

ANALISIS BESAR POTENSI PENGHEMATAN ENERGI PADA KASUS KELISTRIKAN RUMAH TANGGA YANG MENERAPKAN SISTEM MANAJEMEN ENERGI MODEL ON-DEMAND

Aripriharta, Budi Rahardjo

Abstrak: Pada kasus sistem kelistrikan rumah tangga, teknik *demand-side management* (DSM) untuk penghematan energi elektrik masih belum optimal. Model *on-demand* menawarkan solusi untuk optimalisasi penghematan energi dengan mengadopsi teknologi *automation* untuk pengendalian sistem kelistrikan rumah tangga. Untuk pemakaian peralatan listrik pada semua kelompok uji diperoleh data bahwa pemakaian energi listrik termasuk dalam kategori boros (tidak hemat), artinya telah terjadi pemakaian energi listrik berlebihan akibat pola konsumsi energi listrik yang kurang baik dan ketidaktepatan dalam pemilihan peralatan listrik yang digunakan. Besar energi listrik yang dipakai setiap bulan oleh pelanggan rumah tangga yang belum menerapkan model *on-demand* untuk kategori R-450 VA dan kategori R-900 VA pada pengujian terbatas terbilang boros karena melebihi level yang dianjurkan. Besar potensi energi listrik yang dapat dihemat oleh pelanggan rumah tangga yang menerapkan model *on-demand* untuk kategori R-450 VA dan R-900 VA berada pada level yang signifikan. Besar penghematan biaya beban energi listrik rata-rata perbulan yang dapat dicapai dengan implementasi model *on-demand* pada manajemen energi listrik di rumah tangga untuk R-450 VA dan R-900 VA mencapai harga yang cukup signifikan.

Kata kunci: energi listrik, model *on-demand*, DSM, hemat energi.

Indonesia telah kehilangan Rp 11,65 triliun pada tahun 2000, karena 200 juta penduduk Indonesia tidak melakukan penghematan energi. Padahal pada tahun tersebut, ada potensi penghematan sebesar 11,13% dari total konsumsi energi. Menurut Agenda 21 Indonesia, sektor energi dan sektor rumah tangga memiliki peluang penghematan hingga 10-30% dari kebutuhan yang ada saat ini, sedangkan sektor industri dan transportasi memberikan kontribusi penghematan yang lebih besar lagi, yaitu 24-30%. Hal ini tergantung metode penghematan energi yang diterapkan. (Elyza, R., 2004:1).

Menurut Coggan, A. D., 2006 metode penghematan energi merupakan bagian dari sistem manajemen dan konservasi energi yang merupakan implementasi dari teknologi *energy management system* (EMS). Khusus untuk energi listrik, industri *automation* telah mengembangkan model *on-demand* sebagai metode manajemen energi listrik. Setiap sistem kelistrikan yang menggunakan

model *on-demand*, memungkinkan konsumen untuk memajemen pemakaian peralatan listrik sesuai kehendaknya, dengan syarat selalu konsisten dalam berada koridor *energy saving*.

Pada kasus sistem kelistrikan rumah tangga, teknik *demand-side management* (DSM) untuk penghematan energi elektrik masih belum optimal. Faktor *human error* sangat berpengaruh pada kesuksesan program DSM. Pada kasus ini, teknik DSM masih menggunakan cara tradisional, yakni dengan menerapkan tip – tip hemat energi yang dianjurkan oleh pemerintah dan perusahaan listrik negara (PLN). Model *on-demand* menawarkan solusi untuk optimalisasi penghematan energi dengan mengadopsi teknologi *automation* untuk pengendalian sistem kelistrikan rumah tangga. Faktor *human error* dapat direduksi menjadi 0 %. Penghematan energi yang dapat dicapai dengan implementasi model *on-demand*

pada kasus sistem kelistrikan rumah tangga diperkirakan dapat mencapai nilai diatas 30%.

Kasus pelanggan listrik dengan golongan tarif R-450 VA, memiliki batas maksimum pemakaian listrik selama satu bulan (30 hari) dapat mencapai $= 450 \times 24 \text{ jam} \times 30 \text{ hari} / 1000 = 324$ kilo Watt hour (kWh). Praktisnya, memang tidak mungkin pemakaian energi listrik oleh pelanggan tersebut mencapai 324 kWh (100 %) perbulannya. Ada faktor lain yang sangat mempengaruhi besarnya pemakaian energi listrik, yakni pola manajemen energi (EMS) pada masing-masing rumah. Sebagai contoh, misal sebuah pelanggan rumah tangga, golongan tarif R-450 VA, mengkonsumsi energi listrik rata-rata 60 % dari batas maksimumnya. Artinya rumah tersebut memiliki beban tagihan listrik sebesar 194,4 kWh (mencapai blok III). Berdasarkan tarif dasar listrik (TDL) 2003 untuk golongan tarif R-450 VA harus membayar biaya beban sebesar Rp. 87.792,00.

