanyak 37% (93 responden) dan lampu tabung (TL) sebanyak 9% (21 responden). Pola durasi pemakaian lampu dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga di Jakarta untuk 9-16 jam sebanyak 82% (202 responden), < 8 jam sebanyak 14% (34 responden) dan > 16 jam sebanyak 4% (10 responden).
2. Pelanggan rumah tangga di Semarang menggunakan lampu tabung (TL) sebanyak 44% (51 responden), lampu pijar sebanyak 39% (45 responden), lampu swabalast sebanyak 15% (17 responden) dan lain-lain sebanyak 2% (2 responden). Pola durasi pemakaian lampu dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga di Semarang untuk 9-16 jam sebanyak 87% (100

responden), < 8 jam sebanyak 9% (10 responden) dan > 16 jam sebanyak 4% (5 responden).

3. Pelanggan rumah tangga di Surabaya menggunakan lampu swabalast sebanyak 51% (66 responden), lampu tabung (TL) sebanyak 31% (40 responden) dan lampu pijar sebanyak 18% (23 responden). Pola durasi pemakaian lampu dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga di Surabaya untuk 9-16 jam sebanyak 65% (84 responden), < 8 jam sebanyak 30% (39 responden) dan > 16 jam sebanyak 5% (7 responden).
4. Pelanggan rumah tangga di Medan menggunakan lampu swabalast sebanyak 81% (84 responden), lampu tabung (TL) sebanyak 11% (12 responden) dan lampu pijar sebanyak 8% (8 responden). Pola durasi pemakaian lampu dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga di Medan untuk 9-16 jam sebanyak 75% (78 responden), < 8 jam sebanyak 12% (12 responden) dan > 16 jam sebanyak 13% (14 responden).
5. Pelanggan rumah tangga di Makassar menggunakan lampu swabalast sebanyak 51% (57 responden), lampu tabung (TL) sebanyak 27% (30 responden) dan lampu pijar sebanyak 22% (25 responden). Pola durasi pemakaian lampu dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga di Makassar untuk 9-16 jam sebanyak 82% (89 responden), < 8 jam sebanyak 11% (12 responden) dan > 16 jam sebanyak 7% (8 responden).

Dari hasil survei tersebut di atas dapat diketahui bahwa persentase rata-rata pelanggan rumah tangga menggunakan lampu swabalast sebanyak 50.4%, lampu tabung (TL) sebanyak 24.4% dan lampu pijar sebanyak 24.8%, hal ini berarti persentase pelanggan rumah tangga yang menggunakan lampu swabalast lebih banyak dibandingkan lampu tabung (TL) dan lampu pijar. Sedangkan persentase rata-rata pola durasi pemakaian lampu dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga, didapat bahwa 78.2% lampu digunakan selama 9-16 jam, 15.2% lampu digunakan selama < 8 jam dan 6.6% lampu digunakan selama > 16 jam. Jadi persentase pola durasi pemakaian lampu selama 9-16 jam dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga lebih banyak dibandingkan pola durasi pemakaian lampu selama < 8 jam dan selama > 16 jam.

III.4. Analisa Pada Setiap Tahapan Metode Penelitian

Untuk mengetahui pengaruh peningkatan faktor daya pada lampu swabalast terhadap pengurangan energi dan emisi CO₂ pada sektor rumah tangga di Indonesia, maka dilakukan perhitungan (catatan : PLN berarti PT. PLN (Persero)) sebagai berikut :

III.4.1. Analisa Penilaian Data Faktor Daya Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC

Dari data pada Tabel 3.1 – Data Pengukuran Faktor Daya ($\cos \emptyset$), jika ditinjau dari persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC, maka tingkat faktor daya tidak ditetapkan pada persyaratan SNI IEC 60969:2009, sedangkan pada ALC ada beberapa tingkat faktor daya yaitu 0.5 untuk Tingkat 1 dan Tingkat 2 dan > 0.55 ada di Tingkat 3. Jika pada Tabel 3.1 – Data Pengukuran Faktor Daya ($\cos \emptyset$) dipersyaratkan sesuai dengan tingkat faktor daya ALC, maka Tabel 3.1 menjadi sebagai berikut :

Tabel 3.3 Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \emptyset$) Terhadap
Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC

No.	Daya Lampu (W)	Merk	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Semu (VA)	$\cos \emptyset$	Daya Aktif (W)	Perbandingan Persyaratan			
								SNI IEC 60969:2009	ALC		
									Tingkat 1	Tingkat 2	Tingkat 3
								≥ 0.5	≥ 0.5	> 0.55	
1	5	PH 1	220	0.040	8.80	0.48	4.18	Tidak Ditetapkan	X	X	X
2	5	PH 2	220	0.040	8.80	0.41	3.58	Tidak Ditetapkan	X	X	X
3	5	TU 1	220	0.037	8.14	0.44	3.58	Tidak Ditetapkan	X	X	X
4	5	TU2	220	0.038	8.36	0.43	3.58	Tidak Ditetapkan	X	X	X
5	5	SH 1	220	0.046	10.12	0.41	4.18	Tidak Ditetapkan	X	X	X
6	5	SH 2	220	0.047	10.34	0.46	4.78	Tidak Ditetapkan	X	X	X
7	5	KL 1	220	0.041	9.02	0.40	3.58	Tidak Ditetapkan	X	X	X
8	5	KL 2	220	0.042	9.24	0.49	4.50	Tidak Ditetapkan	X	X	X
9	8	PH 1	220	0.061	13.42	0.45	6.07	Tidak Ditetapkan	X	X	X
10	8	PH 2	220	0.059	12.98	0.51	6.57	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
11	8	EC 1	220	0.064	14.08	0.51	7.17	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
12	8	EC 2	220	0.060	13.20	0.50	6.56	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
13	8	SH 1	220	0.060	13.20	0.45	5.97	Tidak Ditetapkan	X	X	X
14	8	SH 2	220	0.060	13.20	0.45	5.97	Tidak Ditetapkan	X	X	X
15	8	ET 1	220	0.061	13.42	0.49	6.56	Tidak Ditetapkan	X	X	X
16	8	ET 2	220	0.062	13.64	0.48	6.56	Tidak Ditetapkan	X	X	X
17	11**	HI 1	220	0.081	17.82	0.47	8.36	Tidak Ditetapkan	X	X	X
18	11	HI 2	220	0.079	17.38	0.48	8.36	Tidak Ditetapkan	X	X	X
19	11	PH 1	220	0.084	18.48	0.55	10.15	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
20	11	PH 2	220	0.084	18.48	0.58	10.74	Tidak Ditetapkan	OK	OK	OK
21	11	EC 1	220	0.082	18.04	0.55	9.90	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
22	11	EC 2	220	0.081	17.82	0.54	9.55	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
23	11	OS 1	220	0.081	17.82	0.57	10.14	Tidak Ditetapkan	OK	OK	OK
24	11	OS 2	220	0.076	16.72	0.57	9.55	Tidak Ditetapkan	OK	OK	OK

Catatan :

** berarti Lampu Jenis *Warm*

X berarti Tidak Memenuhi

Tabel 3.3 Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \phi$) Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC (lanjutan)

No.	Daya Lampu (W)	Merk	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Semu (VA)	$\cos \phi$	Daya Aktif (W)	Perbandingan Persyaratan			
								SNI IEC 60969:2009	ALC		
									Tingkat 1	Tingkat 2	Tingkat 3
								≥ 0.5	≥ 0.5	> 0.55	
25	13	OS 1	220	0.098	21.56	0.53	11.45	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
26	13	OS 2	220	0.098	21.56	0.53	11.45	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
27	13	SH 1	220	0.076	16.72	0.46	7.66	Tidak Ditetapkan	X	X	X
28	13	SH 2	220	0.076	16.72	0.46	7.76	Tidak Ditetapkan	X	X	X
29	13	EC 1	220	0.109	23.98	0.50	11.94	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
30	13	EC 2	220	0.109	23.98	0.50	11.94	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
31	15**	HI 1	220	0.109	23.98	0.47	11.34	Tidak Ditetapkan	X	X	X
32	15**	HI 2	220	0.107	23.54	0.48	11.35	Tidak Ditetapkan	X	X	X
33	15	EC 1	220	0.107	23.54	0.53	12.52	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
34	15	EC 2	220	0.103	22.66	0.55	12.53	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
35	15	KL 1	220	0.097	21.34	0.53	11.33	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
36	15	KL 2	220	0.099	21.78	0.52	11.33	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
37	15	SH 1	220	0.098	21.56	0.50	10.74	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
38	15	SH 2	220	0.090	19.80	0.49	9.64	Tidak Ditetapkan	X	X	X
39	18	PH 1	220	0.138	30.36	0.55	16.70	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
40	18	PH 2	220	0.138	30.36	0.59	17.82	Tidak Ditetapkan	OK	OK	OK
41	18	SH 1	220	0.137	30.14	0.50	14.92	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
42	18	SH 2	220	0.126	27.72	0.50	13.72	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
43	18	KL 1	220	0.103	22.66	0.53	11.94	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
44	18	KL 2	220	0.105	23.10	0.52	11.94	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
45	18	TO 1	220	0.139	30.58	0.51	15.50	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
46	18	TO 2	220	0.129	28.38	0.55	15.52	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X

Catatan :

** berarti Lampu Jenis *Warm*

X berarti Tidak Memenuhi

Tabel 3.3 Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \emptyset$) Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC (lanjutan)

