

MULTI-CRITERIA EVALUATION FRAMEWORK OF ELECTRICITY FROM RENEWABLE ENERGY SOURCES

Review of Riau Energy Systems Planning

Yusra, S * ; Eddy, H ** ; Dian, Y.S **

*ITB yusra@power.ee.itb.ac.id ,

**Riau University e_g_hamdani@yahoo.com ya2n.unri@yahoo.co.id

The use of renewable energy sources (RES) for the production of electric power brings huge benefits both in terms of environmental protection as well as savings in non-renewable resources. Nevertheless, the very nature of RES raise technical and economic problems that create a considerable gap between their potential capacity and ways to feasibly exploit them. Their many different forms and the ways in which they may be used have to be carefully examined in order to evaluate the costs and other technical and environmental factors involved. The planning and appraisal of sustainable energy projects involve rather complex tasks. This is due to the fact that the decision making process is the closing link in the process of analysing and handling different types of information: environmental, technical, economic and social. Such information can play a strategic role in steering the decision maker towards one choice instead of another. Some of these variables can be handled fairly easily by numerical models whilst others, particularly ones relating to environmental impacts, may only be adjudicated qualitatively. In many cases therefore, traditional evaluation methods and the chief economic and financial indicators are unable to deal with all the components involved in an environmentally valid energy project. Multicriteria methods provide a flexible tool that is able to handle and bring together a wide range of variables appraised in different ways and thus offer valid assistance to the decision maker in mapping out the problem. This paper sets out the application of a multi-criteria method to Review of Riau Energy Systems Planning for electricity.

Keyword: decision; energy; evaluation ; multi-criteria

1. Pendahuluan

Pemenuhan akan kebutuhan energi pada dasarnya adalah pertanyaan akan ketersediaan sumber-sumber energi dan teknologinya yang siap pakai. Krisis energi yang melanda dunia telah mengubah cara pandang kita akan ketersediaan dan suplai energi dan sekaligus meningkatkan kesadaran kita akan segera habisnya sumber-daya alam. Di waktu yang bersamaan kekhawatiran akan konsekuensi lingkungan disebabkan penggunaan berlebihan bahan bakar fosil, memicu penelitian dan pengembangan teknologi energi yang ramah lingkungan.

Sektor energi nasional mulai tahun 1990-an ditandai dengan phase awal desentralisasi kelistrikan, yang menimbulkan perubahan signifikan dalam kepemilikan pembangkitan listrik oleh sektor swasta. Dimana swasta diberi kesempatan memperoleh keuntungan ekonomis dan peningkatan efisiensi dalam suplai energi. Negara menentukan tarif(kontrol harga), subsidi, dan juga aturan-aturan yang mengontrol pemilik dan sekaligus sebagai halangan masuk untuk membatasi sektor ini. Stategisnya sektor ini

menempati keseluruhan fungsi-fungsi ekonomi atas semua kebutuhan dasar, dimana kesetaraan aksesnya harus terjamin untuk semua pelaku dan konsumen.

Menargetkan penggunaan energi terbarukan akan menimbulkan dampak yang luas atas tata kelola yang ada sekarang dari industri energi, menuju kearah sistem yang lebih luas, menyebar secara geografis, teknologi yang lebih maju dan dapat menhandel pembangkit listrik dan demand listrik menyebar luas secara geografik. Sistem yang diinginkan adalah pengurangan rantai produksi energi, menghasilkan listrik dan energi langsung dari matahari, angin dan aliran air, dan secara bertahap membiarkan pengguna yang kecil kecil meningkatkan kecukupannya sendiri sehingga menjadi kurang tergantung pada instalasi yang besar pembangkitan dan distribusi energi.

Tantangannya terletak pada aspek lingkungan dan sasaran energi dapat bertemu, dan secara keseluruhan sukses dari kebijakan energi di masa mendatang dapat mendemonstrasikan pertumbuhan ekonomi, jaminan suplai energi dan perlindungan lingkungan sebagai tujuan bersama. Walaupun beberapa teknologi yang mengeksplorasi sumber energi terbarukan (SET) sudah mencapai kematangan tertentu, masih ada hambatan dalam penetrasi pasar. Hal ini menjadi persoalan pokok untuk memicu percepatan dan meningkatkan sharing pasarnya. Ini adalah strategi yang lebih disukai dalam membuat skala ekonomi dan konsekwensinya atas pengurangan biaya. Intennya perhatian langsung pada lingkungan menjadi prioritas SET yang harus memiliki pengaruh minimal pada lingkungan, lagipula meningkatnya kesadaran akan isu lingkungan yang dimodifikasi secara terpisah pada struktur pengambilan keputusan tradisional dalam bidang energi[3], sesungguhnya perlu disatukan dalam pertimbangan perencanaan energi. Dengan penerapan model keputusan multi-kriteria (MKMK) akan menghasilkan hal yang berkaitan dengan lingkungan.