Estimasi awal penghematan energi listrik dengan implementasi model *on-demand* memiliki potensi menghemat pemakaian energi listrik sampai 30%. Estimasi yang sama juga berlaku pada pelanggan golongan tarif rumah tangga yang lainnya, yakni: R-900 VA. Ada tiga (3) masalah pokok yang menjadi fokus penelitian yang dirumuskan sebagai berikut: (a) berapakah besar energi listrik yang dipakai setiap bulan oleh pelanggan rumah tangga yang belum menerapkan model *on-demand* ? (b) berapakah besar potensi energi listrik yang dapat dihemat oleh pelanggan rumah tangga yang menerapkan model *on-demand* ? (c) berapakah besar penghematan biaya beban energi listrik rata-rata perbulan yang dapat dicapai dengan implementasi model *on-demand* pada manajemen energi listrik di rumah tangga?

Pemakaian Energi Elektrik pada Sistem Kelistrikan Rumah Tangga

Penggunaan peralatan listrik di era modern sekarang ini semakin luas dan beragam, mencakup industri berat sampai rumah tangga. Peralatan listrik rumah tangga pada umumnya sudah dirancang untuk pemakaian listrik yang efisien/ hemat, namun dalam prakteknya masih ditemukan pemborosan energi listrik. Hal ini dapat terjadi antara lain karena penggunaan peralatan dengan cara yang kurang tepat. (Irfan, 2006: 1).

Listrik adalah sarana penting untuk menunjang pembangunan yang berkelanjutan. Di Indonesia, rasio elektrifikasi yang baru mencapai 53% menunjukkan tanda adanya ancaman krisis listrik di masa depan apabila sektor ketenagalistrikan di Indonesia tidak dikelola dengan baik. Saat ini, sektor ketenagalistrikan Indonesia masih didominasi oleh pembangkit berbahan bakar fosil. Porsi energi terbarukan masih kurang dari 5%, sangat jauh dari potensi yang kita miliki. Di sisi lain, penggunaan listrik di Indonesia masih didominasi oleh sektor rumah tangga di kota-kota besar dan sektor industri di kawasan industri tertentu.

PT PLN mulai mengkampanyekan program-program untuk hemat energi listrik yang harus diproduksinya. Salah satunya adalah mengkampanyekan program lampu hemat energi ke rumah tangga kecil, yakni R-450 VA dan 900 VA. Sasaran diarahkan pada kelompok pelanggan ini karena jumlah pelanggan ini yang paling banyak, yakni mencapai 18 juta pelanggan. Pada hal, pelanggan listrik golongan tarif tersebut hanya menggunakan listrik pada sore hari, yakni pada saat beban puncak. (Kurniasih, A. S., 2005: 2).

Upaya penghematan energi se-lama setahun pasca Inpres nomor 10 tahun 2005 masih belum optimal, sehingga

program demand side management (DSM) masih harus ditingkatkan. Program penghematan energi membutuhkan kesadaran masyarakat sekaligus peran masyarakat sebagai pelanggan utama. Salah satu upaya yang dapat memaksimalkan DSM adalah model on-demand. Sebagai contoh, sebuah data pelanggan golongan tarif R-450 VA dapat menghemat pemakaian sampai 30 %, yakni 58,32 kWh. Setiap tahun penghematan mencapai 1399,68 kWh. Bila ada seribu (1000) pelanggan, maka PLN dapat melakukan penghematan energi listrik sampai mencapai 1,399 MWh/ tahun. Ini berarti dapat menghemat 0,858 setara barel minyak (SBM).

Selain faktor biaya dan krisis energi, listrik juga merupakan sumber emisi CO₂ terbesar yang diciptakan oleh manusia. Pembangkit tenaga listrik berbahan bakar fosil menyumbang sekitar 37 persen dari tingkat emisi CO₂ di seluruh dunia. Peralihan ke sumber energi baru dan terbarukan menjadi langkah yang sangat strategis untuk menyikapi hal ini.

Jepang adalah salah satu Negara yang sangat serius melakukan efisiensi di sektor energi. Melalui peraturan perundang-undangannya, Jepang berhasil mewajibkan teknologi dan industrinya memenuhi standar efisiensi energi, bahkan mulai diberlakukan larangan bagi alat-alat yang tidak bisa mencapai standar tersebut (Yuliarto, 2006: 1-2).

Indonesia tidak memiliki landasan kebijakan strategi konservasi energi yang kuat. Hal ini ditandai dengan ketiadaan Undang-Undang Energi. Saat ini kita hanya memiliki beberapa peraturan yang mengatur konservasi energi seperti Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006 Tentang Kebijakan Energi Nasional. Kalau ditinjau dari teori

perundang-undangan dan keberlakuan hukum (*gelding van het recht*), maka peraturan energi yang ada saat ini memiliki banyak kelemahan dan ketidakjelasan dalam hirarki peraturan perundang-undangan. Keberadaan Undang-Undang Energi adalah keniscayaan bagi pengembangan kebijakan, pengelolaan, konservasi dan kelembagaan energi yang kokoh.