No.	Daya Lampu (W)	Merk	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Semu (VA)	$\cos \emptyset$	Daya Aktif (W)	Perbandingan Persyaratan			
								SNI IEC 60969:2009	ALC		
									Tingkat 1 ≥ 0.5	Tingkat 2 ≥ 0.5	Tingkat 3 > 0.55
47	20	SH 1	220	0.137	30.14	0.44	13.11	Tidak Ditetapkan	X	X	X
48	20	SH 2	220	0.138	30.36	0.47	14.33	Tidak Ditetapkan	X	X	X
49	20	HI 1	220	0.162	35.64	0.50	17.89	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
50	20	HI 2	220	0.155	34.10	0.51	17.32	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
51	25	SH 1	220	0.164	36.08	0.50	17.90	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
52	25	SH 2	220	0.157	34.54	0.52	17.79	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
53	25	AU 1	220	0.159	34.98	0.48	16.72	Tidak Ditetapkan	X	X	X
54	25	AU 2	220	0.159	34.98	0.48	16.69	Tidak Ditetapkan	X	X	X
55	26	ME 1	220	0.090	19.80	0.48	9.54	Tidak Ditetapkan	X	X	X
56	26	ME 2	220	0.090	19.80	0.45	8.95	Tidak Ditetapkan	X	X	X
57	26	KL 1	220	0.171	37.62	0.51	19.07	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
58	26	KL 2	220	0.172	37.84	0.52	19.79	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
59	28	BE 1	220	0.166	36.52	0.51	18.48	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
60	28	BE 2	220	0.157	34.54	0.50	17.30	Tidak Ditetapkan	OK	OK	X
61	28	SH 1	220	0.147	32.34	0.48	15.52	Tidak Ditetapkan	X	X	X
62	28	SH 2	220	0.143	31.46	0.49	15.51	Tidak Ditetapkan	X	X	X
63	30	SH 1	220	0.191	42.02	0.48	20.30	Tidak Ditetapkan	X	X	X
64	30	SH 2	220	0.179	39.38	0.49	19.10	Tidak Ditetapkan	X	X	X
65	30	TO 1	220	0.256	56.32	0.47	26.25	Tidak Ditetapkan	X	X	X
66	30	TO 2	220	0.262	57.64	0.48	27.44	Tidak Ditetapkan	X	X	X
67	45	EC 1	220	0.353	77.66	0.48	36.97	Tidak Ditetapkan	X	X	X
68	45	EC 2	220	0.353	77.66	0.48	37.59	Tidak Ditetapkan	X	X	X
69	45**	AU 1	220	0.348	76.56	0.45	34.61	Tidak Ditetapkan	X	X	X
70	45**	AU 2	220	0.323	71.06	0.46	32.83	Tidak Ditetapkan	X	X	X

Catatan :

** berarti Lampu Jenis *Warm*

X berarti Tidak Memenuhi

Pada analisa ini diambil jenis daya lampu yang memiliki faktor daya sesuai persyaratan ALC dan tidak sesuai persyaratan ALC. Dari hasil pada Tabel 3.3 - Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \emptyset$) Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC, didapat faktor daya yang tidak memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.47 dan faktor daya yang memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.58.

III.4.2. Perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47 Dan Faktor Daya 0.58

Tahapan Perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47 dan Faktor Daya 0.58 sebagai berikut :

1. Energi Listrik Per Bulan (kWh) = [Daya Aktif (kW)] x [Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 Bulan (hari)].....(3.1)
2. Energi Listrik Per Tahun (kWh) = [Energi Listrik Per Bulan (kWh)] x [12 (bulan)].....(3.2)

III.4.3. Analisa Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh)

Tahapan Analisa Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) sebagai berikut :

$$\text{Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh)} = [\text{Energi Listrik Per Tahun Pada Faktor Daya 0.58 (kWh)}] - [\text{Energi Listrik Per Tahun Pada Faktor Daya 0.47 (kWh)}].....(3.3)$$

III.4.4. Perhitungan Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh)

Tahapan Perhitungan Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) sebagai berikut :

1. Energi Listrik Terbuang Per Bulan (kWh) = [Daya Aktif Terbuang (kW)] x [Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 bulan (hari)].....(3.4)

2. Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) = [Energi Listrik Terbuang Per Bulan (kWh)] x [12 (bulan)].....(3.5)

III.4.5. Analisa Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh)

Tahapan Analisa Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) sebagai berikut :

1. Energi Listrik Terbuang Pada Setiap Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh) = [Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)] / [Total Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)] x [Total Energi Listrik Terbuang (kWh)](3.6)
2. Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Tahun 2010 (Rp.) = [Energi Listrik Terbuang Pada Setiap Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)] x [Biaya Bahan Bakar (Rp./kWh)].....(3.7)

III.4.6. Perhitungan Konversi Emisi (gr CO₂/kWh)

Tahapan Perhitungan Konversi Emisi (gr CO₂/kWh) sebagai berikut :

1. Emisi Energi Primer PLN (gr CO₂) = [Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)] x [Faktor Emisi (gr CO₂/kWh)].....(3.8)
2. Konversi Emisi (gr CO₂/kWh) = [Total Emisi Energi Primer PLN (gr CO₂)] / [Total Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)].....(3.9)

III.4.7. Analisa Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO₂/kWh)

Tahapan Analisa Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO₂/kWh) sebagai berikut :

$$\text{Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO}_2\text{)} = [\text{Energi Listrik Terbuang (kWh)}] \times [\text{Konversi Emisi (gr CO}_2\text{/kWh)}] \dots\dots\dots(3.10)$$



BAB IV

PEMBAHASAN DAN ANALISA

IV.1. Analisa Penilaian Data Faktor Daya Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC

Dari data pada Tabel 3.3 – Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \emptyset$) Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC, dapat diketahui bahwa :

1. 70 sampel tidak dapat dinilai pemenuhannya terhadap SNI IEC 60969:2009. Hal ini disebabkan SNI IEC 60969:2009 tidak menetapkan ketentuan batas faktor daya.
2. Terdapat 10 dari 10 sampel untuk jenis daya lampu 5 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
3. Terdapat 3 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 8 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1 dan Tingkat 2.
4. Terdapat 5 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 8 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
5. Terdapat 3 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 8 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 3.
6. Terdapat 3 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 11 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
7. Terdapat 3 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 11 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1 dan Tingkat 2.
8. Terdapat 2 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 11 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
9. Terdapat 3 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 11 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 3.
10. Terdapat 4 dari 6 sampel untuk jenis daya lampu 13 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1 dan Tingkat 2.
11. Terdapat 4 dari 6 sampel untuk jenis daya lampu 13 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 3.

12. Terdapat 2 dari 6 sampel untuk jenis daya lampu 13 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
13. Terdapat 5 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 15 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1 dan Tingkat 2.
14. Terdapat 5 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 15 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 3.
15. Terdapat 3 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 15 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
16. Terdapat 1 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 18 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
17. Terdapat 7 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 18 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1 dan Tingkat 2.
18. Terdapat 7 dari 8 sampel untuk jenis daya lampu 18 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 3.
19. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 20 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1 dan Tingkat 2.
20. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 20 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 3.
21. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 20 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
22. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 25 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1 dan Tingkat 2.
23. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 25 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 3.
24. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 25 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
25. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 26 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1 dan Tingkat 2.
26. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 26 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 3.
27. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 26 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.

28. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 28 W yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1 dan Tingkat 2.
29. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 28 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 3.
30. Terdapat 2 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 28 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
31. Terdapat 4 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 30 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
32. Terdapat 4 dari 4 sampel untuk jenis daya lampu 45 W yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.

Berdasarkan pengamatan di atas, dapat dilihat bahwa 70 sampel tidak dapat dinilai pemenuhannya terhadap SNI IEC 60969:2009. Hal ini disebabkan SNI IEC 60969:2009 tidak menetapkan ketentuan batas faktor daya. Untuk jenis daya lampu paling banyak (berjumlah 10 lampu) yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3 adalah 5 W. Sedangkan jenis daya lampu paling sedikit (berjumlah 2 lampu) yang tidak memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3 adalah 11 W, 13 W, 20 W, 25 W, 26 W dan 28 W. Jenis daya lampu paling banyak (berjumlah 3 lampu) yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3 adalah 11 W. Untuk jenis daya lampu paling sedikit (berjumlah 1 lampu) yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3 adalah 18 W.

Seperti tercantum pada Sub-Bab III.4.1, pada analisa ini diambil jenis daya lampu yang memiliki faktor daya sesuai persyaratan ALC dan tidak sesuai persyaratan ALC. Dari hasil pada Tabel 3.3 - Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \emptyset$) Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC, didapat faktor daya yang tidak memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.47 dan faktor daya yang memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.58.

IV.2. Perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47 Dan Faktor Daya 0.58

Data untuk Perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47 dan Faktor Daya 0.58, diambil berdasarkan

- Tabel 3.2 - Data Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk Golongan Rumah Tangga Tahun 2010.
- Data tegangan (V), arus (A), daya semu (VA), faktor daya ($\cos \emptyset$) yang tercantum pada Tabel 3.3 – Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \emptyset$) Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC, dimana didapat faktor daya yang tidak memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.47 dan faktor daya yang memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.58 yang terdapat pada jenis daya lampu 11 W.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) = 10.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) = 20.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) = 30.
- Asumsi jam pemakaian lampu per hari = 10 jam, dimana sesuai penelitian BRESL bahwa persentase pola durasi pemakaian lampu selama 9 - 16 jam dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga lebih banyak dibandingkan pola durasi pemakaian lampu selama < 8 jam dan selama > 16 jam.
- Asumsi hari pemakaian lampu per bulan = 30 hari.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47 seperti tercantum pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Daya Semu Lampu Swabalast (VA)	Cos ϕ	Daya Aktif (kW)	Jumlah Lampu (lampu)	Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)	Jam Pemakaian (jam)	Pemakaian 1 bulan (hari)	Energi Listrik per bulan (kWh) = [Daya Aktif (kW) x Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 bulan (hari)]	Energi Listrik per tahun (kWh) = [Energi Listrik per bulan (kWh)] x [12 (bulan)]
450 VA sampai dengan 2,200 VA	17.82	0.47	0.00836	10	38,672,726	10	30	969,911,968	11,638,943,617
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	17.82	0.47	0.00836	20	523,180	10	30	26,242,709	314,912,506
6,600 VA ke atas	17.82	0.47	0.00836	30	126,970	10	30	9,553,223	114,638,674

Selanjutnya, dilakukan juga perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.58 seperti tercantum pada Tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.58

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Daya Semu Lampu Swabalast [VA]	Cos ϕ	Daya Aktif (kW)	Jumlah Lampu (lampu)	Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)	Jam Pemakaian (jam)	Pemakaian 1 bulan (hari)	Energi Listrik per bulan (kWh) = [Daya Aktif (kW)] x [Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 bulan (hari)]	Energi Listrik per tahun (kWh) = [Energi Listrik per bulan (kWh)] x [12 (bulan)]
450 VA sampai dengan 2,200 VA	18.48	0.58	0.01074	10	38,672,726	10	30	1,246,035,232	14,952,422,781
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	18.48	0.58	0.01074	20	523,180	10	30	33,713,719	404,564,630
6,600 VA ke atas	18.48	0.58	0.01074	30	126,970	10	30	12,272,920	147,275,042

Berdasarkan Tabel 4.1 - Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47 dan Tabel 4.2 - Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.58, dapat diketahui bahwa

- 1) Daya aktif yang dapat dimanfaatkan oleh setiap golongan pelanggan rumah tangga untuk menyalakan lampu 11 W dengan faktor daya 0.47 adalah 0.00836 kW atau 8.36 W.
- 2) Daya aktif yang dapat dimanfaatkan oleh setiap golongan pelanggan rumah tangga untuk menyalakan lampu 11 W dengan faktor daya 0.58 adalah 0.01074 kW atau 10.74 W.
- 3) Energi listrik per tahun untuk menyalakan lampu 11 W dengan faktor daya 0.47 yang digunakan oleh pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) adalah 11,638,943,617 kWh; pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) adalah 314,912,506 kWh

dan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) adalah 114,638,674 kWh.

