

METODE ANALISIS ENERGI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK

Suprpto *)

Abstrak

METODE ANALISIS ENERGI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK. Dalam proses optimasi sistem kelistrikan, pada umumnya para *planner* memfokuskan kajian terhadap sistem pada segi keekonomiannya atau dengan kata lain menggunakan metode analisis berbasis ekonomi (*Investment Analysis Model*) memakai program WASP-ENPEP. Manfaat dari hasil studi dapat diterapkan langsung pada sistem manajemen industri. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan metode analisis berbasis sistem energi pembangkit listrik yang bisa mendampingi dan sifatnya saling melengkapi terhadap metode analisis berbasis ekonomi. Metode Analisis Energi (MAE) mengkaji efektifitas unjuk kerja sistem berdasarkan perbandingan energi input dan output keseluruhan proses dari sistem.

Absract

ENERGY ANALYSIS MODEL ON THE ELECTRICITY GENERATION SYSTEMS. To achieve an optimum solution on the electical grid system, planners usually focus on economic methodology (*Investment Analysis Model*) using WASP-ENPEP for the simplicity in the adoption of the result to the industrial management. In this description to complete the study mentioned above we propose the Energy Analysis Model (EAM) as a more fundamental methodological approach on solving in the electricity generation systems expansion problem. The EAM enhances the study on balancing the energy flow used as input and output (I/O) of the power generation unit. The EAM will determine the effectiveness of the power generator unit.

*) Bidang Sistem Energi P2EN-BATAN

I. PENDAHULUAN

Metode Analisis Energi (MAE) adalah suatu metodologi tambahan untuk melakukan evaluasi dalam berbagai aspek meliputi engineering, ekonomi dan dampak lingkungan yang ditujukan untuk mengkaji efektifitas kinerja secara kuantitatif sistem konversi dan konservasi energi berbagai unit pembangkit listrik. Model ini menerapkan metodologi analisis energi total (*net energy analysis*) menggunakan satuan fisika untuk perhitungan input dan output., Satuan yang digunakan adalah satuan panas kalori. Energi input dihitung dari seluruh tahapan proses yang dilalui tetapi tidak termasuk energi yang dikandung pada bahan bakar dan material dasar yang digunakan, sedangkan energi output berupa produk listrik selama umur hidup pembangkit tersebut.

Hasil dari penggunaan model MAE ini adalah angka rasio (R) , yaitu angka besaran perbandingan antara energi input dan output yang merupakan ukuran relatif efektifitas unjuk kerja dari sistem pembangkit. Berbeda dengan model lain misalnya WASP-ENPEP (*Investment Analysis*) dengan hasil fungsi obyektif (Fo) menggunakan satuan mata uang tertentu untuk menentukan susunan atau konfigurasi sistem pembangkit yang paling ekonomis. Kelebihan MAE adalah bahwa seluruh perhitungan bernilai tetap dan validitasnya terjaga tidak seperti satuan mata uang yang lebih banyak tergantung dari pasar dan sangat rentan terhadap waktu.

Pada tabel dibawah ini dapat dilihat karakter dari Metode Analisis Energi dan program evaluasi energi WASP-ENPEP sehingga dapat dijelaskan bahwa kedua program dapat saling melengkapi.

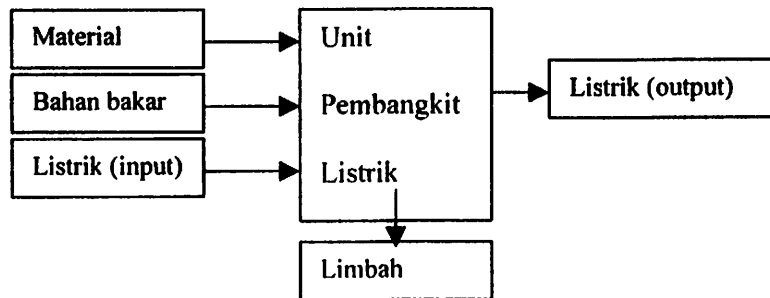
Tabel 1. Karakteristik Model Analisis Energi MAE dan WASP-ENPEP

No	Karakteristik	MAE	WASP-ENPEP
1	Obyek Studi	Unit Pembangkit	Sistem Jaringan Kelistrikan
2	Pilihan	Efisiensi Neraca Energi	Sistem Ekonomis
3	Satuan	Satuan Fisika (kalori)	Satuan Moneter/ <i>Currency</i>
4	Program	Terbuka	Terformat
5	Bank Data	Kecil	Besar
6	Externalities	Integral	Terpisah

II. METODOLOGI

Sebuah unit pembangkit listrik memerlukan material konstruksi, bahan bakar, dan aliran listrik untuk memproduksi listrik dan menyisakan limbah dalam volume tertentu sesuai dengan

sistem yang digunakan. Sistem pembangkit listrik secara sederhana dapat digambarkan seperti bagan Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Sistem Pembangkit Listrik.