Cara yang paling mudah adalah dengan menggunakan daya listrik sesuai dengan kebutuhan sehari-hari. Pada keluarga kecil dengan satu anak hanya memerlukan peralatan elektronika sederhana dengan kebutuhan minimal, daya 450 VA sudah cukup dipakai. Semakin besar daya listrik yang digunakan, semakin tinggi biaya yang dikeluarkan. Tak jarang pelanggan sudah terlalu berat membayar daya listrik saja padahal pemakaian listrik sehari-hari hanya sedikit. Besar daya listrik yang digunakan tergantung dari kebutuhan pelanggan. Pemilihan jenis peralatan rumah tangga, khususnya peralatan elektronik harus tepat dan sesuai dengan kebutuhan. Bila memungkinkan, pemakaian energi listrik sebaiknya dapat menambah penghasilan keluarga dengan kegiatan produktif.

Suatu contoh dari penerapan hemat energi di instansi perlampuan lapangan udara Frankfurt Jerman memberi hasil yang signifikan, yakni: 10 % dari seluruh daya listrik dibutuhkan untuk penerangan. Ada 300.000 buah lampu fluoresen dan 25.000 buah lampu jenis halogen. Selama 10 tahun telah dipasang 50.000 buah balas elektronik yang menghasilkan hemat energi antara 23 % dan 37 %, sehingga biaya investasi yang tinggi dapat dilunasi dalam periode 1 sampai 2 tahun. Selain itu, rentang hidup (umur pakai) dari lampu-lampu yang dilengkapi dengan balas elektronik, dalam operasi terus-menerus

(nyala) dapat dinaikkan dari kira-kira 3.500 jam menjadi 24.000 jam. Penggunaan peralatan komputer sebagai alat bantu juga dapat menambah rasio kenaikan hemat energi. Komputer dapat menghitung jangka waktu penyalaan dari tiap-tiap lampu, interval-interval perawatan mengganti lampu-lampu (*replacement periode*).

Model *On-Demand* pada Manajemen Energi Listrik

Teknologi manajemen energi listrik untuk bangunan rumah tangga (residensial) lebih sederhana bila dibandingkan dengan manajemen energi untuk bangunan nonresidensial. Manajemen energi listrik adalah suatu cara atau metode untuk mengelola pemanfaatan energi listrik agar mencapai tingkat penghematan yang tinggi tanpa mengurangi kenyamanan konsumennya.

Metode penghematan energi merupakan bagian dari sistem manajemen dan konservasi energi yang merupakan implementasi dari teknologi *energy management system* (EMS). Khusus untuk energi listrik, industri *automation* telah mengembangkan model *on-demand* sebagai metode manajemen energi listrik. Setiap sistem kelistrikan yang menggunakan model *on-demand*, memungkinkan konsumen untuk memajemen pemakaian peralatan listrik sesuai kehendaknya, dengan syarat selalu konsisten dalam berada koridor *energy saving*.

Program DSM dapat dilaksanakan dengan tepat bila terdapat saling pengertian yang baik antara pelanggan dan perusahaan listrik sehingga dapat diperoleh efisiensi pemakaian sumber daya dan perbaikan pelayanan pelanggan. Untuk itu hal pertama yang dilaksanakan oleh perusahaan listrik adalah mendata dengan baik pola konsumsi pelanggan. Hal ini dapat

dilakukan dengan melakukan survey segmentasi karakteristik pelanggan.

Demand side Management pada dasarnya merupakan kegiatan/strategi yang dilaksanakan oleh perusahaan listrik untuk mengelola sisi demand melalui berbagai program seperti *energy conservation, peak clipping, load shifting, flexible load management, vally filling dan load building*.

Sebelum memilih program DSM yang tepat untuk dilaksanakan, perusahaan listrik terlebih dahulu mengidentifikasi masalah yang telah terjadi dan yang akan terjadi di masa mendatang agar diperoleh manfaat yang paling maksimal. Masalah yang akan datang dapat diidentifikasi melalui prakiraan kebutuhan tenaga listrik. Beberapa pembatas di sektor tenaga listrik yang sering menjadi perhatian adalah:

Biaya bahan bakar yang tinggi untuk pembangkit dengan bahan bakar fosil atau level cadangan air yang rendah untuk pembangkit hidro;

Kekurangan kapasitas pembangkit pada saat beban puncak; Keterbatasan jaringan transmisi; Tingkat emisi untuk lingkungan; Kerugian pendapatan disebabkan tarif *uniform* pada sistem terisolasi; Kerugian pendapatan disebabkan oleh masalah pembacaan pengumpulan dan meter; Kewajiban untuk memenuhi kebijakan pemerintah agar efisien pada pemakaian dari sumber daya yang ada.

