

OPERASI EKONOMIS (*Economic Dispatch*) PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH (PLTSa) DAN (PLTG) DALAM MELAYANI BEBAN PUNCAK KELISTRIKAN SUMBAR

Oleh :
Monice¹⁾, Syafii²⁾

1) Program Magister Teknik Elektro Universitas Andalas

2) Teknik Elektro Universitas Andalas

Email: icha.manice@gmail.com

Abstrak

Pemanfaatan sumber energi terbarukan dan peralatan konversinya semakin variatif. Sampah kota sebagai sumber masalah kebersihan, dapat ditinjau sebagai sumber energi alternative dengan teknologi yang ramah lingkungan baik proses maupun produknya. Pembangunan pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) merupakan solusi kebutuhan energi baru terbarukan (EBT) untuk meningkatkan kebutuhan energi serta membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar (energi fosil). Untuk mengurangi biaya bahan bakar maka penjadwalan optimal unit pembangkit *thermal* pada sistem perlu dilakukan. Permasalahan yang menyangkut penjadwalan terdiri dari *Economic Dispatch* yaitu pembagian pembebanan pada setiap unit pembangkit sehingga diperoleh kombinasi unit pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya yang optimum. Pembagian beban untuk masing-masing unit pembangkit *thermal* dapat diperoleh dengan menggunakan metode iterasi lamda. Pembagian beban dengan menggunakan iterasi lamda memberikan hasil yang lebih optimal.

Kata Kunci : Pembangkit Listrik tenaga Sampah(PLTS), *Economic Dispatch*, iterasi lamda.

Abstract

Utilization of renewable energy sources and conversion devices increasingly varied . Municipal solid waste as a source of cleanliness issues , can be viewed as a source of alternative energy with green technologies both of process and product . Construction of power plant waste (PLTSa) is a solution of renewable energy (EBT) to increase energy needs and help to reduce dependence on fuels (fossil energy) . To reduce the cost of fuel, optimize schedule of thermal generating units in the system need to be done . Problem related to the schedule is the Economic Dispatch consists of dividing the load at each generating unit in order to obtain a combination of generating units to meet the load demand with optimum. Dividing of cost of load for each thermal generating unit can be obtained by using the lambda iteration method . This method can achieve more optimal results .

Keywords : Construction of power plant waste (PLTSa), *Economic Dispatch*, Lamda iterasi

1. Pendahuluan

Sektor energi di Indonesia mengalami masalah serius, karena laju permintaan energi di dalam negeri melebihi pertumbuhan pasokan energi [4]. Energi Baru dan Terbarukan (EBT) harus mulai dikembangkan dan dikuasai sejak dini, bukan sekedar sebagai energi alternatif dari bahan bakar fosil tetapi harus menjadi penyangga pasokan energi nasional.

Sekarang telah dikembangkan alternatif baru dengan pemanfaatan sampah sebagai sumber energi primer Pembangkit Listrik. Dilihat dari

kondisi sekarang, faktanya volume sampah semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk.

Permasalahan sampah dan teknologinya telah diteliti sebelumnya, diantaranya [7] Melakukan penelitian tentang potensi listrik tenaga Sampah yang di konversi ke listrik dengan menggunakan konversi biologis, yaitu menggunakan bakteri pengurai sampah organik untuk menghasilkan gas metan (CH₄) pada kondisi tanpa gas oksigen (dekomposisi anaerob). Namun belum mengkaji seberapa besar pengaruh pembangkit sampah dan optimasi sistem pembangkit setelah integrasi

pembangkit sampah pada sistem yang ada. Maka, penelitian ini sebagai pengembangan penelitian sebelumnya akan mengkaji seberapa besar energi fosil khususnya pada pembangkit termal yang dapat dihemat setelah penggunaan pembangkit energi sampah dan perhitungan optimasi sistem dengan *economic dispatch* setelah masuknya atau integrasi pembangkit energi sampah dalam sistem yang telah ada.

2. Landasan Teori

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

PLTSA disebut juga sebagai pembangkit listrik tenaga sampah merupakan pembangkit yang dapat membangkitkan tenaga listrik dengan memanfaatkan sampah sebagai bahan utamanya, baik dengan memanfaatkan sampah organik maupun anorganik^[4].

