

ANALISIS POLA BEBAN LISTRIK WILAYAH JAWA TENGAH DAN DIY MENGGUNAKAN STRATEGI *DEMAND SIDE MANAGEMENT (DSM)*

Lukas Santoro^{*)}, Karnoto, and Yuningtyastuti

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}Email : lukassantoro90@gmail.com

Abstrak

Energi listrik merupakan energi yang mudah dikonversi ke bentuk energi lain, sehingga banyak peralatan modern menggunakan listrik sebagai sumber energi. Namun, penggunaan energi listrik oleh pelanggan masih belum optimal, terutama pada malam hari pada waktu beban puncak. Pada waktu beban puncak beban listrik meningkat karena meningkatnya penggunaan peralatan listrik oleh pelanggan, terutama pelanggan sektor rumah tangga. Salah satu cara untuk mengurangi beban puncak adalah memberlakukan manajemen beban di sisi pelanggan (*demand side management*). Penelitian ini membahas pengaruh penerapan program *demand side management (DSM)* terhadap perubahan pola beban, potensi penghematan energi dan keuntungan yang didapatkan secara ekonomi. Analisis difokuskan pada beban rumah tangga berupa lampu dan televisi di wilayah Jawa Tengah dan DIY. Berdasarkan perhitungan dan analisis, dengan penerapan strategi DSM pada lampu dan televisi dapat membuat pola beban listrik lebih rata, dengan peningkatan faktor beban harian rata-rata 8,33%. Potensi penghematan energi diperkirakan sebesar 1.455.861,24 MWh/tahun. Selain itu strategi DSM pada lampu dan televisi juga berpotensi menghasilkan keuntungan secara ekonomi yakni pada tahun ke lima belas menghasilkan NPV sebesar Rp. 7.331.875.520.000,-.

Kata kunci : pola beban, penghematan energi, kriteria investasi, demand side management.

Abstract

Electrical energy is energy that able to be converted to other energy forms, so many modern appliances use electricity as its energy source. However, the use of electrical energy by the customer is still not optimum, especially in the evening at peak load periods. At the peak load period, electrical load increases due to the increased use of electrical appliances by customers, especially the household sector. One method to reduce the peak load by applying load management on the customer side (*demand side management*). This thesis explores the effect of the implementation of *demand side management (DSM)* programs to changes in load pattern, the potency of energy saving and benefit in economic criteria. The analysis was focused on the household load i.e. lamp and television in Central Java and Yogyakarta. Based on the calculation and analysis, the implementation of DSM's strategy on the lamps and televisions can flatten the electrical load pattern more variation, with the increase of average daily load factor of 8.33%. The potency of energy saving is estimated at 1.455.861,24 MWh / year. Moreover, DSM strategy on the lamps and televisions also has the potential to result in economic benefits which in the fifteenth year NPV becomes Rp. 7.331.875.520.000,-.

Keywords: load patterns, energy savings, investment criteria, demand side management.

1. Pendahuluan

Bentuk pola beban listrik di Jawa Tengah dan DIY mengalami fluktuasi yang cukup besar, yakni meningkat pada malam hari atau yang biasa disebut waktu beban puncak (WBP). Hal ini disebabkan konsumsi energi listrik di Jawa Tengah dan DIY didominasi oleh pelanggan sektor rumah tangga. Pelanggan listrik sektor rumah tangga banyak menggunakan peralatan listrik pada malam hari.

Kebutuhan energi listrik pada saat beban puncak akan membawa dampak yang merugikan bagi semua pihak. Oleh karena itu perlu adanya usaha untuk menekan permintaan listrik dari sisi pelanggan agar konsumsi energi listrik benar-benar efektif dan efisien.

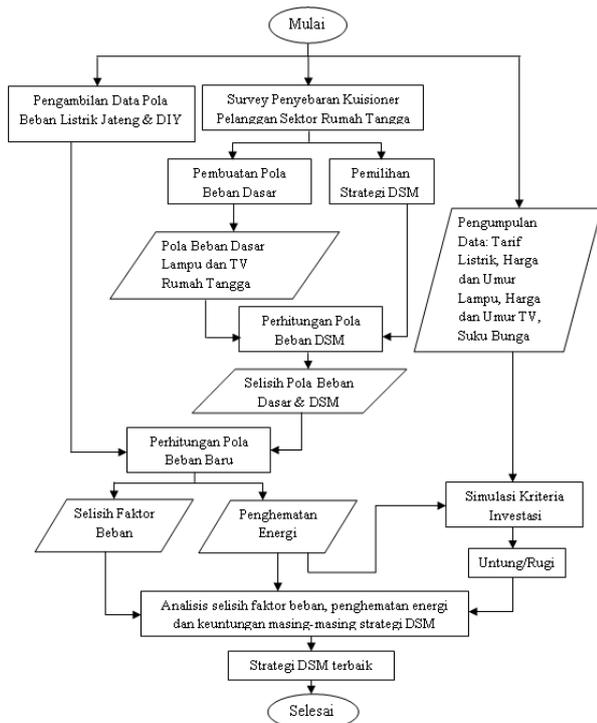
Demand Side Management (DSM) hadir untuk memecahkan permasalahan penggunaan energi listrik di sisi pelanggan. Solusi yang ditawarkan DSM adalah dengan penerapan enam sasaran bentuk pola beban, yakni