Dalam merencanakan penerapan DSM perlu ditetapkan dan dikaji secara mendalam antara memenuhi beban puncak sistem dengan menambah kapasitas pembangkit atau mengurangi beban puncak sistem dengan melaksanakan DSM. Kajian dilaksanakan untuk membandingkan pembiayaan dan keuntungan yang akan diperoleh dengan menerapkan alternatif *supply-side* dan *demand side*. Pemilihan alternatif tersebut juga terkait

erat dengan tujuan dari perusahaan listrik yaitu: keandalan suplay, biaya produksi yang rendah, akses ke sistem ke-listrikan, penggunaan teknologi terbaru, tidak tergantung dari minyak, dan pengurangan dampak lingkungan.

Seperti telah disinggung di atas, pemilihan program DSM harus tepat dan disesuaikan dengan tujuan perusahaan dan telah dilakukan kajian yang mendalam. Bebe-rapa program DSM dan strategi pemilihan DSM yang tepat adalah sebagai berikut:

Energy conservation program, bertujuan untuk mengurangi konsumsi energi konsumen dan kebutuhan tenaga listrik secara keseluruhan.

Peak clipping program, bertujuan untuk mengurangi beban puncak. *Load shifting program*, bertujuan untuk menggeser demand pelanggan keluar dari periode beban puncak ke dalam periode luar beban puncak.

Flexible load management program, membolehkan pemadaman atau pengurangan demand pelanggan utama (*key customers demand*) untuk memperbaiki fleksibilitas dengan menyesuaikan penyediaan kapasitas pembangkit dengan demand pelanggan.

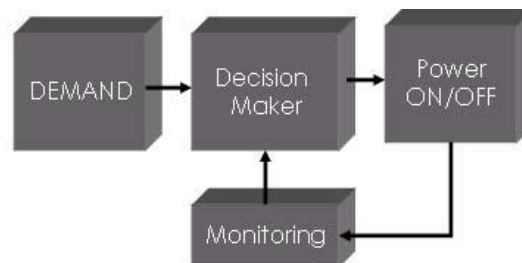
Valley filling program, bertujuan untuk membangun beban selama periode luar beban puncak.

Load building program, bertujuan meningkatkan konsumsi pelanggan dan *demand* tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada kasus sistem kelistrikan rumah tangga, teknik *demand-side management* (DSM) untuk penghematan energi elektrik masih belum optimal. Faktor *human error* sangat berpengaruh pada kesuksesan program DSM. Pada kasus ini, teknik DSM masih menggunakan cara tradisional, yakni dengan menerapkan tip – tip hemat energi yang dianjurkan oleh pemerintah dan perusahaan listrik negara (PLN).

Model *on-demand* menawarkan solusi untuk optimalisasi penghematan energi dengan mengadopsi teknologi *automation* untuk pengendalian sistem kelistrikan rumah tangga. Faktor *human error* dapat direduksi menjadi 0 %. Penghematan energi yang dapat dicapai dengan implementasi model *on-demand* pada kasus sistem ke-listrikan rumah tangga diperkirakan dapat mencapai nilai diatas 30%.

Penghematan energi sekaligus biaya diperoleh dengan metode *on-demand*, yakni: 18 % reduksi total pemakaian energi listrik tersebut diperoleh dari penghematan pemakaian untuk penerangan, 3% penghematan dari pemakaian listrik untuk AC, lemari es, kipas angin, 2 % penghematan dari pemakaian listrik untuk pemanas, 7 % dari pemakaian listrik untuk televisi, radio, komputer, dan peralatan hiburan lainnya. Hal ini dapat dilakukan dengan menerapkan alur manajemen energi model *on-demand* berikut ini,



Gambar 1 Manajemen energi model *on-demand*

Pada Gambar 1 terlihat bahwa ada empat elemen yang menyusun model *on-demand*, yakni:

Demand. *Demand* merupakan kebutuhan akan peralatan listrik yang akan digunakan.

Decision Maker. Elemen ini merupakan peralatan pengambil keputusan. Keputusan yang diambil berkaitan dengan pertimbangan jenis kebutuhan, lama pemakaian suatu peralatan listrik, kalkulasi daya (kWh) yang akan dihabiskan, *setting timer*

(pewaktu), penghematan energi. Berdasarkan persamaan 1 dan 2 diperoleh bahwa:

Semakin besar energi listrik yang dikonsumsi oleh suatu peralatan listrik tergantung kepada besarnya daya listrik nominal peralatan tersebut,

Semakin lama suatu peralatan elektrik digunakan maka akan semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan, semakin besar energi listrik yang diserap oleh peralatan listrik, maka semakin besar pula nilai rupiah yang harus dibayarkan setiap bulannya,

Power ON/OFF. Elemen ini merupakan elemen proses. Proses akan dilaksanakan apabila elemen pengambil keputusan telah memberikan informasi tentang data *de-mand* dari suatu peralatan listrik.