Mekanisme pembangkitan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan proses konversi *thermal* dan proses konversi biologis. Proses Konversi *thermal* memanfaatkan teknologi Pirolisis dan Teknologi gasifikasi. Sedangkan proses konversi biologis adalah dengan *Anaerob Digestion* dan *Landfill gasification*

2.2 Optimasi unit pembangkit *thermal*

Yang dimaksud dengan operasi ekonomis pembangkit *thermal* ialah proses pembagian atau penjadwalan beban total dari suatu sistem kepada masing-masing pusat pembangkitnya, sedemikian rupa sehingga jumlah biaya pengoperasian adalah seminimal mungkin. Seluruh pusat-pusat pembangkit dalam suatu sistem dikontrol terus menerus sehingga pembangkitan tenaga dilakukan dengan cara paling ekonomis.

2.3 Karakteristik Input-Output Pembangkit

Untuk menganalisis permasalahan mengenai operasi dalam sistem tenaga, khususnya masalah operasi ekonomis, diperlukan dasar tentang karakteristik *input-output* dari suatu unit pembangkit *thermal*. Karakteristik input output pembangkit *thermal* adalah karakteristik yang menggambarkan hubungan antara input bahan bakar (liter/jam) dan output yang dihasilkan oleh pembangkit (MW). Untuk menggambarkan karakteristik input output dapat dilihat pada gambar 1, yang menunjukkan karakteristik *input-output* suatu unit pembangkit tenaga uap yang ideal. *Input* unit yang ditunjukkan pada sumbu ordinat adalah kebutuhan energi panas (MBtu/jam) atau biaya total per jam (R/jam). *Output*nya adalah *output* daya listrik dari unit tersebut. Untuk masalah

operasi ekonomis, biasanya kurva karakteristik input output pembangkit didekati dengan persamaan *polynomial* tingkat dua (kuadrat) persamaannya :

$$F = \alpha P^2 + \beta P + \gamma \quad (1)$$

Dimana :

F = Input Pemakaian bahan bakar (Liter/Jam)

P = Daya listrik yang dibangkitkan (MW)

α, β, γ = Konstanta-konstanta

2.4 Economic Dispatch

Economic dispatch adalah pembagian pembebanan pada setiap unit pembangkit sehingga diperoleh kombinasi unit pembangkit yang dapat memenuhi kebutuhan beban dengan biaya yang optimum atau dengan kata lain untuk mencari nilai optimum dari output daya dari kombinasi unit pembangkit yang bertujuan untuk meminimalkan total biaya pembangkitan. Gambar 2 menunjukkan konfigurasi sistem yang terdiri dari N unit pembangkit *thermal* yang terhubung dengan 1 busbar yang melayani beban listrik, P load. Input dari unit ini ditunjukkan sebagai F_i mewakili biaya (cost rate) unit. Output unit ini P_i adalah daya listrik yang di bangkitkan oleh unit pembangkit *thermal*. Secara matematis, masalah ini dapat dijelaskan secara singkat, yaitu fungsi objek FT adalah total biaya untuk memasok beban. Untuk meminimalkan biaya pembangkitan (FT) dengan kendala bahwa jumlah daya yang dihasilkan harus sama dengan beban yang diterima dengan catatan bahwa rugi transmisi diabaikan maka persamaannya adalah :

$$F_T = F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_N \quad (2)$$

$$F_T = \sum_{t=1}^N F_t(P_t)$$

$$\Phi = 0 = P_D - \sum_{i=1}^n P_i$$

$$\sum_{i=1}^n P_i = P_D \quad (3)$$

Jika persamaan (1) diturunkan maka persamaannya menjadi :

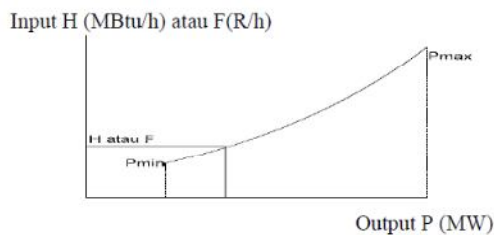
$$\beta_i + 2\gamma_i P_i = \lambda \quad (4)$$

Persamaan diatas menjadi :

$$P_i = \frac{\lambda - \beta_i}{2\gamma_i} \quad (5)$$

Hubungan-hubungan yang diberikan pada persamaan (5) diketahui sebagai persamaan-persamaan koordinat dari fungsi l . Persamaan (5) dapat diselesaikan secara iterasi. Harga l didapat dengan mensubstitusikan harga P_i pada persamaan (3) yang hasilnya dapat dilihat pada persamaan (6):

$$\lambda = PD + \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{2\gamma_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\gamma_i}} \quad (6)$$