Penggunaan alat dalam membuat keputusan, atau sebagai Sistem Pendukung Keputusan (SPK), SPK berdasarkan pada algoritma multi-kriteria tidak menggantikan para pengambil keputusan, hanya memberikan bantuan setiap fase dalam proses pengambilan keputusan, dengan menyuplai informasi mencapai keputusan yang transparan dengan jejak dokumen yang jelas. Berbagai studi sudah dikembangkan menggambarkan potensi penggunaan pendekatan ini untuk evaluasi opsi energi saat di bandingkan pada set kriteria dan membuat pilihan yang ada dengan jelas [1] [5], untuk assessmen proyek energi geothermal [5], untuk review penggunaan dari membuat keputusan multikriteria pada perencanaan energi [4] [7], dan [6].

2. Tinjauan Pustaka

Keputusan diambil dalam segala bidang kegiatan manusia. Keputusan dapat dianalisis dengan menggunakan berbagai pendekatan dan disiplin studi tentang perilaku individu pada ekonomi dan manajemen. Tiga paradigma utama dalam teori keputusan adalah sebagai berikut [2]:

- **Keputusan dalam kondisi kepastian** (*informasi yang sempurna*).

Hal ini memerlukan seseorang (pengambil keputusan) yang harus mengambil keputusan dengan gagasan yang jelas dan tepat atas tujuan yang ditetapkan sebelumnya, dan percaya bahwa hanya ada satu tindakan yang lebih baik dari semua kemungkinan lainnya.

- **Keputusan dalam kondisi ketidakpastian** (*uncertainty*).

Dalam hal ini pengambil keputusan tidak mampu menghasilkan semua informasi yang diperlukan untuk membuat pilihan paling rasional. Dalam keadaan seperti

itu dikatakan bahwa pengambil keputusan bekerja di bawah kondisi rasionalitas terbatas [6] dan hasil keputusannya akan tergantung pada kondisi pengetahuan yang tidak sempurna. Perbandingan kecenderungan pilihan dari berbagai opsi didasarkan pada probabilitas keadaan acak atau kondisi yang tidak terduga.

- **Keputusan multi kriteria** (*Multicriteria decision*).

Analisis multi kriteria telah berkembang dari kedua pendekatan sebelumnya, yang sebenarnya memungkinkan pilihan harus dibuat dari kemungkinan semua solusi dimana pilihan tidak dapat didasarkan pada kriteria tunggal.

Secara umum, keputusan dihasilkan oleh proses yang dinamis dan interaktif yang melibatkan berbagai pemain. Namun demikian, peranan utama dalam proses pengambilan keputusan umumnya diberikan kepada pengambil keputusan yang mengevaluasi berbagai alternatif dan peringkat mereka. Kegiatan pengambilan keputusan meliputi semua metode pembuat kebijakan yang dapat digunakan dalam tahap memilih proyek-proyek yang bersifat publik, dipengaruhi oleh isu-isu yang tidak berhubungan dengan tindakan pelaksanaan proyek itu sendiri dan konsekuensi ekonominya, tetapi juga berlaku untuk konteks sosial-ekonomi dan lingkungan secara keseluruhan. Untuk konsistensi keberlanjutan sebuah keputusan termasuk resiko yang mungkin ditemui ada kebutuhan untuk mengembangkan perencanaan dan alat manajemen yang dapat membantu para pengambil keputusan.