Monitoring. Elemen ini disertai dengan analisis dan pemantauan pemakaian peralatan elektrik, memberikan informasi berupa peringatan akan pemakaian yang berlebih (boros), sehingga *decision maker* akan mengkalkulasi ulang berdasarkan informasi yang dipantau tersebut. Pola konsumsi energi elektrik yang tidak hemat (boros) dalam model *on-demand* didefinisikan sebagai berikut:

Untuk kategori R-450VA, bila terjadi pemakaian di atas 55,29 kWh/bln (1/4 pemakaian penuh rata-rata 450VA perbulan)

untuk kategori R-450VA, bila terjadi pemakaian di atas 146,23 kWh/bln (1/3 pemakaian penuh rata-rata 900VA perbulan)

Apabila setiap pelanggan listrik di Indonesia memajemen energinya menggunakan model *on-demand*, maka secara tidak langsung turut berperan serta dalam menghemat energi.

Kerangka Berpikir

Penghematan pemakaian energi listrik sangat berpengaruh pada

pola konsumsi energi tersebut. Selain faktor kebiasaan yang tidak hemat, juga terpengaruh terhadap pemilihan jenis peralatan listrik dan jenis peralatan penghemat energi. Ada dua cara untuk menghemat energi listrik, yakni:

Menggunakan peralatan listrik dalam range waktu yang efektif. Range waktu yang efektif berarti memakai peralatan listrik jika diperlukan saja, dan pada saat tidak diperlukan peralatan tersebut harus dimatikan, dihindari *mode sleep*, menggunakan perangkat penghemat energi listrik yang berstandar ISO, atau standar minimal standar nasional Indonesia, contohnya *ENERGY STAR*.

Pola konsumsi energi elektrik yang tidak hemat (boros) dalam model *on-demand* didefinisikan sebagai berikut:

Untuk kategori R-450VA, bila terjadi pemakaian di atas 55,29 kWh/bln (1/4 pemakaian penuh rata-rata 450VA perbulan)

Untuk kategori R-450VA, bila terjadi pemakaian di atas 146,23 kWh/bln (1/3 pemakaian penuh rata-rata 900VA perbulan)

Apabila setiap pelanggan listrik di Indonesia memajemen energinya menggunakan model *on-demand*, maka secara tidak langsung turut berperan serta dalam menghemat energi.

Pengajuan Hipotesis

Ada beberapa hipotesis kerja yang diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan – persamaan dalam telaah pustaka penelitian ini, yaitu: (1) total rata-rata biaya energi listrik yang dipakai setiap bulan oleh pelanggan rumah tangga yang menerapkan model *on-demand* dihemat sampai 30 %, (2) total rata-rata kWh/tahun energi listrik yang dipakai setiap bulan oleh pelanggan rumah tangga yang menerapkan model *on-demand* dapat dihemat sampai ke level 30 %

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan para-digma sebagai berikut,

Area	Kategori	
	R-450 VA	R-900 VA
Bareng	10	10
Kotalama	10	10
Total	20	20

Tabel 1 Metode eksperimen

Golongan Tarif	Kelompok	Pra-tes	Perlakuan	Pasca-tes
R-450 VA	A	O1	X1	O2
R-900 VA	B1	O1	X1	O2

Keterangan: Perlakuan (X1) disini berarti bagian dari analisis dengan mengubah nilai variabel penelitian sesuai standar pola manajemen energi listrik model *on-demand*. Sedangkan O1 merupakan observasi pemakaian energi listrik sebelum treatment (X1) dan O2 merupakan observasi pemakaian energi listrik sesudah treatment (X1).

Penelitian ini dilakukan berdasarkan prosedur berikut ini:

Pemilihan sampel. Sampel diambil berdasarkan dua kategori golongan tarif, yakni R-450 VA dan R-900 VA. Populasi sampel diperoleh dari hasil surveil beberapa daerah di kota Malang, yakni: Bareng, dan Kotalama. Dari kedua area tersebut, masing-masing dipilih secara random 10 rumah tangga sebagai perwakilan populasi (sampel) untuk masing-masing kategori golongan tarif. Total sampel yang digunakan adalah 40 sampel, dengan rincian seperti Tabel di bawah ini:

Tabel 2 Populasi dan Sampel Penelitian

Penyusunan Instrumen penelitian. Instrumen penelitian berupa angket, yang disebarakan kepada

responden (sampel). Angket tersebut (Lampiran) berisi pertanyaan tentang jumlah, jenis dan waktu pemakaian peralatan listrik yang digunakan setiap bulannya. Pertanyaan juga meliputi tentang metode manajemen energi yang digunakan. Instrumen ini digunakan untuk menghasilkan data pemakaian energi listrik rata-rata perbulan dari konsumen rumah tangga yang tidak menerapkan model *on-demand*.