Dalam kajian Metode Analisis Energi ini, prinsip pengukuran efektifitas sistem pembangkit listrik dinyatakan dalam Rasio perbandingan total output energi dengan total input energi dirumuskan sebagai berikut:

$$R = \frac{F_o \cdot E_o}{T_i + \{ F_i \cdot E_i \}} \quad (1)$$

dimana:

R = Rasio

F_o = Faktor konversi energi produk listrik.

F_o = 860 kcal/kWh = 3600 kJ/kWh

E_o = Produk listrik selama umur hidup unit pembangkit dalam kWh.

T_i = Energi termal input dalam kcal.

F_i = Faktor konversi energi input listrik dengan efisiensi 33-38,2%.

F_i = 2250-2600 kcal/kWh

F_o dan F_i tidak mempunyai harga yang sama sebab pada F_i telah dimasukkan komponen efisiensi sistem 33-38,2 %, karena aliran listrik yang dipergunakan adalah hasil dari proses pembangkitan lain atau sendiri. Energi termal input adalah seluruh energi non listrik yang digunakan pada seluruh proses pembangkitan tidak termasuk bahan bakar yang digunakan selama umur waktu pembangkitan. Energi yang digunakan oleh pekerja tidak dimasukkan dalam perhitungan. E_o dihitung sesuai dengan umur hidup pembangkit yang direncanakan 30 th (8760 jam/th) dan *capacity factor* (CF) yang telah ditentukan rata-rata 70%. T_i merupakan jumlah suksesif kebutuhan energi termal pembangkitan dari seluruh kelompok kegiatan yang terdiri dari :

A. Material Unit Pembangkit

1. Konstruksi Pembangkit
2. Operasi Pembangkit
3. Maintenance Pembangkit

B. Bahan bakar

1. Konstruksi Tambang
2. Operasi Tambang
3. Maintenance Tambang
4. Fabrikasi Bahan bakar
5. Transportasi Bahan bakar

C. Listrik

Seluruh Kebutuhan Listrik

D. Limbah

1. Konstruksi Fasilitas Limbah
2. Operasi Fasilitas Limbah
3. Dekomisioning

Proses komputasi yang paling sederhana dapat dilakukan dengan menggunakan fasilitas pemrograman Excel, karena sudah tersedia fungsi matematika yang cukup. Program disesuaikan dengan asumsi yang diambil dan data yang tersedia sehingga program ini masih berupa program yang terbuka untuk menjadikan sebuah perangkat lunak yang utuh dan perlu konsensus yang harus disepakati bersama oleh pihak pengguna.

III. HASIL STUDI

Di bawah ini kami sajikan hasil perhitungan dalam bentuk tabel dan grafik dari berbagai data acuan yang terdiri dari 2 kelompok pembangkit listrik yaitu :

1. Pembangkit listrik besar yang berpotensi masuk ke jaringan.
2. Pembangkit listrik kecil yang berpotensi untuk daerah rural (pedesaan).