Peak Clipping, Valley Filling, Load Shifting, Strategic Conservation, Strategic Load Growth, dan Flexible Load Shape. Peak Clipping adalah program untuk mengurangi beban pada waktu beban puncak. Valey Filling adalah program untuk menambah beban listrik di saat permintaan rendah. Load Shifting adalah program untuk mengalihkan pemakaian energi listrik dari waktu beban puncak ke luar waktu beban puncak. Strategic Conservation adalah program untuk menghemat penggunaan energi listrik dengan tetap mempertahankan level pelayanan dari penggunaan energi. Strategic Load Growth merupakan pola untuk meningkatkan pemasaran tenaga listrik dengan cara yang efisien. Flexible Load Shape mencakup pembentukan kurva beban untuk merespon kebutuhan jaringan akan kondisi penyaluran listrik yang handal.

Dalam penelitian ini akan dibahas analisis pengaruh penerapan strategi DSM pada rumah tangga di Jawa Tengah dan DIY terhadap perubahan pola beban, penghematan energi listrik dan kriteria investasi selama 15 tahun ke depan untuk mendapatkan strategi DSM yang tepat bagi rumah tangga di Jawa Tengah dan DIY.

2. Metode

Langkah kerja dalam penelitian ini berdasarkan flowchart yang ditunjukkan gambar 1



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Ada dua kategori metode dalam penelitian ini, yaitu metode pengumpulan data dan metode analisis data. Metode pengumpulan data meliputi:

1. Data dokumen / data sekunder
2. Pengumpulan data langsung / data primer
3. Penyebaran kuisisioner

2.1 Data Survey Kuisisioner

Penyebaran kuisisioner dilakukan untuk mendapatkan data karakteristik jenis lampu dan televisi pelanggan rumah tangga serta mendapatkan data tentang strategi DSM pilihan pelanggan. Kuisisioner disebar secara acak sebanyak 100 sampel untuk menjangkau populasi pelanggan rumah tangga di Jawa Tengah dan DIY sebanyak 7.978.367 pelanggan^[8]. Data kuisisioner memiliki nilai error 10% dan nilai akurasi 90% yang ditentukan dengan rumus Slovin^[16].

Data jenis lampu hasil penyebaran kuisisioner ditunjukkan tabel 1. Jenis lampu yang dimasukkan ke dalam tabel 1 adalah jenis lampu yang berdasarkan hasil survey lebih dari 5 lampu.

Tabel 1 Jenis lampu rumah tangga hasil survey

Jenis Lampu	Jumlah Lampu (Hasil Survey)	Perkiraan Jumlah Total Lampu Rumah Tangga	Persen (%)
CFL 5W	40	3.191.347	3,60
CFL 8W	98	7.818.800	8,81
CFL 10W	30	2.393.510	2,70
CFL 11W	28	2.233.943	2,52
CFL 12W	9	718.053	0,81
CFL 14W	134	10.691.012	12,05
CFL 15W	43	3.430.698	3,87
CFL 18W	165	13.164.306	14,84
CFL 20W	50	3.989.184	4,50
CFL 23W	18	1.436.106	1,62
CFL 24W	123	9.813.391	11,06
CFL 25W	16	1.276.539	1,44
Pijar 5W	51	4.068.967	4,59
Pijar 10W	25	1.994.592	2,25
Pijar 15W	102	8.137.934	9,17
Pijar 18W	7	558.486	0,63
Pijar 20W	7	558.486	0,63
Pijar 25W	40	3.191.347	3,60
Pijar 40W	25	1.994.592	2,25
TL 10W	15	1.196.755	1,35
TL 15W	6	478.702	0,54
TL 18W	36	2.872.212	3,24
TL 20W	7	558.486	0,63
LED 5W	17	1.356.322	1,53
LED 10W	20	1.595.673	1,80
TOTAL	1112	88.719.441	100

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa jenis lampu yang paling banyak digunakan oleh pelanggan rumah tangga adalah lampu CFL, kemudian lampu pijar, lampu TL dan yang paling sedikit adalah lampu LED. Adapun jadwal penggunaan lampu rumah tangga berdasarkan hasil survey ditunjukkan tabel 2.

Tabel 2 Jadwal penggunaan lampu rumah tangga hasil survey

Jam Nyala	Jumlah Lampu	Jam Nyala	Jumlah Lampu	Jam Nyala	Jumlah Lampu
00.30	664	08.30	88	16.30	124
01.00	664	09.00	89	17.00	272
01.30	664	09.30	86	17.30	825
02.00	666	10.00	87	18.00	1010
02.30	666	10.30	85	18.30	1007
03.00	668	11.00	85	19.00	1016
03.30	667	11.30	85	19.30	1003
04.00	728	12.00	85	20.00	1007
04.30	714	12.30	85	20.30	980
05.00	717	13.00	85	21.00	984
05.30	576	13.30	85	21.30	801
06.00	501	14.00	85	22.00	805
06.30	168	14.30	85	22.30	704
07.00	106	15.00	85	23.00	706
07.30	92	15.30	85	23.30	678
08.00	90	16.00	107	24.00	678

Data jenis televisi berdasarkan hasil penyebaran kuisioner ditunjukkan tabel 3.