Teknik pengumpulan data. Hasil instrumen diolah secara kuantitatif untuk mencari nilai rata-rata perbulan dari konsumen rumah tangga. Hasilnya dipakai sebagai hasil observasi awal yang akan dicapai selisihnya dengan hasil observasi setelah treatment.

Teknik analisis data. Data di analisis dengan melakukan postes (simulasi) model *on-demand* (O2). Hasilnya kemudian dikurangi dengan O1 untuk melihat potensi penghematan energi yang dapat dicapai (dalam %). Uji yang dilakukan terhadap sampel semuanya dilakukan menggunakan *software* simulasi kelistrikan rumah tangga (*metering calculator*). Hasil pengujian dan analisa data dibandingkan dengan hipotesis untuk mengetahui jawaban dari masalah yang telah dirumuskan sebelumnya.

Interpretasi Hasil Penelitian

Data hasil survei R-450 VA (O1) dikelompokkan menjadi tiga kategori pengelompokkan berdasarkan jenis kebutuhan, sebagai berikut,

Tabel 3 Hasil survei *demand* energi listrik R-450 VA

Kebutuhan (<i>demand</i>)	N	Rata (kWh/bln)	Std ((kWh/bln)
Penerangan	20	19.15	2.89
Fasilitas RT	20	30.76	3.37
Hiburan	20	15.90	2.47
Total	20	65.81	6.19

Data survei *demand* energi listrik untuk 20 sampel R-450 VA menunjukkan bahwa pengeluaran rata-rata dalam memenuhi kebutuhan energi listrik untuk penerangan sebesar 19,15 kWh/bln. Pengeluaran rata-rata dalam memenuhi kebutuhan energi listrik untuk fasilitas RT sebesar 30,76 kWh/bln, dan untuk hiburan rata-ratanya mencapai 15,90 kWh/bln. Total pengeluaran R-450 VA secara rata-rata mencapai 65,81 kWh/bln dengan standar deviasi mencapai 6,19 kWh/bln.

Data hasil survei R-900 VA (O2) juga dikelompokkan menjadi tiga kategori pengelompokkan berdasarkan jenis kebutuhan, sesuai Tabel 4 berikut,

Tabel 4. Hasil survei *demand* energi listrik R-900 VA

Kebutuhan	N	rata	std
Penerangan	20	11.43	1.07
Fasilitas RT	20	3.36	0.32
Hiburan	20	4.96	0.47
Total	20	19.74	1.86

Data survei *demand* energi listrik untuk 20 sampel R-900 VA menunjukkan bahwa pengeluaran rata-rata dalam memenuhi kebutuhan energi listrik untuk penerangan sebesar 65,51 kWh/bln. Pengeluaran rata-rata dalam memenuhi kebutuhan energi listrik untuk fasilitas RT sebesar 30,76 kWh/bln, dan untuk hiburan rata-ratanya mencapai 54,39 kWh/bln. Pengeluaran keseluruhannya mencapai 225,13 kWh/bln dengan standar deviasi 21,17 kWh/bln.

Analisis Hasil Penelitian R-450 VA

Pengeluaran tertinggi disebabkan oleh pemakaian fasilitas RT dengan rata-rata perbulan mencapai 27,41 kWh dengan standar deviasi perbulan mencapai 3,09 kWh. Pengeluaran untuk

penerangan berada pada posisi kedua dengan rata-rata perbulan mencapai 10,94 kWh dengan standar deviasi perbulan mencapai 2,33 kWh. Pengeluaran terkecil terjadi dalam rangka memenuhi kebutuhan hiburan dengan rata-rata perbulan mencapai 7,72 kWh dengan standar deviasi perbulan mencapai 2,33 kWh. Jadi besar pengeluaran total dengan metode manajemen energi model *on-demand* untuk kategori R-450 VA secara rata-rata mencapai 46,08 kWh/bln dengan standar deviasi mencapai 4,33 kWh/bln.

Selisih antara pengeluaran energi sebelum dan sesudah treatment diperoleh hasil sebagai berikut,

Pada Gambar 2 besarnya potensi penghematan pemakaian energi listrik pada sistem kelistrikan rumah tangga untuk kategori R-450 VA berdasarkan Tabel 6 pengeluaran tertinggi disebabkan oleh pemakaian penerangan dengan rata-rata perbulan mencapai 11,43 kWh atau 17,36 % dengan standar deviasi perbulan mencapai 1,07 kWh.