Gambar 1. Karakteristik Input-Output unit pembangkit thermal (ideal)

2.5 Iterasi Lamda

Iterasi lamda merupakan salah satu metode yang digunakan dalam *economic dispatch*. Pada metode ini lamda (λ) diasumsikan terlebih dahulu, kemudian dengan menggunakan syarat optimum, dihitung P_i (output setiap pembangkit). Dengan menggunakan konstrain diperiksa apakah jumlah total dari output sama dengan kebutuhan beban sistem, bila belum harga lamda ditentukan kembali

3. Metodologi Penelitian

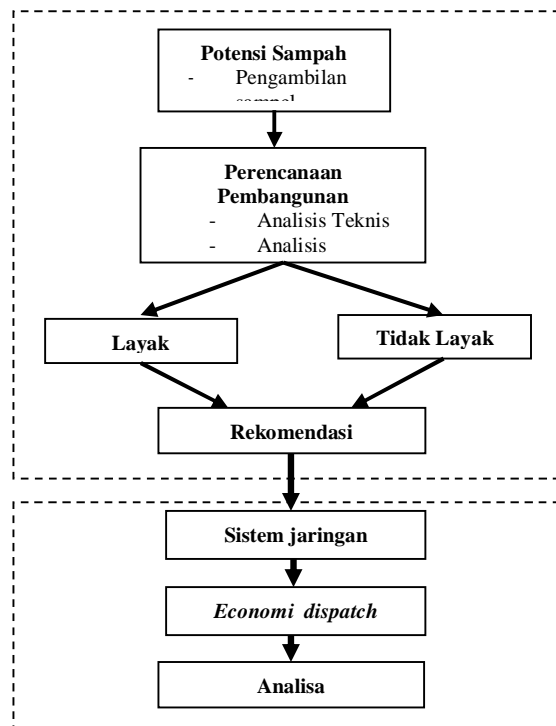
3.1 Tinjauan Umum

Beban selalu berubah sepanjang waktu dan juga selalu berkembang seiring dengan perkembangan kegiatan masyarakat yang mana tidak dapat dirumuskan secara eksak sehingga perlu diamati secara terus menerus agar dapat diketahui kearah manakah perkembangan sistem yang harus dilakukan agar sistem dapat mengikuti perkembangan beban sehingga tidak terjadi pemadaman tenaga listrik dalam sistem tersebut.

3.2 Prosedur Penelitian

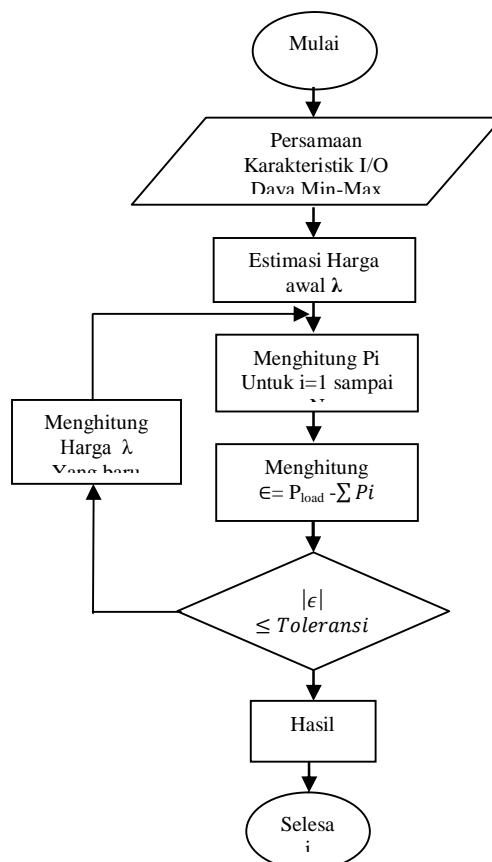
Prosedur penelitian dapat dilihat dari gambar *flowcart* berikut ini:

1. Blok Diagram Perancangan sistem Keseluruhan



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Keseluruhan

2. Blok Diagram *Economic Dispatch*



Gambar 3.2 Blok Diagram dari *Economi Dispath* dengan *Iterasi Lambda* Dengan mengabaikan rugi rugi

4. Hasil dan Analisa

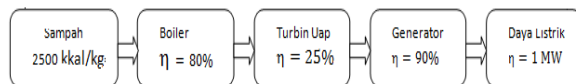
4.1 Analisa Potensi Sampah

Jumlah timbunan sampah perharinya dapat ditentukan berdasarkan standar SNI 19-3964-1994 yaitu untuk kota besar : 2-2,5 L/o/h atau 0,4-0,5 kg/o/h dan untuk kota sedang /kecil : 1,5-2 L/o/h atau 0,3-0,4 Kg/o/h. Untuk kota Bukittinggi, karena di Sumatera Barat termasuk kota besar maka untuk menentukan potensi sampah yang dihasilkan perharinya dapat menggunakan standar tersebut.

