

# Efisiensi Energi Listrik Kampus Undip Tembalang

**Karnoto**

**Abstract :** Energy is one part of the important in everyday life. The energy consumption especially electric energy have to pay attention requirement and economics level. So that electric energy used as according to requirement. Thereby consumption energy pay attention energy efficiency

This research is to evaluate usage consumption energy of Diponegoro University Tembalang Campus ( Faculty MIPA and FPIK, FKM, and F Psychology). This Benefit Research is to give alternative solution subscribe PLN electric or merger.

Result of Research yielded is forth of the faculty of customer based on energy capacities attached in the reality still not yet as according to usage. Given by solution is Customer F MIPA can be achieved by down grading its tariff-class ( from 345 KVA to 197 KVA) and F PIK, FKM and F Psychology( 240 KVA to 131 KVA). Other Alternative is Merger of F PIK, FKM And F Psychology with F MIPA

**Keyword:** Energy, Consumption, Efficiency, Capacity

Ketersediaan energi listrik maupun energi bahan bakar untuk supply pembangkit sangat terbatas sebagai akibat krisis energi. Masyarakat harus selektif dalam menggunakan energi listrik untuk kehidupan sehari-hari agar dapat menghemat dalam segi keuangan maupun ketersediaan energi.

Fakultas MIPA dengan kapasitas transformator 1000 KVA dengan daya langganan 345 KVA dan F PIK, F Psikologi, dan F KM dengan Kapasitas Trafo 400 KVA belum digunakan secara efektif artinya tingkat pemakaian masih rendah untuk langganan tersebut. Dengan demikian akibat besarnya kapasitas langganan maka biaya beban menjadi tinggi, sehingga kurang efektif dan ekonomis. Pertimbangan lain sehubungan akan dibangunnya Fakultas Kedokteran, Fakultas Ekonomi dan sebagainya maka salah satu langganan dapat dialihkan ke Fakultas yang sedang dibangun

Dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi terhadap kondisi real dilapangan dan memilih energi penyuply beban berdasar aspek teknik dan ekonomis bagi Kampus UNDIP Tembalang

## TINJAUAN PUSTAKA

*Demand Side Management (DSM)* adalah kegiatan perencanaan, pelaksanaan, dan pemantauan yang dilakukan oleh pengusaha untuk mempengaruhi pola konsumsi pelanggan tenaga listrik yang menangkut dan waktu penggunaanya tanpa merugikan pengusaha atau konsumen.

Manajemen sisi kebutuhan adalah rangkaian kegiatan institusi yang meliputi perencanaan, pelaksanaan, dan pemantauan yang dilakukan oleh pengusaha untuk mempengaruhi pola konsumsi pelanggan tenaga listrik yang menangkut dan waktu

---

Karnoto ([karnoto@elektro.ft.undip.ac.id](mailto:karnoto@elektro.ft.undip.ac.id)), adalah dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Sudharto, S.H. Tembalang Semarang 50275

penggunaannya tanpa merugikan pengusaha atau konsumen. Dengan manajemen sisi kebutuhan pengusaha dapat mengupayakan pengurangan pertumbuhan beban puncak sistem, menciptakan iklim yang kompetitif dalam meningkatkan efisiensi pemakaian dan produktifitas, memberikan penghematan biaya konsumsi energi listrik, dan melestarikan sumber daya alam serta mengurangi dampak lingkungan.

Strategi manajemen sisi kebutuhan terdiri dari *peak clipping* (pemangkasan beban puncak), *Valley Filling*, *load shifting*, konservasi energi, *strategi load growth*, dan *flexible load shape*. *Peak Clipping* adalah program untuk mengurangi beban pada saat Waktu Beban Puncak (WBP). *Valley Filling* adalah program untuk menambah beban pada saat luar waktu beban puncak (LWBP). *Load shifting* adalah penggeseran beban dari beban puncak ke beban luar beban puncak. Konservasi energi adalah program untuk menghemat pemakaian energi listrik. *Load growth* adalah program untuk menaikkan pemakaian energi listrik. *Flexible load shape* adalah program untuk memperbaiki dan menjaga sistem dengan mengurangi pemadaman.