Tabel 5 Selisih *demand* energi listrik untuk R-450 VA

Kebutuhan (<i>demand</i>)	N	Rata (kWh/bln)	Std ((kWh/bln)
Penerangan	20	65.51	9.88
Fasilitas RT	20	105.24	11.53
Hiburan	20	54.39	8.44
Total	20	225.13	21.17

Tabel 6. Prosentase Penghematan Energi Listrik R-450 VA

Kebutuhan	N	rata(%)
Penerangan	20	17.36
Fasilitas RT	20	5.10
Hiburan	20	7.53
Total	20	29.99

Penghematan untuk hiburan berada pada posisi kedua dengan rata-rata perbulan mencapai 5,74 kWh atau 7,53

% dengan standar deviasi perbulan mencapai 0,87 kWh. Pengeluaran terkecil terjadi dalam rangka memenuhi kebutuhan fasilitas RT dengan rata-rata per-bulan mencapai 4,77 kWh atau 5,10% dengan standar deviasi per-bulan mencapai 0,74 kWh. Jadi be-sar pengeluaran total dengan me-tode manajemen energi model *on-demand* untuk kategori R-450 VA secara rata-rata mencapai 19,74 kWh/bln atau 29,99 % dengan standar deviasi mencapai 1,86 kWh/ bln.

Potensi penghematan penge-luaran untuk bea beban rata-rata perbulan ditampilkan pada Tabel 7 berikut ini.

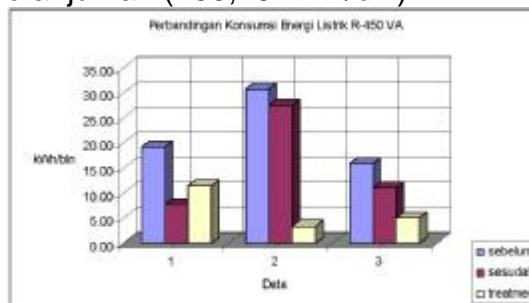
Tabel 7 Prosentase Penghematan Bea Beban Energi Listrik R-450 VA

Kebutuhan	N	Rata
Penerangan	20	7.426,26
Fasilitas RT	20	2.181,68
Hiburan	20	3.221,18
Total	20	12.829,12

Perhitungan dengan software PLN menunjukkan data penghematan sebesar Rp.12,829,12 perbulan untuk kategori R-450 VA. Ini me-rupakan angka yang cukup sig-nifikan. Selain itu dengan model *on-demand* nilai pemakaian kWh/bln berada dibawah kategori boros ($46,08 < 55,29$ kWh/bln). Hal ini juga berarti bahwa sebelum mengguna-kan model *on-demand* pemakaian energi pada kategori R-450 VA terbilang boros, karena melebihi batas pemakaian yang dianjurkan ($65,87$ kWh/bln $> 55,29$ kWh/bln).

Penggunaan manajemen energi dengan model *on-demand* sangat efektif diterapkan pada kategori R-450 VA (dalam lingkup ujicoba terbatas) karena dapat menghemat konsumsi energi listrik sekaligus menghemat pengeluaran perbulan untuk bea beban. Selain itu

penerapan model *on-demand* pada kategori R-450 VA secara signifikan menggeser tingkat kon-sumsi energi listrik rata-rata per-bulan pada level yang dianjurkan ($<55,29$ kWh/bln).



Gambar 2. Statistik selisih konsumsi energi listrik berdasarkan tipe *demand*

R-900 VA

Pengeluaran tertinggi dise-babkan oleh pemakaian fasilitas RT dengan rata-rata perbulan mencapai 93,76 kWh dengan standar deviasi perbulan mencapai 10,56 kWh. Pe-ngeluaran untuk penerangan berada pada posisi kedua dengan rata-rata perbulan mencapai 37,44 kWh de-ngan standar deviasi perbulan men-capai 7,96 kWh. Pengeluaran ter-kecil terjadi dalam rangka meme-nuhi kebutuhan hiburan dengan rata-rata perbulan mencapai 26,42 kWh dengan standar deviasi per-bulan mencapai 3,68 kWh. Jadi be-sar pengeluaran total dengan meto-de manajemen energi model *on-demand* untuk kategori R-900 VA secara rata-rata mencapai 157,61 kWh/bln dengan standar deviasi mencapai 14,82 kWh/bln.

Selisih antara pengeluaran ener-gi sebelum dan sesudah treatmen diperoleh hasil sebagai berikut,

Tabel 8. Selisih *demand* energi listrik untuk R-900 VA

Kebutuhan	N	rata	std
Penerangan	20	39.08	3.68
Fasilitas RT	20	11.48	1.08
Hiburan	20	16.95	1.59
Total	20	67.52	6.35

Tabel 9. Prosentase Penghematan Energi Listrik R-900 VA

Kebutuhan	N	Rata
Penerangan	20	25403.83
Fasilitas RT	20	7463.11
Hiburan	20	11019.06
Total	20	43.885,99