Dengan jumlah penduduk kota Bukittinggi 113.569 jiwa, maka potensi sampah yang dihasilkan adalah 56.784,5 kg atau sekitar 56 ton perharinya.

4.2 Analisa Hasil Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)

Berdasarkan potensi sampah yang ada maka direncanakan suatu pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) yang digunakan, daya listrik yang dihasilkan adalah 0,5-1 MW dengan asumsi nilai kalor sampah yang masuk ke PLTSa 2500 kkal/kg dengan kadar air 30 %. Perhitungan ini di dapat dengan menggunakan blok diagram masing masing alat konversi energi dengan efisiensi masing masing.



Gambar 4.1 Blok Diagram Efisiensi

Perhitungan di atas menggunakan asumsi sampah yang digunakan adalah sampah dengan kadar air 30 %, asumsi ini dibuat dengan pertimbangan sistem penanganan sampah dan kondisi daerah.

Dengan nilai kalor sampah yang masuk ke 2500 kkal/kg dan jumlah sampah yang tersedia 50 ton/hari maka diperoleh energi termal yang masuk ke boiler sebesar 5208,33 kkal per jam atau setara dengan 6057,29 kW. Kemudian asumsi efisiensi boiler dibuat berdasarkan harga tipikal boiler sampah yang beroperasi dengan sistem yang sama. Asumsi ini dirasa realistis karena pertimbangan efisiensi boiler batu bara konvensional yang dapat mencapai 85 %.

Sedangkan efisiensi turbin uap dibuat berdasarkan efisiensi siklus rankine yang berkisar antara 25-30 %. Maka dipilih angka 25 % untuk faktor keamanan dalam perhitungan. Sehingga daya netto yang akan digunakan untuk menggerakkan generator 1211,45 kW.

Kemudian efisiensi generator dipilih 90%, sehingga memberikan hasil daya keluaran dari generator sebesar 1.090,3 kW atau 1,09 MW. Dengan demikian dapat diharapkan PLTSa ini mampu membangkitkan daya sebesar 1 MW. Harga 1 MW setelah dikurangi 10 % untuk pemakaian sendiri.

4.3 Hasil dan Analisa Economic Dispatch

Penjadwalan dengan menggunakan iterasi lamda data yang dibutuhkan yaitu karakteristik persamaan biaya bahan bakar (Rp/jam) dari masing masing unit pembangkit thermal. Daya yang dibutuhkan sistem (P_D) serta kapasitas minimum dan maksimum pembangkit

Dari asumsi penelitian dilapangan didapat data Fungsi biaya dari Sampah yaitu :

$$Y = 2e6 + 3e6 X + 870313 X^2$$

$F(P) = 2e6 + 3e6 P + 870313 P^2$ Rp/kwh
Sedangkan fungsi biaya untuk PLTG Pauh

Limo yaitu :

$$F(P) = 304563195,846593 - 34564505,503306P + 1109257,36579 P^2 \text{ Rp/kwh}$$

Dari data tersebut diatas di asumsikan 3 unit pembangkit dengan batas generator :

$$\text{Unit 1 PLTG Pauh limo } 6.45 < P_1 < 18.275$$

$$\text{Unit 2 PLTSa 1 } 1 < P_2 < 10$$

$$\text{Unit 3 PLTSa 2 } 1 < P_3 < 35$$

Diasumsikan beban di pasok 60 MW.

Maka dapat dihitung pembagian pembebanan dengan menggunakan iterasi lamda.