Tabel 3 Jenis televisi berdasarkan survey

Jenis TV	Daya Rata-rata	Jumlah TV (Hasil Survey)	Perkiraan Jumlah Total TV Rumah Tangga
CRT 14"	53	18	1.436.106
CRT 20"	65	2	159.567
CRT 21"	73	62	4.946.588
CRT 24"	73	2	159.567
CRT 29"	75	3	239.351
LCD 22"	44	4	319.135
LCD 32"	85	4	319.135
LCD 40"	93	2	159.567
LED 22"	22	8	638.269
LED 24 "	27	2	159.567
LED 32"	43	6	478.702
TOTAL		113	9.015.555

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa jenis televisi yang banyak digunakan pelanggan rumah tangga adalah TV CRT 21" dan TV CRT 14". Adapun jadwal penggunaan televisi berdasarkan survey ditunjukkan tabel 4.

Tabel 4 Jadwal penggunaan televisi hasil survey

Jam Nyala	Jumlah Lampu	Jam Nyala	Jumlah Lampu	Jam Nyala	Jumlah Lampu
00.30	2	08.30	27	16.30	46
01.00	2	09.00	30	17.00	60
01.30	2	09.30	19	17.30	65
02.00	2	10.00	19	18.00	70
02.30	2	10.30	16	18.30	72
03.00	2	11.00	19	19.00	107
03.30	2	11.30	14	19.30	109
04.00	2	12.00	17	20.00	109
04.30	2	12.30	14	20.30	106
05.00	25	13.00	19	21.00	105
05.30	27	13.30	18	21.30	66
06.00	31	14.00	19	22.00	65
06.30	31	14.30	19	22.30	23
07.00	34	15.00	23	23.00	20
07.30	24	15.30	25	23.30	6
08.00	29	16.00	46	24.00	6

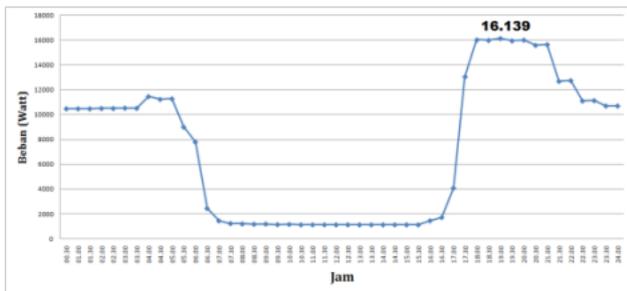
Survey kuisioner juga dilakukan untuk mendapatkan data tentang strategi DSM pilihan pelanggan. Pelanggan rumah tangga yang menjadi responden diperbolehkan memilih salah satu atau lebih dari satu kriteria tindakan yang bersedia dilakukan terhadap lampu dan televisi mereka. Kriteria tindakan yang dapat dipilih adalah : bersedia mematikan sebagian lampu/televisi yang biasa digunakan pada pukul 17.00-22.00 (mewakili strategi *Peak Clipping*), bersedia menambah jadwal penggunaan lampu/televisi pada siang hari (mewakili strategi *Valley Filling*), bersedia mengatur waktu penggunaan lampu/televisi dari malam hari menjadi siang hari (mewakili strategi *Load Shifting*), dan bersedia mengganti lampu/televisi dengan yang lebih hemat energi (mewakili strategi *Strategic Conservation*). Hasil penyebaran kuisioner untuk kriteria tindakan strategi DSM pilihan pelanggan rumah tangga ditunjukkan tabel 5.

Tabel 5 Strategi DSM pilihan pelanggan

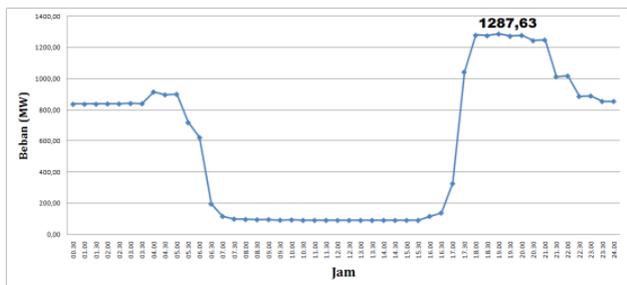
Kriteria Tindakan	Strategi DSM	Jumlah Pemilih (Hasil Survey)
Bersedia mematikan sebagian lampu yang biasa digunakan pada pukul 17.00-22.00	<i>Peak Clipping</i> Lampu	77
Bersedia menambah jadwal penyalaaan lampu pada siang hari	<i>Valley Filling</i> Lampu	0
Bersedia mengatur waktu penyalaaan lampu dari malam hari menjadi siang hari	<i>Load Shifting</i> Lampu	7
Bersedia mengganti lampu dengan yang lebih hemat energi	<i>Strategic Conservation</i> Lampu	72
Bersedia mematikan televisi yang biasa digunakan pada pukul 17.00-22.00	<i>Peak Clipping</i> Televisi	50
Bersedia menambah jadwal penyalaaan televisi pada siang hari	<i>Valley Filling</i> Televisi	3
Bersedia mengatur waktu penyalaaan televisi dari malam hari menjadi siang hari	<i>Load Shifting</i> Televisi	36
Bersedia mengganti televisi dengan yang lebih hemat energi	<i>Strategic Conservation</i> Televisi	31