- 4) Energi listrik per tahun untuk menyalakan lampu 11 W dengan faktor daya 0.58 yang digunakan oleh pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) adalah 14,952,422,781 kWh; pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) adalah 404,564,630 kWh dan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) adalah 147,275,042 kWh.

Jadi daya aktif terbesar yang dapat dimanfaatkan oleh setiap golongan pelanggan rumah tangga adalah pada saat menyalakan lampu 11 W dengan faktor daya 0.58 dibandingkan pada saat menyalakan lampu 11 W dengan faktor daya 0.47. Energi listrik per tahun terbesar yang dapat dimanfaatkan oleh setiap golongan pelanggan rumah tangga adalah pada saat menyalakan lampu 11 W dengan faktor daya 0.58 dibandingkan pada saat menyalakan lampu 11 W dengan faktor daya 0.47. Sehingga peningkatan faktor daya pada lampu 11 W dari 0.47 menjadi 0.58 menimbulkan peningkatan pemanfaatan daya aktif dan peningkatan pemanfaatan energi listrik per tahun pada setiap golongan pelanggan rumah tangga.

IV.3. Analisa Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh)

Data untuk Analisa Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh), diambil berdasarkan

- Tabel 3.2 - Data Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk Golongan Rumah Tangga Tahun 2010.
- Data Energi Listrik Per Tahun (kWh) yang tercantum pada Tabel 4.1 - Perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47.
- Data Energi Listrik Per Tahun (kWh) yang tercantum pada Tabel 4.2 - Perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.58.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) = 10.

- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) = 20.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) = 30.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) seperti tercantum pada Tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.58

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Jumlah Lampu (lampu)	Energi Listrik per tahun (kWh)		Pengurangan Energi Listrik per tahun (kWh) = [Energi Listrik per tahun pada Faktor Daya 0.58 (kWh)] - [Energi Listrik per tahun pada Faktor Daya 0.47 (kWh)]
		Cos θ = 0.47	Cos θ = 0.58	
450 VA sampai dengan 2,200 VA	10	11,638,943,617	14,952,422,781	3,313,479,164
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	20	314,912,506	404,564,630	89,652,124
6,600 VA ke atas	30	114,638,674	147,275,042	32,636,368

Berdasarkan Tabel 4.3 – Analisa Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh), dapat diketahui bahwa

- 1) Setelah faktor daya lampu 11 W dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, energi listrik per tahun yang berkurang pada pelanggan rumah tangga rumah kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) adalah 3,313,479,164 kWh.
- 2) Setelah faktor daya lampu 11 W dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, energi listrik per tahun yang berkurang pada pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) adalah 89,652,124 kWh.
- 3) Setelah faktor daya lampu 11 W dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, energi listrik per tahun yang berkurang pada pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) adalah 32,636,368 kWh.

Ketika faktor daya pada lampu 11 W dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, maka pengurangan energi listrik per tahun terbesar dialami oleh pelanggan rumah

tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) dibandingkan pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas). Sedangkan pengurangan energi listrik per tahun terkecil dialami oleh pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas). Jadi peningkatan faktor daya pada lampu 11 W dari 0.47 menjadi 0.58 menimbulkan pengurangan atau dapat dinyatakan sebagai penghematan energi listrik per tahun pada setiap golongan pelanggan rumah tangga.

IV.4. Perhitungan Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh)

Data untuk Perhitungan Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh), diambil berdasarkan

- Tabel 3.2 - Data Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk Golongan Rumah Tangga Tahun 2010.
- Data tegangan (V), arus (A), daya semu (VA), faktor daya ($\cos \phi$) yang tercantum pada Tabel 3.3 – Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \phi$) Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC, dimana didapat faktor daya yang tidak memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.47 dan faktor daya yang memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.58 yang terdapat pada jenis daya lampu 11 W.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) = 10.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) = 20.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) = 30.
- Asumsi jam pemakaian lampu per hari = 10 jam, dimana sesuai penelitian BRESL bahwa persentase pola durasi pemakaian lampu selama 9 - 16 jam dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga lebih banyak dibandingkan pola durasi pemakaian lampu selama < 8 jam dan selama > 16 jam.
- Asumsi hari pemakaian lampu per bulan = 30 hari.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) seperti tercantum pada Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.4 Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA)

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Daya Semu Lampu Swabalast [VA]	Cos ϕ	Daya Aktif (kW)	Daya Aktif Terbuang (kW)	Jumlah Lampu (lampu)	Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)	Jam Pemakaian (jam)	Pemakaian 1 bulan (hari)	Energi Listrik Terbuang per bulan (kWh) = [Daya Aktif Terbuang (kW)] x [Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 bulan (hari)]	Energi Listrik Terbuang per tahun (kWh) = [Energi Listrik Terbuang per bulan (kWh)] x [12 (bulan)]
450 VA sampai dengan 2,200 VA	17.82	0.47	0.00836	0.002	10	38,672,726	10	30	232,036,356	2,784,436,272
	18.48	0.58	0.01074							

Tabel 4.5 Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA)

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Daya Semu Lampu Swabalast [VA]	Cos ϕ	Daya Aktif (kW)	Daya Aktif Terbuang (kW)	Jumlah Lampu (lampu)	Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)	Jam Pemakaian (jam)	Pemakaian 1 bulan (hari)	Energi Listrik Terbuang per bulan (kWh) = [Daya Aktif Terbuang (kW)] x [Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 bulan (hari)]	Energi Listrik Terbuang per tahun (kWh) = [Energi Listrik Terbuang per bulan (kWh)] x [12 (bulan)]
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	17.82	0.47	0.00836	0.002	20	523,180	10	30	6,278,160	75,337,920
	18.48	0.58	0.01074							

Tabel 4.6 Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Besar (6,600 VA ke atas)

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Daya Semu Lampu Swabalast [VA]	Cos ϕ	Daya Aktif (kW)	Daya Aktif Terbuang (kW)	Jumlah Lampu	Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)	Jam Pemakaian (jam)	Pemakaian 1 bulan (hari)	Energi Listrik Terbuang per bulan (kWh) = [Daya Aktif Terbuang (kW)] x [Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 bulan (hari)]	Energi Listrik Terbuang per tahun (kWh) = [Energi Listrik Terbuang per bulan (kWh)] x [12 (bulan)]
6,600 VA ke atas	17.82	0.47	0.00836	0.002	30	126,970	10	30	2,285,460	27,425,520
	18.48	0.58	0.01074							

Berdasarkan Tabel 4.4 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA), Tabel 4.5 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan Tabel 4.6 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Rumah Tangga Besar (6,600 VA ke atas), dapat diketahui bahwa

- 1) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, timbul daya aktif terbuang yang tidak dapat dimanfaatkan oleh setiap golongan pelanggan rumah tangga untuk menyalakan lampu tersebut adalah 0.002 kW atau 2 W.
- 2) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, timbul energi listrik terbuang per tahun yang tidak dapat dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) adalah 2,784,436,272 kWh; pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) adalah 75,337,920 kWh dan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) adalah 27,425,520 kWh.

Ketika faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, maka setiap golongan pelanggan rumah tangga tidak dapat memanfaatkan daya

aktif sebesar 0.002 kW atau 2 W. Hal ini mempengaruhi pemanfaatan energi listrik, dimana pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) merupakan pemakai listrik yang tidak memanfaatkan energi listrik terbesar per tahun dibandingkan pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas). Sedangkan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) merupakan pemakai listrik yang tidak memanfaatkan energi listrik terkecil per tahun. Sehingga peningkatan faktor daya lampu 11 W dari 0.47 menjadi 0.58 dapat mengakibatkan tidak terjadinya pengurangan pemanfaatan daya aktif dan tidak terjadinya pemborosan energi listrik per tahun pada setiap golongan pelanggan rumah tangga.

IV.5. Analisa Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh)

Data untuk Analisa Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) (catatan : PLN berarti PT. PLN (Persero)), diambil berdasarkan

- Jumlah Total Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) berdasarkan Data Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) yang tercantum pada Tabel 4.4 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA), Tabel 4.5 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan Tabel 4.6 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Rumah Tangga Besar (6,600 VA ke atas) adalah 2,887,199,712 kWh.
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Gas Alam = 32,017.82 GWh = 32,017,820,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Batubara = 46,685.21 GWh = 46,685,210,000 kWh [11]

- Penggunaan Energi Primer PLN dari Minyak = 33,781.12 GWh = 33,781,120,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Air = 15,827.35 GWh = 15,827,350,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Panas Bumi = 3,398.02 GWh = 3,398,020,000 kWh [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Gas Alam per kWh = Rp. 1,429.35 [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Batubara per kWh = Rp. 469.51 [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Minyak per kWh = Rp. 3,750.49 [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Air per kWh = Rp. 14.99 [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Panas Bumi per kWh = Rp. 602.86 [11]

Selanjutnya, dilakukan perhitungan Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh), dimana kondisi waktu yang diamati adalah tahun 2010, seperti tercantum pada Tabel 4.7 sebagai berikut :

Tabel 4.7 Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Tahun 2010

Energi Primer PLN	Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)	Energi Listrik Terbuang Pada Setiap Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh) = [Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)] / [Total Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)] x [Total Energi Listrik Terbuang (kWh)]	Biaya Bahan Bakar (Rp./kWh)	Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Tahun 2010 (Rp.) = [Energi Listrik Terbuang Pada Setiap Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)] x [Biaya Bahan Bakar (Rp./kWh)]
Gas Alam	32,017,820,000	701,861,496	1,429.35	1,003,205,728,637.21
Batubara	46,685,210,000	1,023,384,831	469.51	480,489,412,004.12
Minyak	33,781,120,000	740,514,732	3,750.49	2,777,293,098,084.02
Air	15,827,350,000	346,950,777	14.99	5,200,792,153.99
Panas Bumi	3,398,020,000	74,487,876	602.86	44,905,760,795.33
TOTAL	131,709,520,000	2,887,199,712		4,311,094,791,674.67

Berdasarkan Tabel 4.7 – Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi Listrik Terbuang Tahun 2010 (kWh), dapat diketahui bahwa

- 1) Penggunaan energi primer PLN terbesar pada tahun 2010 adalah berasal dari batubara yaitu 46,685,210,000 kWh. Sedangkan penggunaan energi primer PLN terkecil pada tahun 2010 adalah berasal dari panas bumi yaitu 3,398,020,000 kWh.
- 2) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, energi listrik terbuang terbesar PLN pada tahun 2010 adalah berasal dari penggunaan batubara yaitu 1,023,384,831 kWh. Sedangkan energi listrik terbuang terkecil PLN pada tahun 2010 adalah berasal dari penggunaan panas bumi yaitu 74,487,876 kWh.
- 3) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, biaya bahan bakar terbuang PLN pada tahun 2010 yang berasal dari penggunaan batubara yaitu Rp. 480,489,412,004. Sedangkan biaya bahan bakar terbuang PLN pada tahun 2010 adalah berasal dari penggunaan panas bumi yaitu Rp. 44,905,760,795.
- 4) Total penggunaan energi primer PLN pada tahun 2010 yang berasal dari batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi yaitu 131,709,520,000 kWh.
- 5) Total energi listrik terbuang PLN pada tahun 2010 yang berasal dari penggunaan batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi yaitu 2,887,199,712 kWh.
- 6) Total biaya bahan bakar terbuang PLN pada tahun 2010 yang berasal dari penggunaan batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi yaitu Rp. 4,311,094,791,674.