Upaya yang harus dilakukan untuk melihat pemakaian energi dan pemilihan sumber energy bagi beban listrik dapat dilakukan juga melalui program audit energi. Hal ini disebabkan audit energi akan memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi kelistrikan suatu konsumen energi listrik baik dari pembangkit sendiri maupun dari PLN. Audit energi adalah teknik untuk menghitung besarnya konsumsi energi dan mengenali cara-cara untuk penghematannya.

### Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik meliputi sistem pembangkit, sistem transmisi, dan sistem distribusi. Pada sistem pembangkit merupakan pusat yang menghasilkan energi listrik yang seperti : PLTA, PLTU, PLTGU, PLTG, PLTP, dan PLTD. Untuk menyalurkan energi listrik memerlukan banyak persyaratan, terutama masalah lokasi yang tidak selalu bisa dekat dengan pusat beban seperti kota, kawasan industri dan lainnya.

Salah satu bagian dari sistem tenaga listrik adalah sistem distribusi berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari pusat-pusat GI

sampai ke konsumen. Ditinjau dari konfigurasi, jaringan distribusi dapat dibedakan atas tiga system yaitu

- 1 Sistem Jaringan Radial  
Struktur dengan system ini merupakan jaringan yang paling sederhana, metode pengoperasiannya mudah, hubungan langsung dari titik pengisian ke pemakai.
- 2 Sistem Gelang dan Jala  
Pada system ini terdapat dua sumber dan arah pengisian yang satu dapat sebagai cadangan, sehingga keandalan cukup tinggi, banyak dipakai pada jaringan umum dan industri. Jika terjadi gangguan atau pekerjaan pada salah satu jaringan, penyaluran tidak terputus karena mempergunakan sumber pengisian cadangan atau arah yang lain.
- 3 Sistem Jaringan Spindel  
Pada dasarnya struktur spindle merupakan struktur radial dimana spindle adalah kelompok kumparan yang pola jaringannya ditandai dengan ciri adanya sejumlah kabel yang keluar dari gardu induk (feeder), kearah suatu titik temu yang disebut gardu hubung. Kumpulan kabel dalam satu spindle dimaksudkan untuk menyalurkan energi ke suatu daerah konsumen, yang terdiri dari maksimum enam buah kabel kerja. Di sepanjang kabel inilah gardu distribusi ditempatkan dengan satu buah kabel cadangan.

### Beban Distribusi

Beban listrik secara garis beban terdapat beban resistif mempunyai faktor daya 1, beban induktif mempunyai faktor daya lagging dan beban kapasitif mempunyai faktor daya leading.

Daya listrik dalam bentuk kompleks dapat dinyatakan oleh persamaan

$$S = P \pm jQ \dots\dots\dots 1$$

dengan S: daya kompleks (VA), P: daya aktif/nyata (Watt), Q: daya reaktif (VAR)

Besar kecilnya daya *reaktif* yang diserap oleh beban mengakibatkan faktor daya sistem berbeda. Faktor daya minimal yang harus dipenuhi oleh beban yang tersambung ke jaringan PLN di Indonesia adalah minimal 0.85 *lagging*. Bagi beban memiliki faktor daya kurang dari 0.85 *lagging* akan dikenakan denda pinalti. Oleh karena itu denda pinalti dapat diturunkan/dihilangkan perlu dipasang kompensasi daya reaktif di sisi beban. Keuntungan lain dari pemasangan

kompensasi daya *reaktif* adalah menurunkan jatuh tegangan (menaikkan tegangan), mengurangi rugi-rugi saluran, manambah penyediaan kapasitas daya (VA). Kapasitor dapat dipasang diterminal beban dan dipusat pengendalian beban.

Faktor daya dapat didefinisikan sebagai perbandingan daya yang menghasilkan kerja (*active power*) dalam satuan *watts* atau *kilowatts* (kW) dengan daya nyata (*apparent power*) dalam satuan volt-ampere atau *kilovolt ampere* (kVA).