Menentukan harga estimasi awal lamda ,asumsi $\lambda = 600.000$ Rp/kwh. Kemudian hitung output masing masing unit P_1, P_2 , dan P_3 .

$$P_1 = \frac{600.000 - (34564505,503306)}{2 \times 1109257,36579} = 15,85047$$

$$P_2 = \frac{600.000 - 3e5}{2 \times 870313} = -1,37881$$

$$P_3 = \frac{600.000 - 3e5}{2 \times 870313} = -1,37881$$

Dengan $P_D = 60$ MW maka di dapatkan:

$$\Delta P = P_D - (P_1 + P_2 + P_3)$$

$$\Delta P = 60 - (15,85047 - 1,37881 - 1,37881)$$

$$\Delta P = 43,90718$$

$$\Delta \lambda = 2,7446e7$$

Maka nilai λ baru :

$$\lambda_2 = \lambda + \Delta \lambda$$

$$\lambda_2 = 2,8046E7$$

Proses iterasi selanjutnya didapat hasil yaitu :

$$P_1^2 = 28.2218$$

$$P_2^2 = 14.3891$$

$$P_3^2 = 14.3891$$

Jadi :

$$\Delta P^2 = 60 - (18.275 + 14.3891) = 17.3359$$

$$\Delta \lambda = 3.0175e7$$

Iterasi ke 3 didapat harga lamda baru :

$$\lambda_3 = 5.8221e7$$

Maka harga iterasi selanjutnya adalah :

$$P_1^3 = 18,275 \text{ MW}$$

$$P_2^3 = 10 \text{ MW}$$

$$P_3^3 = 31,7250 \text{ MW}$$

$$\Delta P = 60 - (P_1 + P_2 + P_3) = 0$$

Jadi Optimum pada $\lambda_3 = 5.8221e7$

Maka biaya Optimum pembangkit unit :

$$P_1 = 304563195,846593 -$$

$$34564505,503306(18,275)$$

$$+1109257,365792(18,275)^2$$

$$= 4,3362e7$$

$$= 43.362.000 \text{ Rp/jam}$$

$$P_2 = 2e6 + 3e6(10) + 870313(10)^2$$

$$= 119.031.300 \text{ Rp/jam}$$

$$P_3 = 2e6 + 3e6(31.7250) + 870313(31,7250)$$

$$= 9,7312e8$$

$$= 973.120.000 \text{ Rp/jam}$$

Jadi Pengiriman daya optimal masing masing pembangkit :

$$\text{Unit 1 PLTG Pauh limo} = 18,275 \text{ MW}$$

$$\text{Unit 2 PLTSa 1} = 10 \text{ MW}$$

$$\text{Unit 3 PLTSa 2} = 31,7250 \text{ MW}$$

5. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bahwa sampah berpotensi dijadikan sebagai bahan bakar dari PLTSa yang dapat menggantikan bahan bakar fosil. Dengan PLTSa kita dapat menghemat energi fosil sebesar 7242000 kw per tahunnya. Dengan adanya PLTSa kita dapat memanfaatkan pada kondisi beban puncak dengan penjadwalan yang ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A.J. Wood., *Power Generation, operator, and control second edition., A Wiley-interscience publication. unitedstate of America.* 1996.
- [2]. Cekdin, C. *Sistem tenaga Listrik, Contoh Soal dan Penyelesaian Menggunakan Matlab.* Andi. Yogyakarta. 2007
- [3]. Permana, Teguh Jaya. 2010. *Kajian Pengadaan Dan Penerapan Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (Tpst) Di Tpa Km.14 Kota Palangka Raya.* Institut Teknologi Sepuluh november (ITS),Surabaya.
- [4]. Departemen Pekerjaan Umum (2007), *Buku Panduan Penyehatan Lingkungan Permukiman: Petunjuk Umum Pengelolaan Persampahan,* Ditjen. Cipta Karya, Jakarta .
- [5]. Damanhuri Henri,2010, *Diktat Kuliah TL-3104,* Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, ITB, Bandung
- [6]. Badan Standarisasi Nasional – BSN, (1994). *Tata Cara Pengelolaan Sampah di Permukiman,* SNI 03-3242-1994.
- [7]. Badan Standarisasi Nasional – BSN, (1994). *Tata Cara Pengelolaan Sampah di Permukiman,* SNI 03-3242-1994.
- [8]. Rangkuti, F., (2008), *Analisa SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis,* PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Biodata Penulis

Monice, lahir di Batusangkar pada tahun 1983. Menyelesaikan jenjang Studi program Diploma 3 di Politeknik Negeri Padang pada tahun 2006, dan melanjutkan Studi program Diploma 4 di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PEN-ITS), Lulus tahun 2009. Pada tahun 2010-2012 aktif mengajar di Amik Mitra Gama Duri. Pernah menjadi Dosen Di Amik Maha Putra dan STTP Pekan Baru. Dan sekarang ini lagi menempuh Pendidikan Magister Teknik Elektro Universitas Andalas Padang.