Jadi batubara merupakan energi primer terbesar yang digunakan PLN pada tahun 2010 dibandingkan gas alam, minyak, air dan panas bumi. Sedangkan panas bumi merupakan energi primer terkecil yang digunakan PLN pada tahun 2010 dibandingkan batubara, gas alam, minyak dan air.

Ketika faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, maka produksi energi listrik PLN terbesar (berasal dari batubara) pada tahun 2010

yang tidak dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga yaitu sebesar 1,023,384,831 kWh. Hal ini mengakibatkan terbuangnya biaya bahan bakar PLN pada tahun 2010 berasal dari penggunaan batubara sebesar Rp. 480,489,412,004. Sedangkan produksi energi listrik PLN terkecil pada tahun 2010 (berasal dari panas bumi) yang tidak dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga yaitu sebesar 74,487,876 kWh. Hal ini mengakibatkan terbuangnya biaya bahan bakar PLN pada tahun 2010 yang berasal dari penggunaan panas bumi sebesar Rp. 44,905,760,795.

Sehingga pada tahun 2010, dengan faktor daya lampu 11 W sebesar 0.47, mengakibatkan total energi listrik yang tidak dapat dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga dari total produksi energi listrik PLN (berasal dari batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi) sebesar 131,709,520,000 kWh adalah 2,887,199,712 kWh. Hal ini menimbulkan pemborosan biaya bahan bakar PLN pada tahun 2010, dimana total biaya tersebut adalah Rp. 4,311,094,791,674.

Dalam rangka menjamin ketersediaan pasokan energi nasional jangka panjang, pemerintah telah menetapkan Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) sebagai pedoman dalam pengelolaan energi nasional. Salah satu sasaran KEN adalah terwujudnya energi (primer) *mix* yang optimal pada tahun 2025, yaitu peranan masing-masing jenis energi terhadap konsumsi energi nasional [12] :

1. Minyak bumi menjadi kurang dari 20%;
2. Gas bumi menjadi lebih dari 30%;
3. Batubara menjadi lebih dari 33%;
4. Biofuel menjadi lebih dari 5%;
5. Panas bumi menjadi lebih dari 5%;
6. Energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya, Biomasa, Nuklir, Tenaga Air Skala Kecil, Tenaga Surya, dan Tenaga Angin menjadi lebih dari 5%;
7. Bahan bakar lain yang berasal dari pencairan batubara menjadi lebih dari 2%.

Data untuk Analisa Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi (Primer) *Mix* Terbuang Tahun 2025 (catatan : PLN berarti PT. PLN (Persero)), diambil berdasarkan

- Jumlah Total Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) berdasarkan Data Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) yang tercantum pada Tabel 4.4 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA), Tabel 4.5 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan Tabel 4.6 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Rumah Tangga Besar (6,600 VA ke atas) adalah 2,887,199,712 kWh.
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Gas Alam = 32,017.82 GWh = 32,017,820,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Batubara = 46,685.21 GWh = 46,685,210,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Minyak = 33,781.12 GWh = 33,781,120,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Air = 15,827.35 GWh = 15,827,350,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Panas Bumi = 3,398.02 GWh = 3,398,020,000 kWh [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Gas Alam per kWh = Rp. 1,429.35 [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Batubara per kWh = Rp. 469.51 [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Minyak per kWh = Rp. 3,750.49 [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Air per kWh = Rp. 14.99 [11]
- Biaya Bahan Bakar dari Panas Bumi per kWh = Rp. 602.86 [11]
- Persentase Penggunaan Energi (Primer) *Mix* Tahun 2025 dari Gas Alam = 31%, dimana sesuai sasaran KEN yang tercantum pada Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 bahwa peranan gas bumi menjadi lebih dari 30% [12]. Gas alam sering disebut juga gas bumi [13]
- Persentase Penggunaan Energi (Primer) *Mix* Tahun 2025 dari Batubara = 34%, dimana sesuai sasaran KEN yang tercantum pada Peraturan Presiden

Nomor 5 Tahun 2006 bahwa peranan batubara menjadi lebih dari 33% [12]

- Persentase Penggunaan Energi (Primer) *Mix* Tahun 2025 dari Minyak = 19%, dimana sesuai sasaran KEN yang tercantum pada Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 bahwa peranan minyak bumi menjadi kurang dari 20% [12]
- Persentase Penggunaan Energi (Primer) *Mix* Tahun 2025 dari Air = 6%, dimana sesuai sasaran KEN yang tercantum pada Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 bahwa peranan tenaga air skala kecil menjadi lebih dari 5% [12]
- Persentase Penggunaan Energi (Primer) *Mix* Tahun 2025 dari Panas Bumi = 6%, dimana sesuai sasaran KEN yang tercantum pada Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 bahwa peranan panas bumi menjadi lebih dari 5% [12]

Selanjutnya, dilakukan perhitungan Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi (Primer) *Mix* Terbuang Tahun 2025, seperti tercantum pada Tabel 4.8 sebagai berikut :

Tabel 4.8 Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi (Primer) *Mix* Terbuang Tahun 2025

Energi Primer PLN	Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)	Persentase Penggunaan Energi (Primer) <i>Mix</i> Tahun 2025 (kWh)	Penggunaan Energi (Primer) <i>Mix</i> Tahun 2025 (kWh)	Energi Listrik Terbuang Pada Setiap Penggunaan Energi (Primer) <i>Mix</i> Tahun 2025 (kWh) = [Penggunaan Energi (Primer) <i>Mix</i> Tahun 2025 (kWh)] / [Total Penggunaan Energi (Primer) <i>Mix</i> Tahun 2025 (kWh)] x [Total Energi Listrik Terbuang (kWh)]	Biaya Bahan Bakar (Rp./kWh)	Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang Pada Setiap Energi (Primer) <i>Mix</i> Terbuang Tahun 2025 (Rp.) = [Energi Listrik Terbuang Pada Setiap Penggunaan Energi (Primer) <i>Mix</i> Tahun 2025 (kWh)] x [Biaya Bahan Bakar (Rp./kWh)]
Gas Alam	32,017,820,000	0.31	41,943,344,200	733,576,736	1,429.35	1,048,537,907,206.49
Batubara	46,685,210,000	0.34	62,558,181,400	1,094,124,166	469.51	513,702,237,314.55
Minyak	33,781,120,000	0.19	40,199,532,800	703,077,988	3,750.49	2,636,886,963,116.59
Air	15,827,350,000	0.06	16,776,991,000	293,424,631	14.99	4,398,435,218.07
Panas Bumi	3,398,020,000	0.06	3,601,901,200	62,996,191	602.86	37,977,883,739.22
TOTAL	131,709,520,000		165,079,950,600	2,887,199,712		4,241,503,426,594.91

Berdasarkan Tabel 4.8 – Pengurangan Biaya Bahan Bakar Terbuang (Rp.) Pada Setiap Energi (Primer) *Mix* Terbuang Tahun 2025, dapat diketahui bahwa

- 1) Penggunaan energi (primer) *mix* terbesar pada tahun 2025 adalah berasal dari batubara yaitu 62,558,181,400 kWh. Sedangkan penggunaan energi (primer) *mix* terkecil pada tahun 2025 adalah berasal dari panas bumi yaitu 3,601,901,200 kWh.
- 2) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, energi (primer) *mix* terbuang terbesar pada tahun 2025 adalah berasal dari penggunaan batubara yaitu 1,094,124,166 kWh. Sedangkan energi (primer) *mix* terbuang terkecil pada tahun 2025 adalah berasal dari penggunaan panas bumi yaitu 62,996,191 kWh.
- 3) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, biaya bahan bakar terbuang dari penggunaan energi (primer) *mix* pada tahun 2025 yang berasal dari batubara yaitu Rp. 513,702,237,314. Sedangkan biaya bahan bakar terbuang dari penggunaan energi (primer) *mix* pada tahun 2025 yang berasal dari panas bumi yaitu Rp. 37,977,883,739.
- 4) Total penggunaan energi (primer) *mix* pada tahun 2025 yang berasal dari batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi yaitu 165,079,950,600 kWh.
- 5) Total energi (primer) *mix* terbuang pada tahun 2025 yang berasal dari penggunaan batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi yaitu 2,887,199,712 kWh.
- 6) Total biaya bahan bakar dari penggunaan energi (primer) *mix* pada tahun 2025 yang berasal dari penggunaan batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi yaitu Rp. 4,241,503,426,594.

Jadi batubara merupakan energi (primer) *mix* terbesar pada tahun 2025 dibandingkan gas alam, minyak, air dan panas bumi. Sedangkan panas bumi merupakan energi energi (primer) *mix* terkecil pada tahun 2025 dibandingkan batubara, gas alam, minyak dan air.

Ketika faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, maka produksi energi listrik terbesar (berasal dari batubara) pada tahun 2025 yang

tidak dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga yaitu sebesar 1,094,124,166 kWh. Hal ini mengakibatkan terbuangnya biaya bahan bakar dari penggunaan energi (primer) *mix* pada tahun 2025 berasal dari batubara sebesar Rp. 513,702,237,314. Sedangkan produksi energi listrik terkecil pada tahun 2025 (berasal dari panas bumi) yang tidak dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga yaitu sebesar 62,996,191 kWh. Hal ini mengakibatkan terbuangnya biaya bahan bakar dari penggunaan energi (primer) *mix* pada tahun 2025 yang berasal dari panas bumi sebesar Rp. 37,977,883,739.

Sehingga pada tahun 2025, dengan faktor daya lampu 11 W sebesar 0.47, mengakibatkan total energi listrik yang tidak dapat dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga dari total produksi energi listrik (berasal dari batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi) sebesar 165,079,950,600 kWh adalah 2,887,199,712 kWh. Hal ini menimbulkan pemborosan biaya bahan bakar PLN pada tahun 2025, dimana total biaya tersebut adalah Rp. 4,241,503,426,594.