2.2 Pembuatan Pola Beban Dasar Lampu dan Televisi

Pola beban dasar lampu dan televisi dibuat berdasarkan data hasil survey. Dengan menghitung daya lampu rata-rata (tabel 1) dikalikan jumlah lampu yang hidup (tabel 2), maka didapatkan perkiraan pola beban lampu rumah tangga hasil survey 100 rumah tangga seperti ditunjukkan gambar 2. Sedangkan gambar 3 adalah perkiraan pola beban lampu seluruh rumah tangga di Jawa Tengah dan DIY. Beban puncak tertinggi pola beban lampu rumah tangga di Jawa Tengah dan DIY mencapai 1.287,63MW.

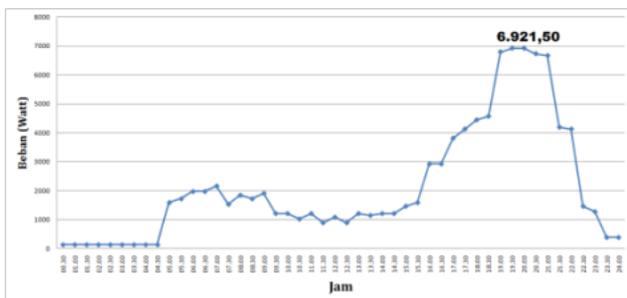


Gambar 2 Perkiraan pola beban lampu 100 rumah tangga

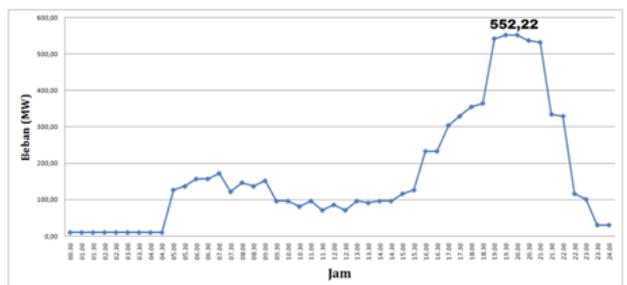


Gambar 3 Perkiraan pola beban lampu seluruh rumah tangga wilayah Jawa Tengah dan DIY

Pola beban dasar televisi dibentuk dengan mengalikan daya rata-rata televisi pelanggan (tabel 3) dengan jumlah televisi yang hidup (tabel 4), maka diperkirakan pola beban televisi 100 rumah tangga hasil survey ditunjukkan gambar 4. Sedangkan gambar 5 adalah perkiraan pola beban televisi seluruh rumah tangga di Jawa Tengah dan DIY. Beban puncak tertinggi pola beban televisi rumah tangga di Jawa Tengah dan DIY mencapai 552,22MW.



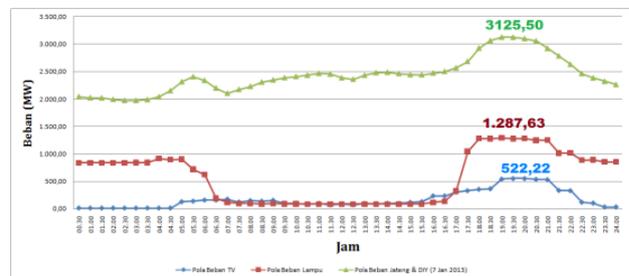
Gambar 4 Perkiraan pola beban televisi 100 rumah tangga



Gambar 5 Perkiraan pola beban televisi seluruh rumah tangga wilayah Jawa Tengah dan DIY

2.3 Pola Beban Dasar Sub-Sistem Jawa Tengah dan DIY

Pola beban sub-sistem Jawa Tengah dan DIY adalah beban listrik yang digunakan pelanggan listrik semua sektor di wilayah Jawa Tengah dan DIY yang diukur setiap 30 menit.



Gambar 6 Pola beban dasar televisi, lampu dan sub-sistem Jawa Tengah dan DIY

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa pada waktu beban puncak, lampu rumah tangga menyumbang sekitar 41% beban puncak sistem dan televisi rumah tangga menyumbang sekitar 18% beban puncak sistem.

3. Hasil dan Analisis

Demand side management merupakan manajemen beban listrik di sisi pelanggan, oleh karena itu, dalam menerapkan strategi DSM harus sesuai dengan kesediaan pelanggan. Berdasarkan survey kuisioner pada tabel 5, strategi DSM yang cukup banyak dipilih pelanggan adalah *Peak Clipping* lampu, *Strategic Conservation* lampu, *Peak Clipping* televisi, *Load Shifting* televisi dan *Strategic Conservation* televisi.