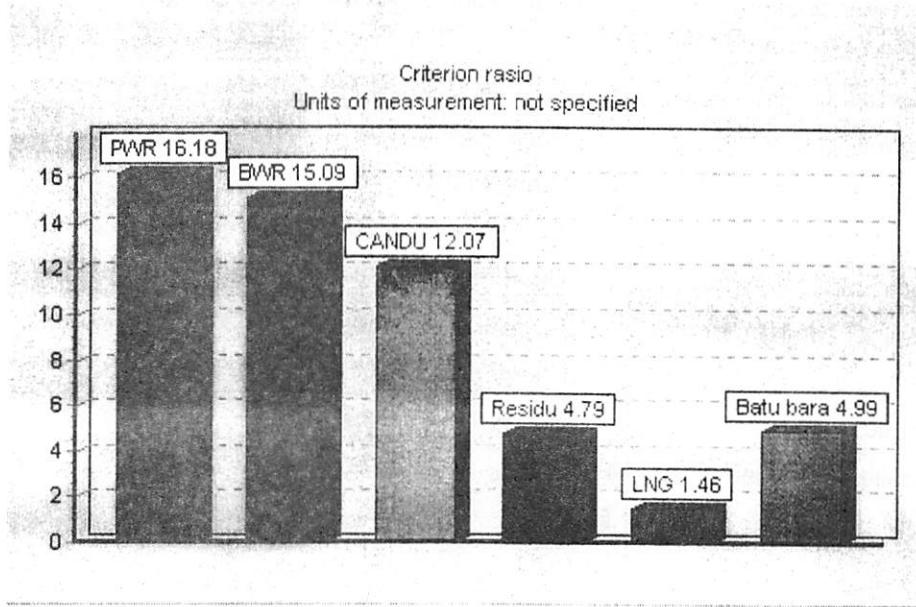
Kelompok pembangkit listrik besar terdiri dari PWR, BWR, CANDU dari pembangkit listrik tenaga nuklir dan residu, LNG, batu bara dari pembangkit listrik berbahan bakar fosil dengan daya masing-masing sebesar 1000 MW. Pembangkit besar ini cocok untuk dipasang pada sistem jaringan Jawa-Bali-Sumatra untuk menjamin pasokan daya listrik. Sedangkan pembangkit listrik kecil berdaya kurang dari 10 MW seperti PLTA, Geotermal, Angin, Gelombang, Matahari dan sel Volta cocok untuk daerah-daerah terpencil seperti Nusa Tenggara, Maluku dan daerah yang tidak terlalu padat penduduknya seperti Kalimantan dan Irian Jaya.

Tabel 2. Hasil perhitungan Rasio input-output energi pembangkit yang berpotensi masuk ke Jaringan.

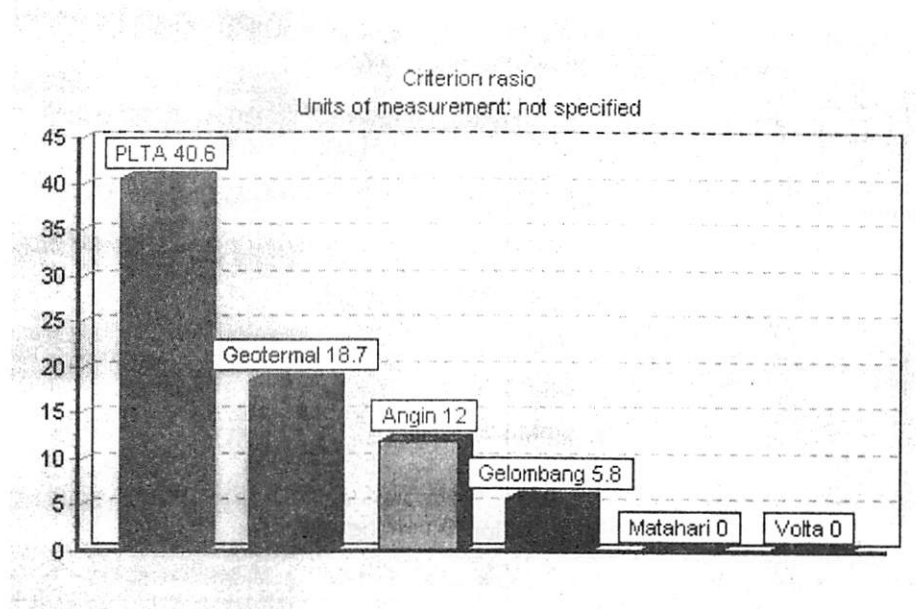
No.	Pembangkit	PWR, BWR, CANDU, Residu, LNG, Batubara
1	Asumsi Utama	<ul style="list-style-type: none"> - Daya 1000 MW_(e) - Uranium 0,1% - CF Pembangkit 70% - Umur hidup Pembangkit 30 th
2	Asumsi Tambahan	<ul style="list-style-type: none"> - F_o = 860 kcal/kWh dan F_i = 2450 kcal/kWh - Energi produksi LNG diperhitungkan
3	Rumus	$R = 860 E_o / \{ T_i + 2450 E_i \}$
4	Hasil perhitungan	PWR : 16,18 BWR : 15,09 CANDU : 12,07 Residu : 4,79 LNG : 1,46 Batubara : 4,99

Tabel 3. Hasil perhitungan Rasio input-output energi pembangkit yang berpotensi untuk daerah rural.