IV.6. Perhitungan Konversi Emisi (gr CO₂/kWh)

Data untuk Perhitungan Konversi Emisi (gr CO₂/kWh) (catatan : PLN berarti PT. PLN (Persero)), diambil berdasarkan

- Penggunaan Energi Primer PLN dari Gas Alam = 32,017.82 GWh = 32,017,820,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Batubara = 46,685.21 GWh = 46,685,210,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Minyak = 33,781.12 GWh = 33,781,120,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Air = 15,827.35 GWh = 15,827,350,000 kWh [11]
- Penggunaan Energi Primer PLN dari Panas Bumi = 3,398.02 GWh = 3,398,020,000 kWh [11]
- Faktor emisi CO₂ dari Gas Alam = 370 gr CO₂/kWh [14]
- Faktor emisi CO₂ dari Batubara = 715 gr CO₂/kWh [14]

- Faktor emisi CO₂ dari Minyak = 650 gr CO₂/kWh [14]
- Faktor emisi CO₂ dari Air = 0 gr CO₂/kWh [14]
- Faktor emisi CO₂ dari Panas Bumi = 400 gr CO₂/kWh [15]

Selanjutnya, dilakukan perhitungan Konversi Emisi (gr CO₂/kWh) seperti tercantum pada Tabel 4.9 sebagai berikut :

Tabel 4.9 Konversi Emisi (gr CO₂/kWh)

Energi Primer PLN	Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)	Faktor Emisi (gr CO ₂ /kWh)	Emisi Energi Primer PLN (gr CO ₂) = [Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)] x [Faktor Emisi (gr CO ₂ /kWh)]	Konversi Emisi (gr CO ₂ /kWh) = [Total Emisi Energi Primer PLN (gr CO ₂)] / [Total Penggunaan Energi Primer PLN Tahun 2010 (kWh)]
Gas Alam	32,017,820,000	370	11,846,593,400,000	520.41
Batubara	46,685,210,000	715	33,379,925,150,000	
Minyak	33,781,120,000	650	21,957,728,000,000	
Air	15,827,350,000	0	0	
Panas Bumi	3,398,020,000	400	1,359,208,000,000	
TOTAL	131,709,520,000		68,543,454,550,000	

Berdasarkan Tabel 4.9 – Konversi Emisi (gr CO₂/kWh), dapat diketahui bahwa

- 1) Penggunaan energi primer terbesar yang digunakan oleh PLN untuk pembangkitan tenaga listrik pada tahun 2010 adalah berasal dari batubara yaitu 46,685,210,000 kWh. Sedangkan penggunaan energi primer PLN terkecil yang digunakan oleh PLN untuk pembangkitan tenaga listrik pada tahun 2010 adalah berasal dari panas bumi yaitu 3,398,020,000 kWh.
- 2) Emisi energi primer PLN terbesar pada tahun 2010 yang berasal dari batubara adalah 33,379,925,150,000 gr CO₂. Sedangkan emisi energi

primer PLN terkecil pada tahun 2010 yang berasal dari panas bumi adalah 1,359,208,000,000 gr CO₂.

- 3) Total penggunaan energi primer PLN pada tahun 2010 yang berasal dari batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi yaitu 131,709,520,000 kWh.
- 4) Total emisi energi primer PLN pada tahun 2010 yang berasal dari penggunaan batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi yaitu 68,543,454,550,000 gr CO₂.

Jadi batubara merupakan energi primer yang digunakan PLN pada tahun 2010 dengan nilai emisi CO₂ terbesar dibandingkan gas alam, minyak, air dan panas bumi. Sedangkan panas bumi merupakan energi primer yang digunakan PLN pada tahun 2010 dengan nilai emisi CO₂ terkecil dibandingkan batubara, gas alam, minyak dan air. Dengan adanya total penggunaan energi primer PLN pada tahun 2010 (berasal dari batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi) sebesar 131,709,520,000 kWh dan total emisi energi primer PLN pada tahun 2010 (berasal dari penggunaan batubara, gas alam, minyak, air dan panas bumi) sebesar 68,543,454,550,000 gr CO₂, maka dapat diketahui bahwa setiap 1 kWh energi listrik yang dihasilkan dari pembangkitan tenaga listrik oleh PLN bagi pelanggan rumah tangga, menimbulkan emisi CO₂ sebesar 520.41 gr CO₂.

IV.7. Analisa Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO₂/kWh)

Data untuk Analisa Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO₂/kWh) (catatan : PLN berarti PT. PLN (Persero)), diambil berdasarkan

- Tabel 3.2 - Data Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk Golongan Rumah Tangga Tahun 2010.
- Data Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) yang tercantum pada Tabel 4.4 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) adalah 2,784,436,272 kWh.

- Data Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) yang tercantum pada Tabel 4.5 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Pelanggan Rumah Tangga Menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) adalah 75,337,920 kWh.
- Data Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) yang tercantum pada Tabel 4.6 - Energi Listrik Terbuang Per Tahun (kWh) Pada Rumah Tangga Besar (6,600 VA ke atas) adalah 27,425,520 kWh.
- Data Konversi Emisi yang tercantum pada Tabel 4.8 – Konversi Emisi (gr CO₂/kWh).

Selanjutnya, dilakukan perhitungan Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO₂/kWh) seperti tercantum pada Tabel 4.10 sebagai berikut :

Tabel 4.10 Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO₂/kWh)

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Energi Listrik Terbuang (kWh)	Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO ₂) = [Energi Listrik Terbuang (kWh)] x [Konversi Emisi (gr CO ₂ /kWh)]
450 VA sampai dengan 2,200 VA	2,784,436,272	1,449,048,480,312
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	75,337,920	39,206,606,947
6,600 VA ke atas	27,425,520	14,272,514,863
TOTAL	2,887,199,712	1,502,527,602,122

Berdasarkan Tabel 4.10 – Pengurangan Emisi Energi Listrik (gr CO₂/kWh), dapat diketahui bahwa

- 1) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, timbul energi listrik terbuang yang tidak dapat dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) adalah sebesar 2,784,436,272 kWh; timbul energi listrik terbuang yang tidak dapat dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) adalah sebesar 75,337,920 kWh dan timbul

energi listrik terbuang terbesar yang tidak dapat dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) adalah sebesar 27,425,520 kWh.

- 2) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, maka tidak terjadi pengurangan emisi energi listrik pada pembangkitan tenaga listrik oleh PLN bagi pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) sebesar 1,449,048,480,312 gr CO₂; tidak terjadi pengurangan emisi energi listrik pada pembangkitan tenaga listrik oleh PLN bagi pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) adalah sebesar 39,206,606,947 gr CO₂ dan tidak terjadi pengurangan emisi energi listrik pada pembangkitan tenaga listrik oleh PLN bagi pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) adalah sebesar 14,272,514,863 gr CO₂.
- 3) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, total energi listrik terbuang yang tidak dapat dimanfaatkan oleh pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA), pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) adalah sebesar 2,887,199,712 kWh.
- 4) Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, maka tidak terjadi total pengurangan emisi pada pembangkit listrik yang menyediakan energi listrik bagi pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA), pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) sebesar 1,502,527,602,122 gr CO₂.

Apabila faktor daya lampu 11 W tidak dinaikkan dari 0.47 menjadi 0.58, maka pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) merupakan pelanggan yang tidak dapat memanfaatkan energi listrik terbesar sebesar 2,784,436,272 kWh. Hal ini mengakibatkan tidak terjadi pengurangan emisi energi listrik pada pembangkitan tenaga listrik oleh PLN bagi pelanggan rumah tangga tersebut sebesar 1,449,048,480,312 gr CO₂. Sedangkan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) merupakan pelanggan yang tidak dapat

memanfaatkan energi listrik terkecil sebesar 27,425,520 kWh. Hal ini mengakibatkan tidak terjadi pengurangan emisi energi listrik pada pembangkitan tenaga listrik oleh PLN bagi pelanggan rumah tangga tersebut sebesar 14,272,514,863 gr CO₂.

Sehingga peningkatan faktor daya lampu 11 W dari 0.47 menjadi 0.58 dapat mengakibatkan tidak terjadinya pemborosan energi listrik per tahun pada setiap golongan pelanggan rumah tangga dan terjadinya pengurangan emisi energi listrik pada pembangkitan tenaga listrik oleh PLN bagi pelanggan rumah tangga.

Seperti tercantum pada Sub-Bab III.4.1 dan Tabel 3.3 - Penilaian Data Faktor Daya ($\cos \phi$) Terhadap Persyaratan SNI IEC 60969:2009 dan ALC, bahwa pada analisa ini diambil faktor daya yang tidak memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.47 dan faktor daya yang memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.58. Dimana nilai daya aktif pada faktor daya 0.47 sebesar 8.36 W atau 0.00836 kW dan nilai daya aktif pada faktor daya 0.58 sebesar 10.74 W atau 0.01074 kW.

Untuk mengetahui pengaruh peningkatan nilai faktor daya lampu swabalast 11 W terhadap pengurangan energi dan emisi CO₂, selain peningkatan nilai faktor daya dari 0.47 menjadi 0.58, maka diasumsikan terjadi peningkatan faktor daya sebesar 0.11. Sehingga peningkatan faktor daya berdasarkan asumsi tersebut adalah 0.69, 0.80 dan 0.91. Asumsi peningkatan faktor daya sebesar 0.11, berdasarkan tingkat kenaikan nilai faktor daya dari 0.47 menjadi 0.58. Nilai faktor daya 0.47 diasumsikan sebagai nilai **pesimis**, nilai faktor daya 0.58 dan 0.69 diasumsikan sebagai nilai **moderat** dan nilai faktor daya 0.80 dan 0.91 diasumsikan sebagai nilai **optimis**. Nilai faktor daya yang paling rendah disebut sebagai nilai pesimis, nilai faktor daya yang memiliki peningkatan tidak terlalu tinggi disebut sebagai nilai moderat dan nilai faktor daya yang paling tinggi disebut sebagai nilai optimis.

Berdasarkan persamaan (2.1), peningkatan nilai faktor daya akan mempengaruhi peningkatan nilai daya aktif, maka ketika terjadi peningkatan nilai faktor daya dari 0.47 menjadi 0.58, diasumsikan terjadi peningkatan daya aktif sebesar 0.00238 kW. Sehingga peningkatan daya aktif berdasarkan asumsi tersebut adalah 0.01312 kW, 0.0155 kW dan 0.01788 kW. Asumsi peningkatan

faktor daya sebesar 0.00238 kW, berdasarkan tingkat kenaikan nilai daya aktif dari 0.00836 kW menjadi 0.01074 kW.