Gambar 3. Statistik selisih konsumsi energi listrik berdasarkan tipe *demand*

Pada Gambar 3 besarnya potensi penghematan pemakaian energi listrik pada sistem kelistrikan rumah tangga untuk kategori R-900 VA berdasarkan Tabel 4.8 pengeluaran tertinggi disebabkan oleh pemakaian penerangan dengan rata-rata perbulan mencapai 39,08 kWh atau 17,36 % dengan standar deviasi perbulan mencapai 3,68 kWh. Penghematan untuk hiburan berada pada posisi kedua dengan rata-rata perbulan mencapai 16,95 kWh atau 7,53 % dengan standar deviasi perbulan mencapai 1,08 kWh. Pengeluaran terkecil terjadi dalam rangka memenuhi kebutuhan fasilitas RT dengan rata-rata perbulan mencapai 11,48 kWh atau 5,10% dengan standar deviasi perbulan mencapai 1,59 kWh. Jadi besar pengeluaran total dengan metode manajemen energi model *on-demand* untuk kategori R-900 VA secara rata-rata mencapai 67,52 kWh/bln atau 29,99 % dengan standar deviasi mencapai 6,35 kWh/bln.

Potensi penghematan pengeluaran untuk bea beban rata-rata perbulan ditampilkan pada Tabel 10 berikut ini,

Tabel 10 Prosentase Penghematan Bea Beban Pemakaian Energi Listrik

Kebutuhan	N	Rata
Penerangan	20	25403.83
Fasilitas RT	20	7463.11
Hiburan	20	11019.06
Total	20	43.885,99

Perhitungan dengan software PLN menunjukkan data penghematan sebesar Rp.43.885,99 perbulan untuk kategori R-900 VA. Ini merupakan angka yang cukup signifikan. Model *on-demand* belum dapat menurunkan nilai pemakaian kWh/ bln berada dibawah kategori boros (157.61 kWh/bln > 146,23 kWh/bln). Hal ini juga berarti bahwa setelah menggunakan model *on-demand* pemakaian energi pada kategori R-900 VA tanpa mengurangi Kenyamanan konsumen (model *on-demand*) pada pengujian terbatas masih belum dapat menggeser tingkat konsumsi energi listrik rata-rata perbulan pada level yang dianjurkan (<146,23 kWh/bln)

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah,

Besar energi listrik yang dipakai setiap bulan oleh pelanggan rumah tangga yang belum menerapkan model *on-demand* untuk kategori R-450 VA dan kategori R-900 VA pada pengujian terbatas terbilang boros karena melebihi level yang dianjurkan.

Besar potensi energi listrik yang dapat dihemat oleh pelanggan rumah tangga yang menerapkan model *on-demand* untuk kategori R-450 VA dan R900 VA berada pada level yang signifikan.

Besar penghematan biaya beban energi listrik rata-rata perbulan yang

dapat dicapai dengan implementasi model *on-demand* pada manajemen energi listrik di rumah tangga untuk R-450 VA dan R-900 VA mencapai harga yang cukup signifikan.

Saran

Parameter pola konsumsi energi merupakan parameter atau variabel yang bersifat kualitatif, yang pada penelitian ini diabaikan sebaiknya untuk memperoleh hasil yang lebih baik dapat digunakan untuk penelitian lanjutan. Pengembangan *software* juga penting mengingat audit energi merupakan hal yang bersifat urgen di negara kita bahkan didunia mengingat krisis energi yang makin memuncak.

DAFTAR PUSTAKA

- Bose, B. K., *Modern Power Electronics and AC Drives*, Prentice-Hall, N.J., 2002.
- Coggan, A., D., 2006. "*Intelligent Building With UNIFOR-MAT II*", www.coggan.com/intelligent-building-database.html , didownload 8 maret 2007.
- Elyza, R., 2004. "*Menghemat Energi Pada Industri Perhotelan: Mungkinkah?*", <http://www.pelangi.or.id>, didownload 8 maret 2007.
- Grelet, G., and G. Clerc, *Actionne-urs électriques*, Éditions Eyrolles", Paris, 1997.
- Erickson, Robert W., 2000. "*Fundamentals of Power Electronics. Boulder*": University of Colorado,
- Bradley, D.A. 1995. "*Power Electronics. 2nd Edition*. London" : Chapman & Hall.
- Leung, Joseph B.E . Tanpa tahun. "*Process Control and Electrical Sytem Simulations Using various Math-lab Tools*." NSW : Automation and Power System Group

hatch Associates Pty, Ltd.
Zuhail, 2000. "*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*." Jakarta: PT.Gramedia Pustaka Utama.

- www.wwf.or.id/powerswitch/ , didownload 8 maret 2007.
- www.esdm.go.id/beritaumum.php?news_id=708, didownload 8 maret 2007.
- www.pln.co.id/view/default.asp?f=peltdltb aru, didownload 8 maret 2007.
- www.djlpe.esdm.go.id/modules/website/images/content/7138255821.pdf, didownload 8 maret 2007.
- www.djlpe.esdm.go.id/modules/website/images/content/893369151.pdf, didownload 8 maret 2007.
- www.pln.co.id/simulasi/simulasi_anda.asp, didownload 8 maret 2007.