$$pf = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \dots\dots\dots 2$$

$$pf = \frac{P}{VI} \dots\dots\dots 3$$

P adalah daya riil atau daya aktif dalam satuan watt (W) atau kilo-watt (kW), sedangkan Q adalah daya reaktif dalam satuan VAR atau kVAR. Bila pengukuran daya dilakukan dalam periode waktu (jam) maka akan didapatkan nilai Wh atau kWh untuk pengukuran daya aktif dan didapatkan nilai VARh atau kVARh untuk pengukuran daya reaktif. Dari sini dapat dihitung faktor daya rata – rata dalam kurun waktu tersebut dengan persamaan

$$PF = \frac{kWh}{\sqrt{kWh^2 + kVarh^2}} \dots\dots\dots 4$$

**Pemilihan Sumber Energi Pensuply Beban Listrik**

***Pembangkit Sendiri***

PLTD merupakan pusat pembangkit litrik tenga diesel yang diletakkan dekat dengan beban. PLTD dapat dapat dijadikan sebagai sumber utama pensuplai energi listrik dan dapat juga sebagai sumber energi cadangan. PLTD yang berfungsi sebagai sumber energi cadangan hanya digunakan jika sumber energi utama mengalami gangguan.

***Langganan PLN***

Langganan PLN dapat langganan tegangan tinggi, tengangan menengah dan tegangan rendah. Untuk langganan tegangan tinggi bisanya untuk beban industri, sehingga pada lokasi industri tersebut didirikan Gardu Induk. Langganan tegangan menengah biasayanya untuk industri, bisnis, dan Sosial. Pelanggan Tegangan menengah membutuhkan sebuah transformator distribusi. Transformator tersebut dapat sewa dengan PLN atau dari

transformator milik pelanggan. Langganan tegangan rendah untuk rumah tangga, bisnis, sosial, dan publik. Transformatornya menggunakan milik PLN. Macam jenis penyambungan pelanggan dengan transformator bermacam – macam Ditilik dari siapa yang menyediakan transformator, serta pada sisi mana pengukuran dan pembatasan dilakukan (apakah pada sisi tegangan menengah atau tegangan rendah), maka ada 3 (tiga) jenis sambungan untuk daya di atas 200 kVA ini. Yaitu: (1) Sambungan TM/TM/TM, (2) Sambungan TM/TM/TR, (3) Sambungan TM/TR/TR

Untuk menentukan besarnya kapasitas transformator yang dipilih hendaknya mengetahui kebutuhan daya maksimum. Besarnya daya maksimum dipengaruhi oleh faktor kebutuhan. Faktor kebutuhan (*Fdm*) didefinisikan sebagai perbandingan antara kebutuhan maksimum dalam sebuah sistem dengan total beban yang terpasang atau terhubung pada sistem tersebut.

$$Fdm = \frac{\text{kebutuhan daya maksimum}}{\text{Total daya terpasang}} \dots\dots 5$$

Langganan PLN sangat tergantung pada besarnya daya yang akan dipasang. UJL adalah Uang Jaminan Langganan, Bp adalah Biaya penyambungan, sedangkan Daya adalah Daya semu yang akan dipasang dalam satuan VA. UJL dan Bp tergantung dari golongan tarif dan besar Daya yang akan dipasang.

**Analisis Ekonomi**

Analisa ekonomi diperlukan untuk mengkaji perubahan atau perbaikan sistem menguntungkan dari segi biaya (*Cost*).

Output analisa ekonomi diharapkan dapat memberikan peluang penghematan energi (PHE) dan penghematan biaya yang dapat diperoleh dari PHE yang direkomendasikan. Pengeluaran biaya akibat sebuah investasi untuk PHE diharapkan dapat memberikan manfaat dan keuntungan. Menurut Degarmo dkk 1997 dalam merancang untuk memenuhi kebutuhan ekonomi dan mencapai operasi yang kompetitif pada organisasi swasta maupun publik tergantung kelayakan faktor teknis dan ekonomis, dengan menggunakan evaluasi proyek dengan FW adalah :

$$F = P [ \frac{F}{P} t, n ] \dots\dots\dots 6$$

$$F = A [ \frac{F}{A} t, n ] \dots\dots\dots 7$$

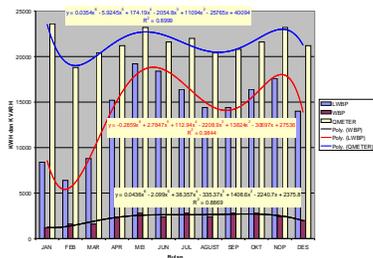
Dengan F= modal pada akhir perioda atau yang akan datang, P= modal pada awal perioda, A = pembayaran tunggal sebagai pembayaran seri

tahunan yang besarnya sama pada akhir,  $i =$  tingkat suku bunga,  $n =$  lama perioda bunga.