Sesuai asumsi peningkatan faktor daya sebesar 0.69, 0.80 dan 0.91 dan asumsi peningkatan daya aktif sebesar 0.01312 kW, 0.0155 kW dan 0.01788 kW, maka data yang digunakan untuk perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.69, Faktor Daya 0.80 dan Faktor Daya 0.91, diambil berdasarkan

- Tabel 3.2 - Data Pelanggan PT. PLN (Persero) Untuk Golongan Rumah Tangga Tahun 2010.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA) = 10.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) = 20.
- Asumsi jumlah lampu pada pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas) = 30.
- Asumsi jam pemakaian lampu per hari = 10 jam, dimana sesuai penelitian BRESL bahwa persentase pola durasi pemakaian lampu selama 9 - 16 jam dalam satu hari pada pelanggan rumah tangga lebih banyak dibandingkan pola durasi pemakaian lampu selama < 8 jam dan selama > 16 jam.
- Asumsi hari pemakaian lampu per bulan = 30 hari.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.69 seperti tercantum pada Tabel 4.11 sebagai berikut :

Tabel 4.11 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.69

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Cos ϕ	Daya Aktif (kW)	Jumlah Lampu (lampu)	Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)	Jam Pemakaian (jam)	Pemakaian 1 bulan (hari)	Energi Listrik per bulan (kWh) = [Daya Aktif (kW)] x [Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 bulan (hari)]	Energi Listrik per tahun (kWh) = [Energi Listrik per bulan (kWh)] x [12 (bulan)]
450 VA sampai dengan 2,200 VA	0.69	0.01312	10	38,672,726	10	30	1,522,158,495	18,265,901,944
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	0.69	0.01312	20	523,180	10	30	41,184,730	494,216,755
6,600 VA ke atas	0.69	0.01312	30	126,970	10	30	14,992,618	179,911,411

Selanjutnya, dilakukan juga perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.80 seperti tercantum pada Tabel 4.12 sebagai berikut :

Tabel 4.12 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.80

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Cos ϕ	Daya Aktif (kW)	Jumlah Lampu (lampu)	Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)	Jam Pemakaian (jam)	Pemakaian 1 bulan (hari)	Energi Listrik per bulan (kWh) = [Daya Aktif (kW)] x [Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 bulan (hari)]	Energi Listrik per tahun (kWh) = [Energi Listrik per bulan (kWh)] x [12 (bulan)]
450 VA sampai dengan 2,200 VA	0.80	0.0155	10	38,672,726	10	30	1,798,281,759	21,579,381,108
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	0.80	0.0155	20	523,180	10	30	48,655,740	583,868,880
6,600 VA ke atas	0.80	0.0155	30	126,970	10	30	17,712,315	212,547,780

Selanjutnya, dilakukan juga perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.91 seperti tercantum pada Tabel 4.13 sebagai berikut :

Tabel 4.13 Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.91

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Cos ϕ	Daya Aktif (kW)	Jumlah Lampu (lampu)	Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)	Jam Pemakaian (jam)	Pemakaian 1 bulan (hari)	Energi Listrik per bulan (kWh) = [Daya Aktif (kW)] x [Jumlah Lampu (lampu)] x [Jumlah Pelanggan Rumah Tangga (pelanggan)] x [Jam Pemakaian (jam)] x [Pemakaian 1 bulan (hari)]	Energi Listrik per tahun (kWh) = [Energi Listrik per bulan (kWh)] x [12 (bulan)]
450 VA sampai dengan 2,200 VA	0.91	0.01788	10	38,672,726	10	30	2,074,405,023	24,892,860,272
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	0.91	0.01788	20	523,180	10	30	56,126,750	673,521,005
6,600 VA ke atas	0.91	0.01788	30	126,970	10	30	20,432,012	245,184,149

Setelah dilakukan perhitungan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Pada Faktor Daya 0.47, Faktor Daya 0.58, Faktor Daya 0.69, Faktor Daya 0.80 dan Faktor Daya 0.91, maka dapat diketahui pengurangan energi listrik pada sektor rumah tangga setelah dilakukan peningkatan faktor daya lampu 11 W, selain peningkatan nilai faktor daya dari 0.47 menjadi 0.58, yaitu peningkatan nilai faktor daya dari 0.47 menjadi 0.69, peningkatan nilai faktor daya dari 0.47 menjadi 0.80 dan peningkatan nilai faktor daya dari 0.47 menjadi 0.91, seperti tercantum pada Tabel 4.14, Tabel 4.15 dan Tabel 4.16 sebagai berikut :

Tabel 4.14 Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.69

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Jumlah Lampu (lampu)	Energi Listrik per tahun (kWh)		Pengurangan Energi Listrik per tahun (kWh) = [Energi Listrik per tahun pada Faktor Daya 0.69 (kWh)] - [Energi Listrik per tahun pada Faktor Daya 0.47 (kWh)]
		Cos θ = 0.47	Cos θ = 0.69	
450 VA sampai dengan 2,200 VA	10	11,638,943,617	18,265,901,944	6,626,958,327
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	20	314,912,506	494,216,755	179,304,249
6,600 VA ke atas	30	114,638,674	179,911,411	65,272,737

Tabel 4.15 Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.80

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Jumlah Lampu (lampu)	Energi Listrik per tahun (kWh)		Pengurangan Energi Listrik per tahun (kWh) = [Energi Listrik per tahun pada Faktor Daya 0.80 (kWh)] - [Energi Listrik per tahun pada Faktor Daya 0.47 (kWh)]
		Cos θ = 0.47	Cos θ = 0.80	
450 VA sampai dengan 2,200 VA	10	11,638,943,617	21,579,381,108	9,940,437,491
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	20	314,912,506	583,868,880	268,956,374
6,600 VA ke atas	30	114,638,674	212,547,780	97,909,106

Tabel 4.16 Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.91

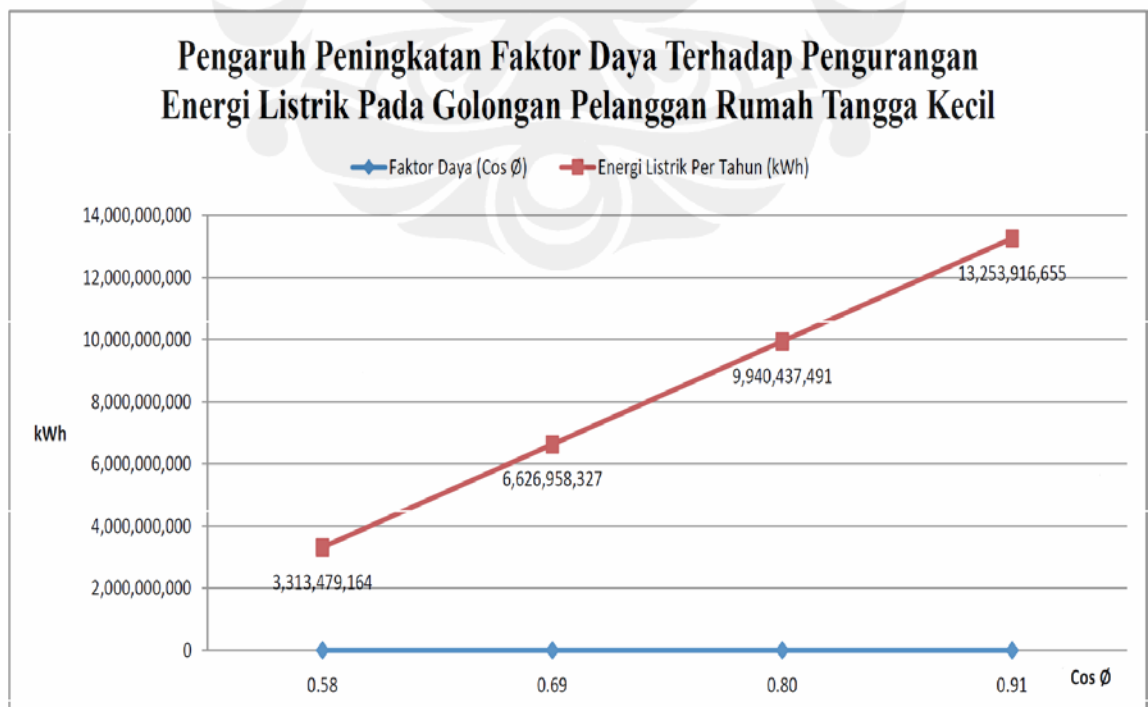
Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Jumlah Lampu (lampu)	Energi Listrik per tahun (kWh)		Pengurangan Energi Listrik per tahun (kWh) = [Energi Listrik per tahun pada Faktor Daya 0.91 (kWh)] - [Energi Listrik per tahun pada Faktor Daya 0.47 (kWh)]
		Cos θ = 0.47	Cos θ = 0.91	
450 VA sampai dengan 2,200 VA	10	11,638,943,617	24,892,860,272	13,253,916,655
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	20	314,912,506	673,521,005	358,608,499
6,600 VA ke atas	30	114,638,674	245,184,149	130,545,475

Berdasarkan perhitungan yang tertera pada Tabel 4.3 - Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.58, Tabel 4.14 - Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.69, Tabel 4.15 - Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.80 dan Tabel 4.16 - Pengurangan Energi Listrik Per Tahun (kWh) Setelah Dilakukan Peningkatan Faktor Daya Lampu 11 W Dari 0.47 Menjadi 0.91, maka dapat diketahui pengaruh peningkatan faktor daya terhadap pengurangan energi listrik per tahun pada setiap golongan rumah tangga, seperti tercantum pada Tabel 4.17 sebagai berikut :