No.	Pembangkit	Hydro, Geotermal, Angin, Gelombang, Matahari, Volta		
1	Asumsi Utama	Pembangkit	Daya (MW _(e))	CF(%)
		Hydro	10	45
		Geotermal	10	60
		Angin	0,1	40
		Gelombang	1	27
		Matahari	5	30
		Volta	1	-
	Umur hidup pembangkit 30 th			
2	Asumsi Tambahan	Fo = 860 kcal/kWh dan Fi = 2450 kcal/kWh		
3	Rumus	$R = 860 E_o / \{ T_i + 2450 E_i \}$		
4	Hasil	PLTA	40,6	
		Geotermal	18,7	
		Angin	12,0	
		Gelombang	5,8	
		Matahari	-	
		Volta	-	



Gambar 2. Grafik hasil perhitungan Rasio input-output energi pembangkit yang berpotensi masuk ke Jaringan.



Gambar 3. Grafik hasil perhitungan Rasio input-output energi pembangkit yang berpotensi untuk daerah rural.

IV. PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil perhitungan untuk klasifikasi (1) pembangkit listrik besar yang berpotensi untuk masuk ke jaringan PWR dan BWR yang masing-masing adalah pembangkit listrik tenaga nuklir mempunyai rasio yang terbesar, hal ini mudah untuk dimengerti mengingat

keunggulan pembangkit listrik tenaga nuklir memiliki bahan bakar dan limbah yang kompak sehingga tidak banyak memerlukan energi untuk mengelolanya. Sedangkan untuk Batu bara dan LNG meliki rasio yang relatif kecil, sebab pada pembangkit listrik berbahan bakar batu bara memerlukan volume bahan bakar yang sangat besar begitu juga limbahnya, sedangkan pada pembangkit listrik berbahan bakar LNG memerlukan energi yang sangat besar untuk menyediakan bahan bakar gas mulai dari *explorasi*, dan proses *liquifaction* hingga transportasinya.

Hasil perhitungan pada klasifikasi (2) pembangkit listrik kecil yang berpotensi untuk daerah rural PLTA dan Geotermal memiliki rasio yang paling besar, hal ini disebabkan pada kedua jenis pembangkit listrik ini tidak banyak diperlukan energi transportasi untuk air maupun uap dari panas bumi begitu juga dengan volume limbah yang relatif tidak berarti. Untuk pembangkit listrik tenaga angin dan gelombang air laut nilai rasio lebih kecil sebab produksi listrik tiap-tiap unit pembangkit relatif kecil sehingga untuk memproduksi listrik yang besar diperlukan banyak material. Sedangkan untuk dua jenis pembangkit listrik terakhir yaitu pembangkit listrik tenaga matahari dan sel volta belum diketahui datanya, karena pemakaian dalam skala besar tidak lazim.

Energi yang tersimpan dalam bahan bakar tidak dihitung dalam program ini, karena kurang praktis tetapi tidak tertutup kemungkinan jika memang harus dimasukkan dalam perhitungan, hal ini merupakan kesepakatan saja. Kuantifikasi energi yang tersimpan dalam fluida kerja sangat bervariasi. Energi air pada PLTA sangat tergantung dari letak dan ketinggian reservoir atau dam, begitu juga untuk geotermal energi uap dari panas bumi tergantung kedalaman sumber panas, sedangkan energi gelombang, energi angin, dan sinar matahari tercurah begitu saja.

Studi ini hanya untuk menguji efisiensi kinerja sistem pembangkit saja tidak mencerminkan besarnya nilai investasi unit pembangkit, harga bahan bakar, biaya operasi dan perawatan, harga produk listrik, serta *cash flow*.

V. KESIMPULAN

Metode Analisis Energi memberikan tingkat efisiensi sistem pembangkit listrik dengan menghitung rasio input-output energi untuk diterapkan dalam sistem kelistrikan baik lokal, regional maupun interregional tidak terpakai pada sistem jaringan. Hasil studi hanya tergantung pada perkembangan ilmu dan teknologi itu sendiri tidak tergantung dari perubahan eksternal seperti harga pasar serta perubahan harga mata uang tertentu terhadap satu mata uang yang lain. Walaupun untuk pengambilan keputusan masih diperlukan studi lain yang meninjau sistem *benefit-cost* dan juga analisis dari segi keekonomiannya. Metode Analisis Energi ini perlu disusun menjadi sebuah program yang utuh dan dijadikan sebuah perangkat lunak yang dapat digunakan oleh para perencana untuk melakukan studi dasar sistem kelistrikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. INSTITUTE OF POLICY SCIENCE, A Study on Energy Utilization Structure and Energy Analysis. (1977)
2. RESOURCE RESEARCH INTITUTE, Science and Technology Agency (Japan), Renewable Energies and Electricity Generation, Taisei Shuppan Co. (1983)
3. IAEA, Net Energy Analysis of Different Electricity Generation Systems. (1994)
4. MISHAN,Edward J, Cost-Benefit Analysis.(1976)