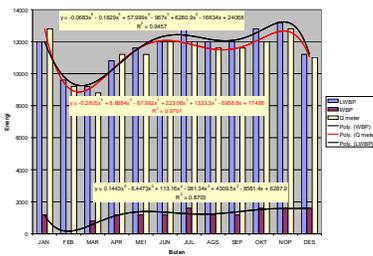
**HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Hasil Penelitian di Kampus Undip Tembalang**

Sumber Energi listrik Kampus UNDIP Tembalang yang berasal dari PT PLN Gardu Induk Sronдол feeder SR-1. Kampus UNDIP Tembalang sebagian besar berangganan S3/TM dan sebagian kecil S2/TR. Dalam Penelitian ini mengambil tempat beban MIPA dan FPIK

Dari data awal Pelanggan listrik kampus UNDIP Tembalang untuk pelanggan S3/TM mendapat denda pinalti yang disebabkan faktor daya beban kurang dari 0.85. Konsumsi energi listrik LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) , WBP (Waktu Beban Puncak), KVARH dan KVARH denda serta faktor daya rata-rata seperti gambar grafik konsumsi energi pada gambar 1 dan 2.

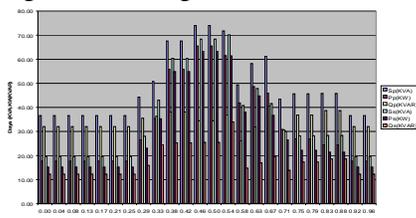


**Gambar 1 Diagram batang Konsumsi energi listrik Fakultas MIPA**

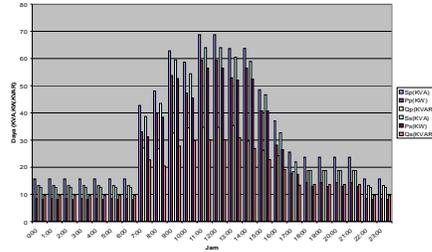


**Gambar 2 Diagram batang Konsumsi energi listrik FPIK, FKM, Psiko**

Dari beban harian diperoleh kurva beba harian seperti gambar 3 dan gambar 4



**Gambar.3 Diagram batang daya hasil pengukuran beban harian Fak MIPA**



**Gambar 4 Diagram batang daya hasil pengukuran beban harian FPIK, FKM, Psiko**

Beban setiap gedung dikelompokkan sesuai dengan kelompok langganan menjadi total daya beban. Kebutuhan daya maksimum langganan adalah total daya beban dikalikan faktor kebutuhan 0.7 (Sulasno, 2003 dan Masyar, 2003). Dengan memperhatikan cadangan menurut Warsito A, 1983 dengan metoda kemungkinan sama dengan 15 – 25 % dari peramalan beban puncak dan dalam hal ini diambil asumsi cadangan yang diambil 20% akan diperoleh total daya terpasang langgan

Dari Data pengukuran beban harian diperoleh daya beban puncak (kVA) dengan cadangan diasumsikana 20 % maka diperoleh kebutuhan daya langganan Fakultas MIPA berpeluang untuk berubah dari 345 kVA S3-TM ke 197 kVA S2-TR. Dengan perubahan dari langganan TM ke langganan TR pemakaian KVARH tidak diperhitungkan, sehingga biaya denda pinalti tidak ada. Dengan data konsumsi energi tahun 2005 dengan langganan 345 kVA S3-TM biaya listrik setahun Rp 263.233.840,00 dan dengan berubah ke 197 kVA S2-TR biaya listrik setahun 149.219.000,00 sehingga menghasilkan penghematan biaya dalam satu tahun Rp 114.014.840,00 (43,21 %).

Kelompok pelanggan FPIK, FKM, Psiko berpeluang untuk berubah dari 240 kVA S3-TM ke 105 S2-TR. Dengan perubahan dari langganan TM ke langganan TR pemakaian KVARH tidak diperhitungkan, sehingga biaya denda pinalti tidak ada. Dengan data konsumsi energi dengan langganan 240 kVA S3-TM biaya listrik setahun Rp 160.198.648,00 dan dengan berubah ke 105 kVA S2-TR biaya listrik setahun 100.254.000,00 sehingga menghasilkan penghematan biaya dalam satu tahun Rp 59.944.648,00 (37,42%).