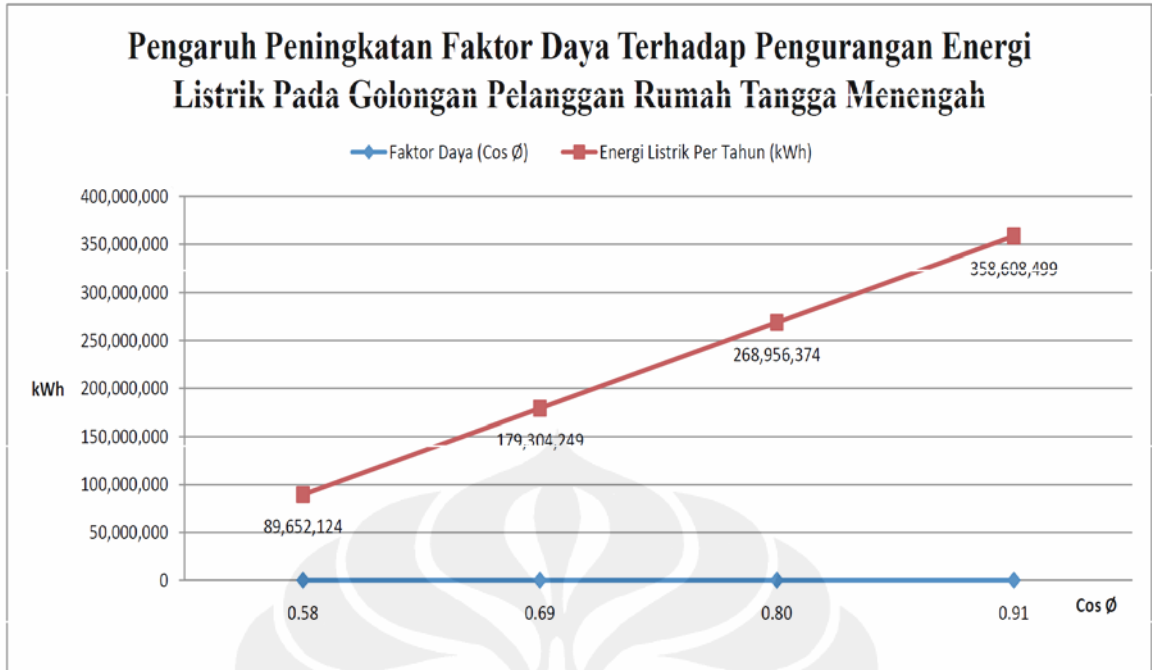
Tabel 4.17 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Setiap Golongan Rumah Tangga (kWh)

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Jumlah Lampu (lampu)	Pengurangan Energi Listrik per tahun (kWh)			
		Cos θ = 0.58	Cos θ = 0.69	Cos θ = 0.80	Cos θ = 0.91
450 VA sampai dengan 2,200 VA	10	3,313,479,164	6,626,958,327	9,940,437,491	13,253,916,655
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	20	89,652,124	179,304,249	268,956,374	358,608,499
6,600 VA ke atas	30	32,636,368	65,272,737	97,909,106	130,545,475

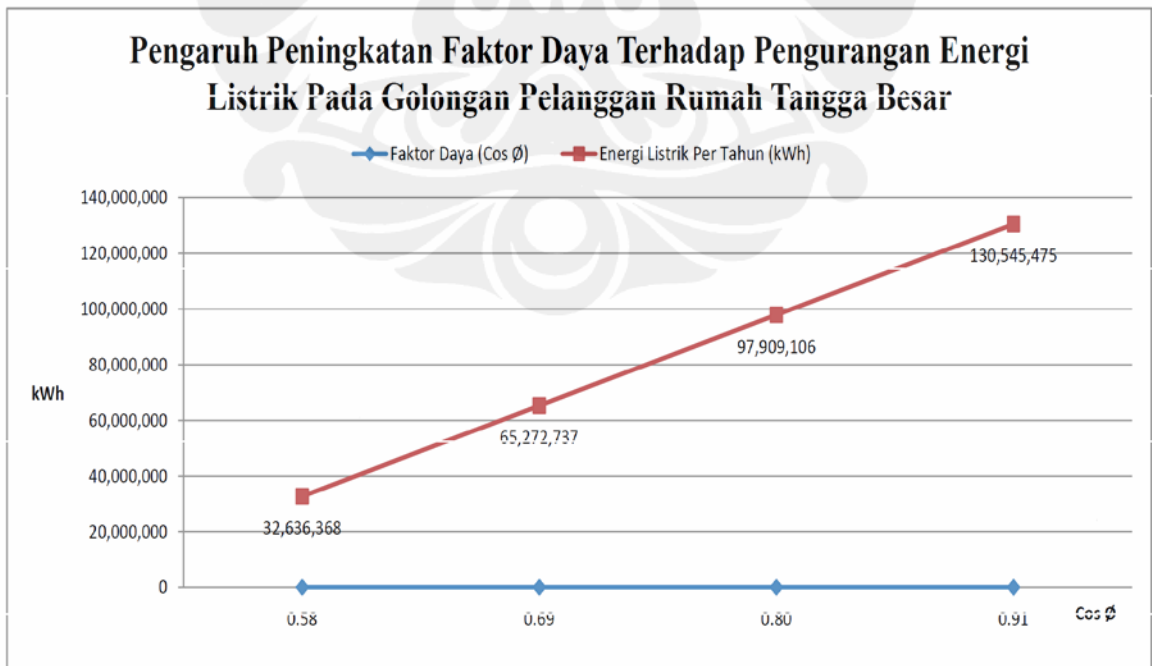
Ilustrasi pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pengaruh peningkatan faktor daya terhadap pengurangan energi listrik per tahun (kWh) pada setiap golongan rumah tangga sebagai berikut :



Gambar 4.1 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Kecil (kWh)



Gambar 4.2 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Menengah (kWh)



Gambar 4.3 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Besar (kWh)

Berdasarkan Tabel 2.1 - Perbandingan Persyaratan Faktor Daya Pada SNI IEC 60969:2009 dan ALC, Gambar 4.1 - Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Kecil (kWh), Gambar 4.2 - Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Menengah (kWh) dan Gambar 4.3 - Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Besar (kWh), dapat diketahui bahwa

- 1) Apabila faktor daya lampu 11 W memiliki nilai pesimis yaitu 0.47, maka tidak dapat diterapkannya batas faktor daya sesuai persyaratan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
- 2) Apabila faktor daya lampu 11 W ditingkatkan dengan asumsi nilai moderat (0.58 dan 0.69) dan nilai optimis (0.80 dan 0.91), maka dapat diterapkannya batas faktor daya sesuai persyaratan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
- 3) Pada pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA), pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas), peningkatan faktor daya dengan asumsi nilai optimis (0.80 dan 0.91) menimbulkan pengurangan energi listrik per tahun lebih besar dibandingkan peningkatan faktor daya dengan asumsi nilai moderat (0.58 dan 0.69).

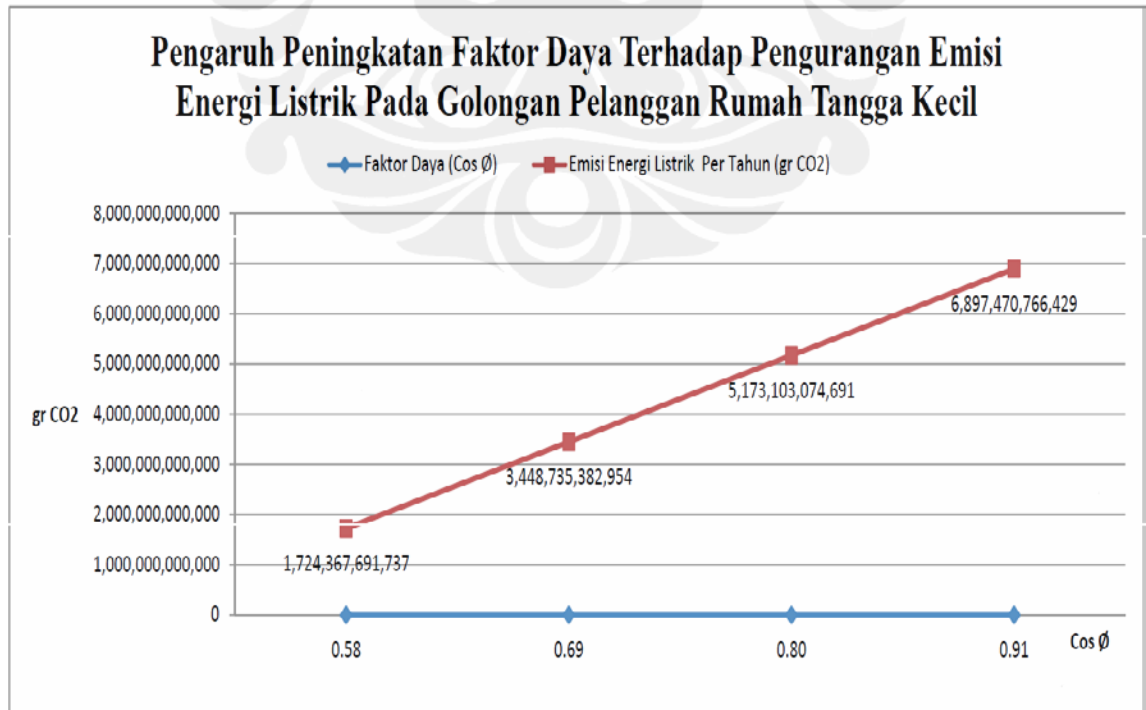
Sehingga pada sektor rumah tangga, peningkatan faktor daya lampu 11 W dengan asumsi nilai optimis (0.80 dan 0.91) akan menimbulkan pengurangan energi listrik per tahun lebih besar dibandingkan peningkatan faktor daya dengan asumsi nilai moderat (0.58 dan 0.69).

Dengan nilai konversi emisi sebesar 520.41 gr CO₂/kWh yang telah dihitung berdasarkan Tabel 4.9 – Konversi Emisi (gr CO₂/kWh), maka dapat dilakukan perhitungan pengurangan emisi yang ditimbulkan oleh pengurangan energi listrik yang tertera pada Tabel 4.17 - Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Setiap Golongan Rumah Tangga (kWh), seperti tercantum pada Tabel 4.18 sebagai berikut :

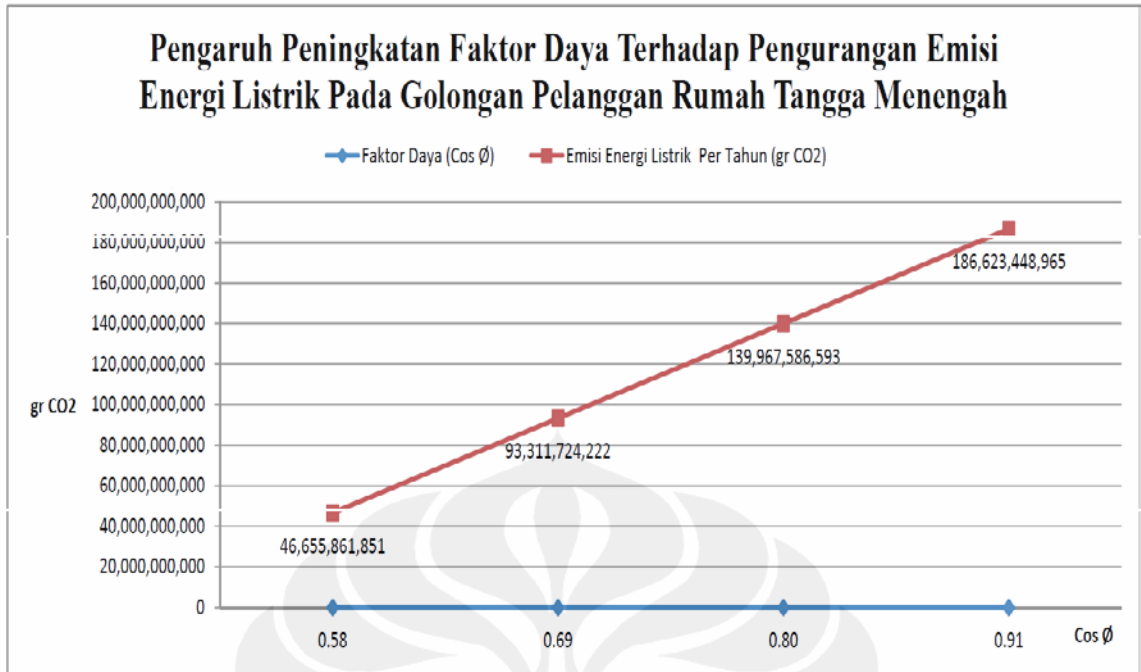
Tabel 4.18 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Setiap Golongan Rumah Tangga (gr CO₂)