Menggunakan Pengembangan Evaluasi Metode Preferensi Pengorganisasian Peringkat (Preference Ranking Organization Method of Enrichment Evaluation – PROMETHEE) yang dikembangkan oleh Brans JP *et al.* [4] [7] [6] [2] dalam penelitian ini, selain memiliki semua kelebihan metode perankingan, juga mudah digunakan dan tingkat kompleksitas rendah. Metode ini didasarkan pada peringkat dan cocok untuk masalah-masalah di mana terdapat jumlah terbatas tindakan yang harus dinilai berdasarkan berbagai kriteria yang saling bertentangan. Fungsi preferensi $P_k(d)$ merupakan selisih antara evaluasi dari dua alternatif, sehingga dapat dinyatakan sebagai berikut [2]:

$$P_k = (a_i, a_m) = P_k[(a_i, a_m)] \quad (1)$$

$$P_k(c(a_i) - c_k(a_m)) = P_k(d) \in [0,1] \quad (2)$$

Setelah pengambil keputusan menjelaskan fungsi preferensi P_k ($k = 1, 2, 3, \dots, n$ - mewakili kriteria) maka sebuah vektor mengandung bobot kriteria masing-masing harus didefinisikan. $W^T = [w_1, \dots, w_k]$. Bobot π mewakili kepentingan relatif dari kriteria yang digunakan untuk penilaian, jika semua kriteria sama pentingnya maka nilai yang ditetapkan ke masing-masing akan sama. Indeks π preferensi dihitung untuk setiap pasang tindakan a_i dan a_m sebagai bobot rata-rata preferensi untuk setiap kriteria. Indeks π didefinisikan sebagai berikut [5]:

$$\prod(a_i, a_m) = \frac{\sum_{k=1}^K w_k \cdot P_k(c_k(a_i) - c_k(a_m))}{\sum_{k=1}^K W_k} \quad (3)$$

$\prod(a_i, a_m)$ merupakan kekuatan preferensi pengambil keputusan untuk tindakan a_i atas tindakan a_m mempertimbangkan semua kriteria secara simultan dan $\prod(a_m, a_i)$ berapa banyak a_m lebih disukai daripada a_i . Nilainya jatuh antara 0 dan 1 dimana:

$\prod(a_i, a_m) \cong 0$ menunjukkan preferensi yang lemah untuk a_i atas a_m untuk semua kriteria;

$\prod(a_i, a_m) \cong 1$ menunjukkan preferensi yang lemah untuk a_i atas a_m untuk semua kriteria;

Peringkat alternatif adalah model di mana preferensi dikumpulkan dengan cara hubungan yang lebih tinggi (outranking). Outranking adalah sebuah relasi biner S didefinisikan dalam A sedemikian sehingga $a_i S a_m$ jika, diberi informasi yang berkaitan dengan preferensi pengambil keputusan yang mempunyai argumen yang cukup untuk memutuskan bahwa 'a_i setidaknya sama baiknya dengan a_m' sementara tidak ada alasan untuk menolak pernyataan ini. Mari kita mempertimbangkan bagaimana setiap alternatif $a_i \in A$ dievaluasi dan karena itu menentukan dua aliran outranking berikut :

$$\Phi^+(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \prod(a_i, a_m) \quad (4)$$

Hal ini mengindikasikan preferensi untuk tindakan a_i dibanding semua yang lainnya dan menunjukkan bagaimana 'bagusnya' tindakan a_i (outranking positif).

$$\Phi^-(a_i) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \prod(a_m, a_i) \quad (5)$$

Hal ini mengindikasikan preferensi untuk semua tindakan lainnya dibandingkan dengan a_i dan menunjukkan betapa lemahnya tindakan a_i (outranking negatif).

Menyusun rangking secara keseluruhan diperlukan eliminasi dari item alternatif :

$$\Phi^{net}(a_i) = \Phi^+(a_i) - \Phi^-(a_i) \quad (6)$$

3. Metode Penelitian

Metode penelitian pada penelitian ini menggunakan metode PROMETHEE, Berikut ini prosedur menerapkannya :

Identifikasi alternatif Berdasarkan keputusan MKMK prosedur biasanya dilakukan dengan memilih antara unsur-unsur yang berbeda bahwa pengambil keputusan harus mempelajari dan menilainya menggunakan seperangkat kriteria. Masing-masing elemen tersebut disebut tindakan dan mereka membentuk bagian dari serangkaian tindakan global berlabel atau alternatif $A = \{ a_1 \dots, a_n, \dots, a_m \}$;

Mendefinisikan seperangkat kriteria. Kriteria merupakan hal yang memungkinkan alternatif dapat dibandingkan dari sudut pandang tertentu. Jadi pemilihan kriteria sangat penting dalam pemecahan masalah yang diberikan, atau sangat penting untuk mengidentifikasi keluarga koheren dari kriteria $C = \{ c_1 \dots, c_n, \dots, c_m \}$.