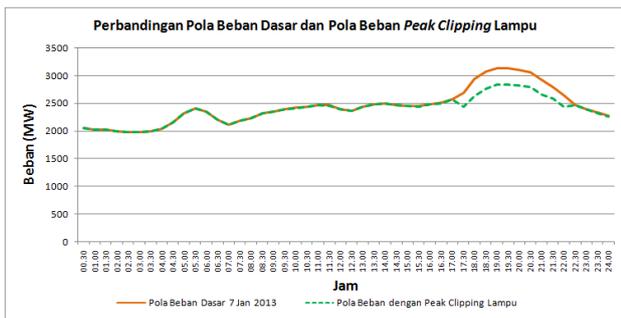
3.1 Pola Beban Penerapan Strategi DSM

3.1.1 Pola Beban *Peak Clipping* Lampu

Mematikan sebagian lampu pada waktu beban puncak (*Peak Clipping* lampu) berpotensi dilakukan dengan mematikan lampu garasi, lampu dapur dan lampu kamar mandi pada pukul 17.30-22.00. Dengan strategi *Peak Clipping* lampu, pola beban sub-sistem Jateng & DIY mengalami perubahan seperti ditunjukkan gambar 7.

3.1.2 Pola Beban *Strategic Conservation* Lampu

Strategic Conservation pada lampu dapat dilakukan dengan cara mengganti lampu dengan yang lebih hemat energi sesuai nilai efikasinya. Tabel 6 menunjukkan banyaknya modal dan potensi penghematan penggantian lampu sesuai nilai efikasi.

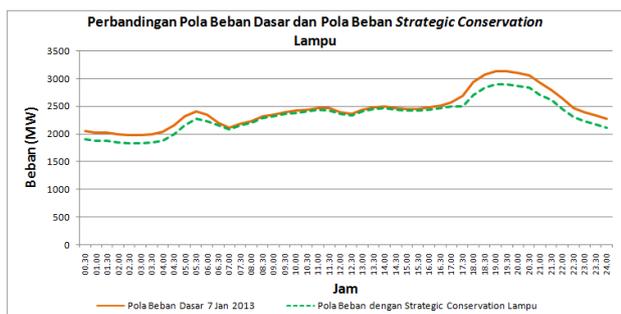


Gambar 7 Perubahan pola beban dengan Peak Clipping lampu

Tabel 6 Potensi penghematan penggantian lampu

Efikasi Lampu (lumen)	Penggantian Lampu	Modal/ Lampu (Rp.)	Penghematan Energi/Lampu (kWh)
100-270	Pijar 15W dengan LED 3W	40.000	120
	Pijar 18W dengan LED 3W	40.000	150
	Pijar 20W dengan LED 3W	40.000	170
	Pijar 25W dengan LED 3W	40.000	220
350-450	CFL 5W dengan LED 3W	40.000	30
	Pijar 40W dengan LED 5W	50.000	350
600-650	CFL 8W dengan LED 5W	50.000	45
	CFL 11W dengan LED 7W	65.000	60

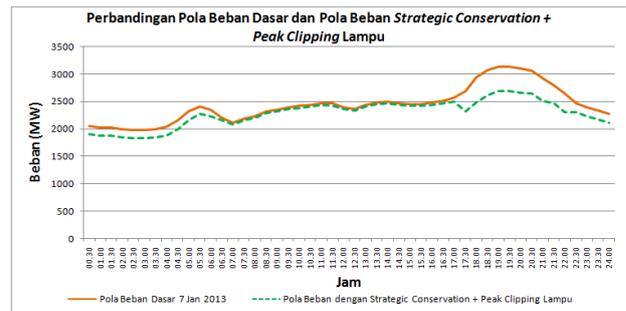
Pada tabel 6, penggantian lampu dilakukan pada lampu pijar 15W-25W menjadi lampu LED 3W, lampu CFL 5W menjadi lampu LED 3W, lampu pijar 40W menjadi lampu LED 5W, CFL 8W menjadi lamp LED 5W serta lampu CFL 11W menjadi lampu LED 7W. Penggantian ini adalah yang berpotensi menghasilkan keuntungan paling besar bagi rumah tangga. Dengan penggantian lampu sesuai tabel 6, pola beban sub-sistem Jateng & DIY mengalami perubahan seperti ditunjukkan gambar 8.



Gambar 8 Perubahan pola beban dengan Strategic Conservation lampu

3.1.3 Pola Beban Strategic Conservation + Peak Clipping Lampu

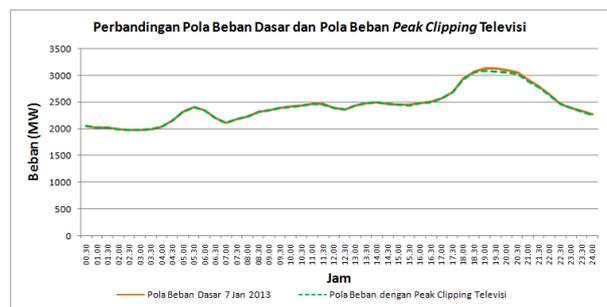
Strategic Conservation + Peak Clipping pada lampu dilakukan dengan cara mengganti lampu dengan yang lebih hemat energi sesuai nilai efikasinya sebagaimana dijelaskan pada bagian 3.1.2 ditambah dengan mematikan lampu garasi, lampu dapur dan lampu kamar mandi pada waktu beban puncak (17.30-22.00). Dengan melakukan Strategic Conservation + Peak Clipping pada lampu, pola beban sub-sistem Jateng & DIY mengalami perubahan seperti ditunjukkan gambar 9.