Golongan Pelanggan Rumah Tangga	Jumlah Lampu (lampu)	Pengurangan Emisi Energi Listrik per tahun (kWh)			
		Cos ϕ = 0.58	Cos ϕ = 0.69	Cos ϕ = 0.80	Cos ϕ = 0.91
450 VA sampai dengan 2,200 VA	10	1,724,367,691,737	3,448,735,382,954	5,173,103,074,691	6,897,470,766,429
3,500 VA sampai dengan 5,500 VA	20	46,655,861,851	93,311,724,222	139,967,586,593	186,623,448,965
6,600 VA ke atas	30	16,984,292,271	33,968,585,062	50,952,877,853	67,937,170,645

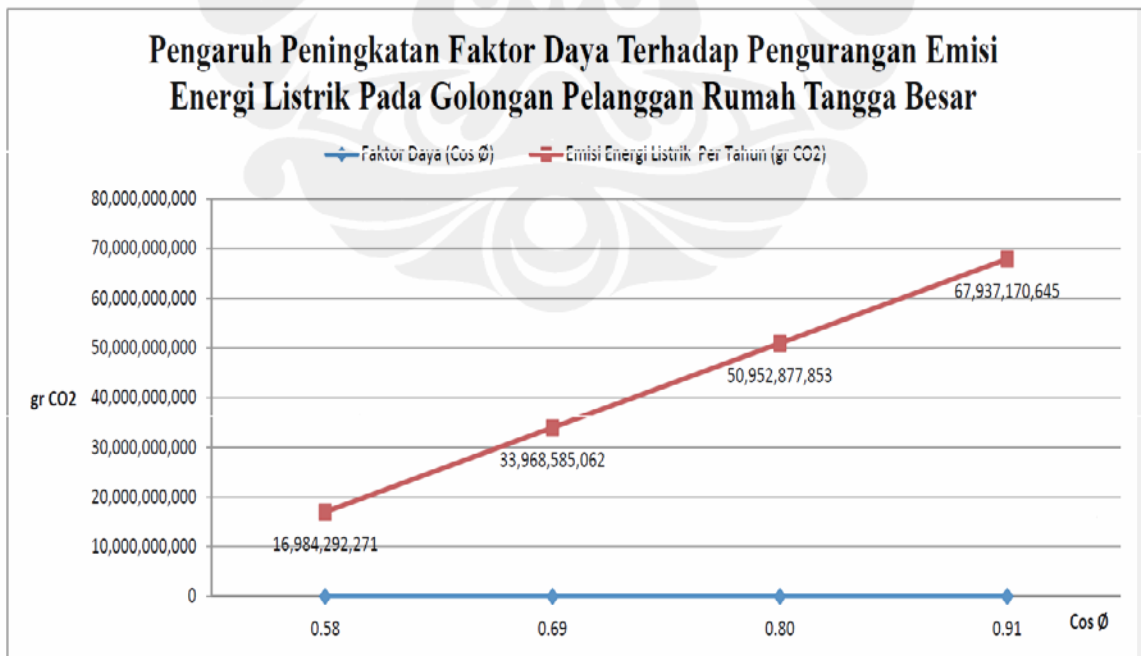
Ilustrasi pada Gambar 4.4, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai pengaruh peningkatan faktor daya terhadap pengurangan emisi energi listrik per tahun (gr CO₂) pada setiap golongan rumah tangga sebagai berikut :



Gambar 4.4 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Kecil (gr CO₂)



Gambar 4.5 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Menengah (gr CO₂)



Gambar 4.6 Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Besar (gr CO₂)

Berdasarkan Tabel 2.1 - Perbandingan Persyaratan Faktor Daya Pada SNI IEC 60969:2009 dan ALC, Gambar 4.4 - Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Kecil (gr CO₂), Gambar 4.5 - Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Menengah (gr CO₂) dan Gambar 4.6 - Pengaruh Peningkatan Faktor Daya Terhadap Pengurangan Emisi Energi Listrik Per Tahun Pada Golongan Rumah Tangga Besar (gr CO₂), dapat diketahui bahwa

- 1) Apabila faktor daya lampu 11 W memiliki nilai pesimis yaitu 0.47, maka tidak dapat diterapkannya batas faktor daya sesuai persyaratan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
- 2) Apabila faktor daya lampu 11 W ditingkatkan dengan asumsi nilai moderat (0.58 dan 0.69) dan nilai optimis (0.80 dan 0.91), maka dapat diterapkannya batas faktor daya sesuai persyaratan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
- 3) Pada pelanggan rumah tangga kecil (450 VA sampai dengan 2,200 VA), pelanggan rumah tangga menengah (3,500 VA sampai dengan 5,500 VA) dan pelanggan rumah tangga besar (6,600 VA ke atas), peningkatan faktor daya dengan asumsi nilai optimis (0.80 dan 0.91) menimbulkan pengurangan emisi energi listrik per tahun lebih besar dibandingkan peningkatan faktor daya dengan asumsi nilai moderat (0.58 dan 0.69).

Sehingga pada sektor rumah tangga, peningkatan faktor daya lampu 11 W dengan asumsi nilai optimis (0.80 dan 0.91) akan menimbulkan pengurangan emisi energi listrik per tahun lebih besar dibandingkan peningkatan faktor daya dengan asumsi nilai moderat (0.58 dan 0.69).

BAB V

KESIMPULAN

1. Berdasarkan persyaratan ALC, jenis daya lampu yang memenuhi ketentuan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3 adalah 11 W dan 18 W. Nilai faktor daya pada lampu 11 W yang tidak memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.47 dan nilai faktor daya pada lampu 18 W yang memenuhi persyaratan ALC yaitu sebesar 0.58.
2. Ditinjau dari pihak pemakai listrik (rumah tangga), peningkatan faktor daya pada lampu 11 W dari 0.47 menjadi 0.58 menimbulkan pengurangan atau dapat dinyatakan sebagai penghematan energi listrik per tahun dan terjadinya pengurangan emisi energi listrik pada pembangkitan tenaga listrik oleh PT. PLN (Persero) bagi pelanggan rumah tangga.
3. Emisi CO₂ yang ditimbulkan dari setiap energi listrik yang dihasilkan dari pembangkitan tenaga listrik oleh PT. PLN (Persero) bagi pelanggan rumah tangga sebesar 1 kWh adalah sebesar 520.41 gr CO₂.
4. Apabila faktor daya lampu 11 W memiliki nilai pesimis yaitu 0.47, maka tidak dapat diterapkannya batas faktor daya sesuai persyaratan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
5. Apabila faktor daya lampu 11 W ditingkatkan dengan asumsi nilai moderat (0.58 dan 0.69) dan nilai optimis (0.80 dan 0.91), maka dapat diterapkannya batas faktor daya sesuai persyaratan ALC pada Tingkat 1, Tingkat 2 dan Tingkat 3.
6. Pada sektor rumah tangga sebagai pihak pemakai listrik, peningkatan faktor daya lampu 11 W dengan asumsi nilai optimis (0.80 dan 0.91) akan menimbulkan pengurangan energi listrik per tahun lebih besar dibandingkan peningkatan faktor daya lampu 11 W dengan asumsi nilai moderat (0.58 dan 0.69).
7. Pada sektor rumah tangga sebagai pihak pemakai listrik, peningkatan faktor daya lampu 11 W dengan asumsi nilai optimis (0.80 dan 0.91) akan menimbulkan pengurangan emisi energi listrik per tahun lebih besar

dibandingkan peningkatan faktor daya lampu 11 W dengan asumsi nilai moderat (0.58 dan 0.69).



DAFTAR REFERENSI

- [1] Peningkatan Faktor Daya Pada Lampu Swabalast Untuk Mengurangi Energi Dan Emisi CO₂ Pada Sektor Rumah Tangga Di Indonesia. Dhandy Arisaktiwardhana. Seminar. Universitas Indonesia. April 2012.
- [2] Prospek Penggunaan Teknologi Bersih untuk Pembangkit Listrik dengan Bahan Bakar Batubara di Indonesia. Agus Sugiyono. Jurnal Teknologi Lingkungan. Vol.1. No.1. Januari 2000 : 90-95. ISSN 1411-318X.
- [3] Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN (Persero) 2011 – 2020.
- [4] Instruksi Presiden Nomor 10 Tahun 2005 tentang Penghematan Energi.
- [5] Instruksi Presiden Nomor 2 Tahun 2008 tentang Penghematan Energi Dan Air.
- [6] Instruksi Presiden Nomor 13 Tahun 2011 tentang Penghematan Energi dan Air.
- [7] SNI IEC 60969:2009 tentang Lampu Swabalast Untuk Pelayanan Pencahayaan Umum - Persyaratan Unjuk Kerja. Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2009.
- [8] <http://www.docstoc.com/docs/38670848/Asia-Lighting-Council-Compact-Fluorescent-Lamp-Quality-Guidelines->
- [9] Manfaat Lampu Hemat Energi & Ballast Elektronik. S. Gunawan. ELEKTRO INDONESIA Nomor 1. Tahun I. Juli 1994.
- [10] Peraturan Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Nomor : 1287.K/06/DJE/2011 tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Pernyataan Kesesuaian Pada Lampu Swabalast.
- [11] Statistik PLN 2010. ISSN 0852-8179.
- [12] Peraturan Presiden Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN).
- [13] id.wikipedia.org/wiki/Gas_alam.
- [14] CO₂ *Emissions From Fuel Combustion Highlights. International Energy Agency (IEA). Edition 2011.*
- [15] Halldór Ármannsson. International Geothermal Conference, Reykjavík, September 2003.

[16] Pemetaan Efikasi Lampu Swabalast Untuk Mendukung Penerapan SNI 04-6958-2003 Pada Lampu Hemat Energi. Sudirman Palaloi. Jurnal Standardisasi Vol. 11. No. 3. 2009.