Selain Peluang perubahan langganan juga penggabungan beban Fakultas Perikanan dan Kelautan, F Kesehatan Masyarakat dan F Psikologi akan memberikan penghematan biaya listrik setiap bulannya.

### **KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penurunan langganan PLN sebagai alternatif efisiensi pemakaian energi listrik untuk F MIPA dari 345 KVA menjadi 197 KVA dan Penurunan langganan F PIK, F KM, F Psikologi dari 240 KVA menjadi 131 KVA.
2. Penggabungan lagganan beban listrik F KM, FPIK, dan F Psikologi dengan F MIPA dengan langganan 345 KVA dan Langganan FPIK, FKM, FPsikologi untuk Fakultas Kedokteran.

### **DAFTAR RUJUKAN**

Butarbutar, Abdul Hakim, 2000, *Manajemen Faktor Daya di Industri, Energi*, Yogyakarta

Endro, Herman, 2003, *Teknik Penghematan Energi Pada System Pencahayaan*, Bagian Proyek Pelaksanaan Efisiensi Energi DEPDIKNAS. Jakarta

DeGarmo Paul E Sulllivan GW Bontadelli A J & Wicks M Elin, 1997 *Engineering Economy*, Tenth Edition, Prentice Hall

Hasen, Christopher Joshin & John Bower, 2003, *An Economic Evaluation of small scale Distributed Electricity Generation technologies*, Oxford Institute.

Hasan, M Igbal Ir, MM, 2002, *Statistik 2*, PT Bumi Aksara, Jakarta

Koomey, Jonathan, Arthur H Rosenfeld, Ashok Gadgil, 1990, *Conservation screening curves to compare efficiency investments to power plants : applications to commercial sector conservation programs, proceedings ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings* Asiloma.

Karnoto, Tarsiah S Hardiono, Agung Warsito, 2003, *Sosialisasi dan Evaluasi diri Konservasi Energi Universitas Diponegoro tahun 2003*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro,

Mardira, Karl ,1998, *Demand Side Management Power Audit at St Lucia Campus*, University Queensland

Maulana Agus, 2003, *Teknik penghematan energi pada system AC* , Bagian Proyek Pelaksanaan Efisiensi Energi DEPDIKNAS. Jakarta

Mahmudsyah, Syariffudin ,Akhmad Fajar Ridlo, 2000, *Implementasi Demand side management untuk Opimalisasi istem beban listrik PT PLN Distribusi Wilayah Jawa Timur, SSTE -1*, Bandung

Marapung, Muslimin, Ir, 1979 *Teori dan Penyelesaian Soal-Soal Teknik Tenaga Listrik*, Armico, Bandung.

Rustandi, Iwan , 2003, *Audit Energi Gedung Perkantoran* , Bagian Proyek Pelaksanaan Efisiensi Energi DEPDIKNAS. Jakarta

Stigant, Austin, A.C Franklin, *The J & Ptransformer Book*, 10<sup>th</sup> edition, Butterworths Group, Great Britain, 1973

Syofyan, Syawaludin, 2003, *Kebijakan tariff dasar listrik dan Demand Side Management* , Bagian Proyek Pelaksanaan Efisiensi Energi DEPDIKNAS. Jakarta

Sulasno, 2001, *Teknik dan sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Badan Penerbit UNDIP Semarang, Semarang,

Sulistiyo, Totok , 2003, *Teknik Penghematan pada peralatan kantor dan peralatan listrik lainnya*, Bagian Proyek Pelaksanaan Efisiensi Energi DEPDIKNAS. Jakarta

Turiel Isaac, Benoit lebot, Mc Collister george, Susan Alexander , 1998, *Compact Commercial sector demand side management impact assessment*, Lawrence Berkeley Laboratory

Wijaya, Johar, 2005, *Evaluasi penggunaan lampu Flouresen jenis TL dalam rangka konservasi energi pada system pencahayaan gedung fakultas teknik Universitas Diponegoro* , Semarang

Wong, Hon Kwok, 2001, *Application of Overall Energy Approach in Building Design*, Hongkong

..... , Standar Tata cahaya Perencanaan Teknis Konservasi Energi Bangunan Gedung, Dept. PU Yayasan LPMB, Bandung,