Evaluasi matriks. Setelah seperangkat kriteria dan alternatif dipilih maka matriks hasil dibangun. Tabulasi matriks ini, untuk setiap pasangan kriteria-alternatif, ukuran kuantitatif dan kualitatif dari efek yang dihasilkan oleh alternatif yang berkaitan dengan kriteria itu.

Menentukan indeks preferensi multi-kriteria. Tingkat preferensi dari sebuah alternatif a_i dibandingkan dengan a_m diungkapkan oleh nomor antara 0 dan 1 (0 menunjukkan tidak ada preferensi hingga 1 untuk preferensi penuh). Saat pasangan alternatif a_i dan a_m dibandingkan, hasil perbandingan tersebut harus dinyatakan dalam preferensi dengan cara berikut [4]:

$P_k(d) = 0$ berarti ada ketidakpedulian antara a_i dengan a_m atau tanpa preferensi ;

$P_k(d) \cong 0$ menyatakan suatu preferensi yang lemah untuk a_i dengan a_m ;

$P_k(d) \cong 1$ preferensi yang kuat a_i atas a_m ;

$P_k(d) = 1$ preferensi langsung untuk a_i atas a_m

4. Hasil dan Pembahasan

Pemilihan kriteria adalah bagian paling rumit dalam merumuskan masalah sebelum pengambil keputusan, dan karenanya memerlukan kehati-hatian dan perhatian yang tinggi. Jumlah kriteria sangat tergantung pada ketersediaan informasi kuantitatif dan kualitatif dan data. Di sini 9 kriteria dipilih; 5 adalah teknis-ekonomi dan 4 sosial-lingkungan. Digunakan ukuran kuantitatif 5 dari kriteria sementara sisanya 4 yang kualitatif secara alamiah, diberi skor dari 1-4 atau 1-5.

Tabel 1 menunjukkan matriks berisi alternatif dan bagaimana ini dilakukan sehubungan dengan kriteria evaluasi yang dipilih. Opsi yang diusulkan adalah sebagai berikut:

Tenaga angin, dengan turbin 600 kW (A), opsi sel surya dengan instalasi 5 MW (PV.1) atau 15 MW (PV.2). Pilihan menggunakan teknologi solar chimney dengan kapasitas daya 30 MW (SCh). Alternatif lain diusulkan dengan linear kolektor melalui parabola dengan instalasi 50 MW (PST), Pilihan lain yang diusulkan menggunakan teknologi solar tower dengan kapasitas daya 10 MW (STO), dan uap sebesar 20 MW oleh biomassa (Biom).

Tabel 1. Matrik Evaluasi

Alternatif		Kriteria								
		A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	C.1	C.2	C.3	C.4
		Biaya Invest	Biaya O&M	Resiko Finansial	Kemampuan teknologi	Waktu Realisasi	Sustainability perubahan iklim	Penerimaan masyarakat	Kontribusi pengembangan lokal	Lahan
		<i>US \$ (000)</i>	<i>US \$ (000)</i>	<i>kualitatif</i>	<i>kualitatif</i>	<i>bulan</i>	<i>ton/tahun</i>	<i>kualitatif</i>	<i>kualitatif</i>	<i>Km</i>
A	Angin 600k W	10,800	324	Rendah	komersial	18	17,720	diterima	Sedang	0.02
P.V.1	Solar Sel 5MW	30,000	450	sedang	pengembangan	24	5,900	disukai	Sedang	0.09
P.V.2	Solar Sel 15MW	75,000	1,125	tinggi	pengembangan	36	17,910	Terbagi	Agak tinggi	0.27
SCCh	Solar Chimney 30MW	153,000	11,800	Sangat tinggi	teori	36	59,160	Mayoritas tidak	Agak tinggi	6.831
PS.T	Parabolic solar rough 50MW	91,000	2,670	sedang	pilot	24	97,200	terbagi	Kurang	0.855
ST.o	Solar Tower 10 MW	36,000	2,175	sedang	pilot	36	20,880	terbagi	Sedang	0.372
Bi.o.m	Biomas 20MW	40.000	1,025	rendah	komersial	24	19,400	Mayoritas tidak	Agak tinggi	0.06

Data kinerja yang berhubungan dengan item diukur secara kuantitatif adalah ekstrapolasi dari temuan dalam literatur, Data kualitatif dievaluasi adalah hasil dari penilaian dan perkiraan. Ambang batas perhitungan dapat dilihat pada tabel 2