Gambar 8 Perubahan pola beban dengan Strategic Conservation + Peak Clipping lampu

3.1.4 Pola Beban Peak Clipping Televisi

Mematikan sebagian televisi pada waktu beban puncak (Peak Clipping televisi) berpotensi dilakukan dengan mematikan televisi yang dihidupkan secara berlebihan, yakni pada rumah yang menghidupkan lebih dari satu televisi, sebab menurut hasil survey pada tabel 4 jumlah televisi yang hidup pada pukul 19.00-21.00 melebihi jumlah rumah tangga. Dengan mematikan televisi yang dihidupkan lebih dari satu televisi pada satu rumah, pola beban sub-sistem Jateng & DIY mengalami perubahan seperti ditunjukkan gambar 9.

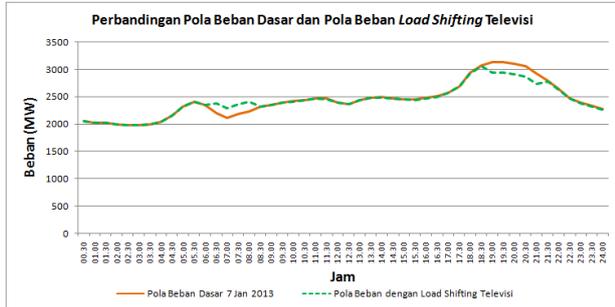


Gambar 9 Perubahan pola beban dengan Peak Clipping televisi

3.1.5 Pola Beban Load Shifting Televisi

Strategi Load Shifting pada televisi dilakukan dengan mengganti jadwal menonton televisi dari waktu beban

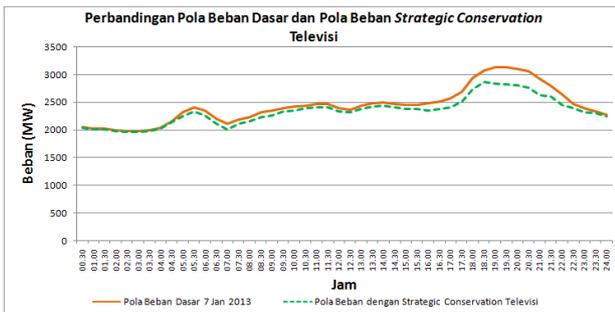
puncak ke luar waktu beban puncak, yakni dari pukul 19.00-21.00 ke pukul 06.30-08.00. Dengan strategi *Load Shifting* televisi, pola beban sub-sistem Jateng & DIY mengalami perubahan seperti ditunjukkan gambar 10.



Gambar 10 Perubahan pola beban dengan *Load Shifting* televisi

3.1.6 Pola Beban *Strategic Conservation* Televisi

Strategic Conservation pada televisi dapat dilakukan dengan cara mengganti televisi dengan yang lebih hemat energi dengan ukuran lebar televisi yang sama atau lebih besar. TV CRT 14 inch diganti dengan TV LED 19 inch dan TV CRT 21 inch diganti dengan TV LED 22 inch. Dengan strategi *Strategic Conservation* televisi, pola beban sub-sistem Jateng & DIY mengalami perubahan seperti ditunjukkan gambar 11.

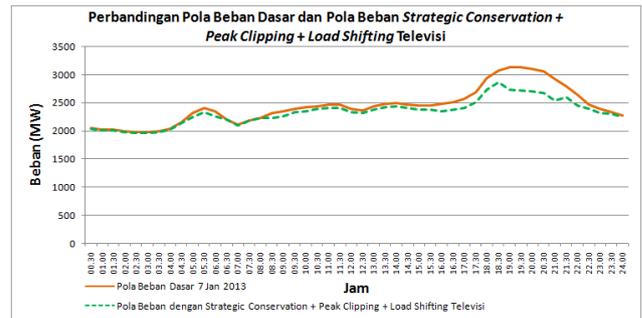


Gambar 11 Perubahan pola beban dengan *Strategic Conservation* televisi

3.1.7 Pola Beban *Strategic Conservation* + *Peak Clipping* + *Load Shifting* Televisi

Strategi ini adalah gabungan dari tindakan yang dilakukan pada *Strategic Conservation*, *Peak Clipping* dan *Load Shifting* televisi. Dengan tindakan *Strategic Conservation* + *Peak Clipping* + *Load Shifting* pada televisi, pola beban sub-sistem Jateng & DIY mengalami perubahan seperti ditunjukkan gambar 12.

Dari tujuh strategi yang telah dijelaskan di atas, pola beban paling rata dicapai dengan tindakan *Strategic Conservation* + *Peak Clipping* pada lampu seperti ditunjukkan gambar 8.



Gambar 12 Perubahan pola beban dengan *Strategic Conservation* + *Peak Clipping* + *Load Shifting* televisi

3.2 Faktor Beban

Faktor beban adalah rasio antara beban rata-rata sistem dan beban puncak sistem. Rumus untuk menghitung faktor beban sebagaimana ditunjukkan persamaan 1. Dengan penerapan strategi DSM, faktor beban sub-sistem Jawa Tengah dan DIY mengalami kenaikan. Tabel 7 adalah hasil perhitungan rata-rata kenaikan faktor beban tanggal 1 Januari – 7 Januari 2013.