	A.1	A.2	A.3	B.1	B.2	C.1	C.2	C.3	C.4
Min/Mak	Min	Min	Min	Mak	Mak	Mak	Mak	Mak	Min
Bobot	0.8	0.8	0.7	0.4	0.7	0.9	0.5	0.5	0.8
Fungsi	V-	V-	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear	Linear

preferensi	Shape	Shape							
Ambang Diabaikan	-	-	0.5	0.5	1	5%	0.5	0.5	5%
Ambang Preferensi	10%	10%	1	1	1.5	10%	1	1	10%
Unit	Persen	Persen	Absolut	Absolut	Absolut	Persen	Absolut	Absolut	Persen

Tabel 2. Ambang

Alternatif dan peringkat dihitung dan ditampilkan. Hal ini didasarkan pada dasar preferensi yang kuat sehingga beberapa tindakan tetap tak tertandingi dengan metode ini. Tabel 3 menggambarkan posisi masing-masing alternatif dalam peringkat parsial dan akan segera jelas bahwa kinerja terbaik adalah A, PST dan PV.1.

Tabel 3 Rangkings

Aksi	Φ^+	Φ^-	$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$	Rangkings
A	0.6531	0.181	0.473	1
PV.1	0.4385	0.404	0.034	3
PV.2	0.3218	0.484	-0.16	6
SCh	0.2752	0.511	-0.24	7
PST	0.4503	0.363	0.088	2
STo	0.407	0.407	0	4
Biom	0.4035	0.412	-0.01	5

Jelas, tenaga angin berada pada tahap komersial dan lebih kompetitif dibandingkan dengan pengembangan teknologi energi baru dan hasil yang diperoleh bahwa mereka konsisten dengan-fakta. Berikutnya di peringkat datang pilihan STo, Biom, dan PV.2. Peringkat terendah adalah pilihan SCh. Status yang sangat inovatif dari proyek-proyek berarti bahwa teknologi mereka masih sangat belum matang dan hal ini sangat mempengaruhi risiko ekonomi-keuangan yang melekat pada pilihan inisiatif ini.

5. Kesimpulan

Tulisan ini dilakukan sebagai usaha untuk menguji kekuatan analisis multikriteria sebagai alat untuk dapat membantu dalam perencanaan sektor energi sebagai alat yang jelas dalam pengambilan keputusan. SPK sebagai sistem yang mendukung kepuasan ini cocok untuk menangani masalah-masalah yang sangat terstruktur atau semi-terstruktur (yang tidak mungkin untuk menghasilkan solusi yang ideal), dengan

membantu pengguna dalam semua tahap proses pengambilan keputusan menggunakan informasi yang relevan untuk membuat pilihan yang dapat didokumentasikan dan transparan.

Prosedur penilaian dan perencanaan energi dapat menjadi kompleks karena jumlah dan keragaman item yang di evaluasi, ketidakpastian data dan konflik antar pihak-pihak terkait. Proses pengambilan keputusan suatu proyek energi adalah sebuah lingkaran proses analisis dan penanganan jenis informasi yang berbeda dari : lingkungan, teknis, ekonomi dan sosial bahkan politik.

Seperti ditunjukkan dalam pada paper ini, analisis multikriteria dapat memberikan keputusan teknis-ilmiah sebagai alat bantu yang mampu membenarkan pilihan yang jelas dan konsisten.

Daftar Pustaka

1. Beccali M., Cellura M., Mistretta M. 2003. Decision-making in energy planning. Application of the Electre method at regional level for the diffusion of renewable energy technology. *Renewable Energy*, 28, 2063-2087.
2. Catrinu M., Bakken B.H., Holen A. 2004. Modelling local energy systems from a multicriteria perspective. Presented at the *17th International conference on efficiency, optimization, simulation and environmental impact of energy and process system*. Guanajuato - Mexico.
3. Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Riau. 2003. Laporan Akhir RUKD Provinsi Riau
4. Goumas M., Lygerou V., Papayannakis L. 1999. Computational methods for planning and evaluating geothermal energy projects. *Energy Policy*, 27, 147-154.
5. Haralambopoulos D.A., Polatidis H. 2003. Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework. *Renewable Energy*, 28, 961-73.
6. Loken E. 2007. Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, 1584-1595.
7. Pohekar S.D., Ramachandran M. 2004 Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 365-381.