Tabel 7 Rata-rata kenaikan faktor beban

Objek	Strategi DSM	Rata-rata Kenaikan Faktor Beban (%)
Lampu	<i>Peak Clipping</i> (PC)	6,39
	<i>Strategic Conservation</i> (SC)	2,99
	Gabngan Strategi (SC+PC)	7,58
TV	<i>Peak Clipping</i> (PC)	0,59
	<i>Load Shifting</i> (LS)	0,80
	<i>Strategic Conservation</i> (SC)	3,21
	Gabngan (Strategi SC+PC+LS)	3,08

Dari tabel 7 dapat dilihat bahwa rata-rata kenaikan faktor beban paling tinggi dari tujuh strategi DSM dicapai dengan tindakan *Strategic Conservation* + *Peak Clipping* pada lampu dengan rata-rata kenaikan faktor beban 7,58%.

3.3 Penghematan Energi Listrik

Penghematan energi listrik dihitung dari besarnya pengurangan beban listrik dikalikan waktu terjadinya pengurangan beban tersebut. Tabel 8 menunjukkan hasil perhitungan potensi penghematan energi dari strategi DSM pilihan pelanggan.

Tabel 8 Penghematan energi strategi DSM

Objek	Strategi DSM	Penghematan Energi (MWh) / tahun
Lampu	<i>Peak Clipping</i> (PC)	483.586,89
	<i>Strategic Conservation</i> (SC)	1.073.940,26
	Gabngan Strategi (SC+PC)	1.389.290,54
TV	<i>Peak Clipping</i> (PC)	33.285,35
	<i>Load Shifting</i> (LS)	33.285,35
	<i>Strategic Conservation</i> (SC)	781.795,08
	Gabngan (Strategi SC+PC+LS)	813.140,96

Dari tabel 8 dapat dilihat bahwa potensi penghematan energi paling tinggi dari tujuh strategi DSM dicapai dengan tindakan *Strategic Conservation + Peak Clipping* pada lampu dengan potensi penghematan energi sebesar 1.389.290,54 MWh/tahun.

3.4 Kriteria Investasi

Kriteria investasi yang digunakan dalam perhitungan ini adalah *net present value (NPV)*, *gross B/C* dan *payback period*. Hasil perhitungan kriteria investasi ditunjukkan tabel 9.

Tabel 9 Hasil perhitungan kriteria investasi

Objek	Strategi DSM	NPV tahun ke-15 (Juta Rupiah)	Gross B/C tahun ke-15	PP (tahun)
Lampu	PC	2.271.471,02	~	0
	SC	5.537.942,62	~	0
	SC+PC	7.019.184,22	~	0
	PC	156.345,65	~	0
TV	LS	156.345,65	~	0
	SC	-6.640.643,96	0,3556	> 26,65
	SC+PC+L	-6.493.408,25	0,3699	> 25,62
	S			

Dari tabel 9 dapat dilihat bahwa nilai NPV *Strategic Conservation* televisi bernilai negatif, begitu juga pada *Strategic Conservation + Peak Clipping + Load Shifting* televisi, yang berarti modal untuk menerapkan strategi tersebut lebih besar dari keuntungan yang didapatkan.

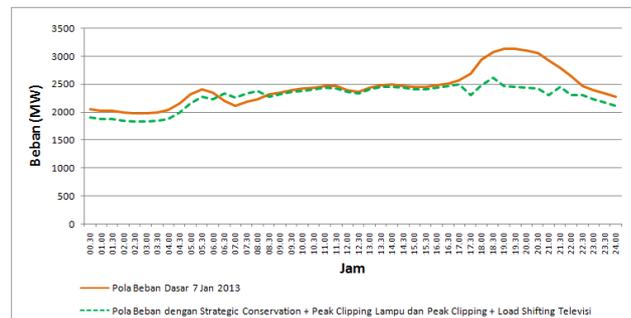
Berdasarkan perhitungan faktor beban, penghematan energi dan kriteria investasi didapatkan strategi DSM yang tepat diterapkan pada pelanggan rumah tangga yaitu penerapan *Strategic Conservation* dan *Peak Clipping* pada lampu serta penerapan *Peak Clipping* dan *Load Shifting* pada televisi. Jika keempat strategi tersebut diterapkan secara bersamaan maka hasilnya akan lebih menguntungkan seperti dirangkum pada tabel 10.

Tabel 10 Perhitungan faktor beban, penghematan energi dan kriteria investasi strategi terpilih

Strategi DSM	Δ Fakt. Beban (%)	Penghematan Energi/Tahun (MWh)	NPV tahun ke-15 (Juta Rupiah)	Gross B/C tahun ke-15	PP (tahun)
PC Lampu	6,39	483.586,89	2.271.471,02	~	0
SC Lampu	2,99	1.073.940,26	5.537.942,62	~	0
SC + PC Lampu	7,58	1.389.290,54	7.019.184,22	~	0
PC TV	0,59	33.285,35	156.345,65	~	0
LS TV	0,80	33.285,35	156.345,65	~	0
SC+PC Lampu & PC+LS TV	8,33	1.455.861,24	7.331.875,52	~	0

Dapat dilihat dari tabel 10 penerapan strategi DSM secara bersamaan yakni *Strategic Conservation + Peak Clipping* pada lampu dan *Peak Clipping + Load Shifting* pada televisi menaikkan faktor beban rata-rata 8,33%, menghemat energi listrik sebesar 1.455.861,24 MWh/tahun, memberikan keuntungan bersih (NPV) pada tahun ke lima belas sebesar 7,33187552 triliun rupiah.

Perubahan pola beban dengan penerapan strategi terpilih secara bersamaan dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13 Perubahan pola beban dengan *Strategic Conservation + Peak Clipping* lampu dan *Peak Clipping + Load Shifting* televisi

4. Kesimpulan

Strategi DSM yang tepat untuk rumah tangga wilayah Jawa Tengah dan DIY adalah : *Strategic Conservation* lampu yakni dengan mengganti lampu pijar 15W-25W menjadi lampu LED 3W, lampu CFL 5W menjadi lampu LED 3W, lampu pijar 40W menjadi lampu LED 5W, CFL 8W menjadi lamp LED 5W serta lampu CFL 11W menjadi lampu LED 7W; *Peak Clipping* lampu yakni dengan mematikan lampu garasi, lampu dapur dan lampu kamar mandi pada waktu beban puncak (17.30-22.00); *Peak Clipping* televisi yakni dengan mematikan sebagian televisi yang hidup pada waktu beban puncak, terutama bila ada lebih dari satu televisi dalam satu rumah; *Load Shifting* televisi yakni dengan mengganti jadwal menonton televisi dari waktu beban puncak ke waktu beban rendah pagi hari pukul 06.30-08.00. Dengan penerapan strategi DSM di atas secara bersamaan dapat membuat pola beban listrik lebih rata dan menaikkan faktor beban rata-rata 8,33%, menghemat energi listrik sebesar 1.455.861,24 MWh/tahun, memberikan keuntungan bersih (NPV) pada tahun ke lima belas sebesar 7,33187552 triliun rupiah.

Referensi

- [1]. Tanoto, Yusak, M. Santoso and Emmy Hosea. "Demand Side Management of Household's Lighting Considering Energy Use and Customer Preference : a Preliminary Study". International Journal of Engineering and Technology (IJET). Vol. 5 No. 3. Jun-Jul 2013
- [2]. Electricity Generation Authority Thailand (1997). Compact Fluorescent Lamp Program – Program Plan Evaluation Plan, Demand-Side Management Office, Planning and Evaluation Departemen, Bangkok, Thailand.
- [3]. Suparman, Zuhul dan Rinaldy D. "Analisis Pengaruh Pola Beban pada Pengembangan Kelistrikan dengan Opsi Nuklir". Prosiding Seminar Nasional ke- 13 Teknologi dan Keselamatan PLTN serta Fasilitas Nuklir. Jakarta. Nopember 2007.

- [4]. Trisno, Bambang dan Basuki Prayitno. 2003. "Ekonomi Tegangan Tinggi". Pengembangan Bahan Ajar-UMB, Modul 8.
- [5]. Marsudi, Djiteng. 2005. "Pembangkit Energi Listrik". Jakarta : Erlangga.
- [6]. Ristek. 2009. "Sains & Teknologi". Jakarta : Gramedia.
- [7]. L. Schipper, S. Meyers. 1991. "Improving Appliance Efficiency in Indonesia". Energy Policy. July/August 1991. pp.578-587.
- [8]. ... "Statistik PLN 2012". Jakarta : Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero). 2012. ISSN : 0852-8179. No. 02501-130722.
- [9]. Gellings, P.E., and J.H. Chamberlin. 1993. "Demand Side Management, Concepts & Methods". Oklahama : Pennwell Publishing Company.
- [10]. Gellings, P.E., et.al. 1996. "Demand Forecasting in the Electric Utility Industry". Sheridan Tulsa, Oklahama : Pennwell Publishing Company.
- [11]. Widharanti, Anindita. 2012. "Pemilihan Sektor Pelanggan dalam Penerapan *Demand Side Mangement* untuk Pengaturan Beban Listrik dengan Pendekatan Delphi AHP di PLN Distribusi Jawa Timur". Penelitian Mahasiswa ITS.
- [12]. Tanoto, Yusak, M. Santoso dan Emmy Hosea. "Penentuan Pola Pembebanan pada Aktifitas *Lighting-Demand Side Management* di Sektor Rumah Tangga Menggunakan Metode *Analytic Hierarchy Process*". Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI). 2012.
- [13]. Tanoto, Yusak dan Emmy Hosea. "*Lighting Retrofitting Web Application: Modul Interaktif Pembentukan Profil Pembebanan Lampu*". Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems. Bali. November 2013.
- [14]. ..., "Kriteria Investasi". Presentasi Slide Departemen Agribisnis FEM-IPB. 2007.
- [15]. Sugiyono, 2002. "Statistika untuk Penelitian", CV Alfabeta, Bandung
- [16]. Umar, Husein, 2004. "Metode Penelitian untuk Skripsi dan Tesis Bisnis", Rajagrafindo Persada, Jakarta.
- [17]. <http://tekno.kompas.com/read/2011/01/18/18523659/> diakses tanggal 7 April 2014.
- [18]. www.bi.go.id/id/moneter/bi-rate/data/Default.aspx diakses tanggal 7 April 2014.