



PAPER – OPEN ACCESS

Penilaian Energi Baru Terbarukan Pada Pembangkit Listrik di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process

Author : Aulia Ishak dan Wan Habibi Rahman Barus
DOI : 10.32734/ee.v2i3.700
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 2 Issue 3 – 2019 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Penilaian Energi Baru Terbarukan Pada Pembangkit Listrik di Provinsi Sumatera Utara Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process*

Aulia Ishak¹, Wan Habibi Rahman Barus²

¹Dosen Departemen Teknik Industri, ²Mahasiswa Departemen Teknik Industri

aulia.ishak@gmail.com, wan.habibi3@gmail.com

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penilaian terhadap energi baru terbarukan yang digunakan pada pembangkit listrik di Provinsi Sumatera Utara. Pembangkit listrik di Provinsi Sumatera Utara masih terdapat sekitar 78% yang menggunakan sumber daya energi tak terbarukan. Dimana, efek samping dari penggunaan sumber daya energi tak terbarukan adalah berkurangnya cadangan ketersediaan sumber energi di bumi. Pembangkit listrik yang bersumber dari energi tak terbarukan banyak mengeluarkan emisi-emisi berupa SO₂, NO₂, CO, CO₂, VHC (*Volatine Hydrocarbon*) dan SPM (*Suspended Particulate Matter*). Dimana, emisi tersebut sangatlah berbahaya bagi masyarakat yang tinggal di pembangkit jika terpapar dalam waktu yang lama. Metode yang digunakan metode AHP merupakan suatu bentuk model pendukung keputusan di mana peralatan utamanya adalah sebuah hirarki fungsional dengan input utamanya yaitu orang yang ahli dalam masalah pemilihan energi alternative. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode AHP didapatkan perhitungan bobot yang paaling tinggi terdapat pada energi baru terbarukan matahari dengan nilai 0,3715 diikuti dengan energi biomassa 0,3496 dan energi angin dengan nilai 0,2790.

Keywords: Analytical Hierarchy Process; Energi Baru Terbarukan; Pengambilan Keputusan

1. Pendahuluan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi terbarukan (UU No.30/2007). Defenisi yang lebih rinci adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumberdaya energi yang secara alamiah tidak akan habis dan dapat berkelanjutan jika dikelola dengan baik, Antara lain : panas bumi, *biofuel*, aliran air sungai, panas surya, angin, biomassa, biogas, ombak laut dan suhu kedalaman laut (PerPres No.5/2006).Peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas ekonomi akan memacu pertumbuhan di semua sektor penggerak ekonomi yang berakibat pada peningkatan kebutuhan energi. [1] Kebutuhan energi Indonesia sampai saat ini sebagian besar diperoleh dari produksi sendiri. Pemenuhan kebutuhan energi harus diimbangi oleh ketersediaan energi secara tepat, terintegrasi dan berkesinambungan agar dapat memperlancar aktivitas di semua sektor pengguna energi, seperti sector rumah tangga, transportasi, industri, komersial, pertanian dan yang lainnya. Keseimbangan antara penyediaan energi dan kebutuhan energi perlu dianalisa agar dapat memberikan gambaran peranan setiap jenis energi pada setiap kegiatan, sehingga ketersediaan dari sumber energi tersebut perlu diperhatikan.[2]

Tabel 1. Perkembangan Daya Terpasang Pembangkit Tenaga Listrik PLN menurut Tenaga Pembangkitnya (mw) Tahun 2015 – 2017

Tahun	Tenaga Diesel		Tenaga Uap	Tenaga Gas	Tenaga Gas Uap	Tenaga Air Mini (PLTMH)	Tenaga Air (PLTA)	Jumlah
	Sistem Isolasi	Sistem Interkoneksi						
2015	-	229,36	1.150	340,23	817,88	7,50	246,00	2.791,37
2016	-	396,00	1.370	243,00	818,00	7,50	246,00	3.080,00
2017	-	396,00	1.370	245,00	818,00	7,50	246,00	3.083,00

Sumber: Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Utara

Dalam dua dekade terakhir, konsumsi bahan bakar fosil di seluruh dunia telah meningkat secara signifikan kekurangan sumber energi, kenaikan harga energi dan meningkatnya jumlah pelepasan polutan ke lingkungan. Untuk alasan ini, mengembangkan sumber energi alternatif sangat penting untuk mengurangi masa depan krisis energi dan mengurangi efek negatif polutan terhadap lingkungan. Satu kelas populer sumber energi alternatif adalah sumber energi terbarukan. Khususnya di Indonesia, energi terbarukan adalah tersedia dalam bentuk tenaga surya, tenaga air, panas bumi, energi angin dan biomassa. Setiap jenis Sumber energi terbarukan memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga pemilihan yang paling tepat Sumber di antara mereka sangat penting untuk mendapatkan manfaat yang optimal.[3]

Dapat dilihat pada Tabel 1. bahwa tenaga pembangkit listrik di Provinsi Sumatera Utara sekitar 78% masih menggunakan sumber energi tak terbarukan. Energi tak terbarukan adalah energi yang diperoleh dari sumber daya alam yang waktu pembentukannya sampai jutaan tahun. Dikatakan tak terbarukan karena, apabila sejumlah sumbernya dieksploitasikan, maka untuk mengganti sumber sejenis dengan jumlah sama/baru mungkin atau belum pasti akan terjadi jutaan tahun yang akan datang.

Disisi lain sumber energi tak terbarukan tersebut, hasil akhir dari pembangkit listrik tak terbarukan tersebut menimbulkan efek berupa emisi pencemar. Emisi.-emisi yang dihasilkan berupa SO₂, NO₂, CO, CO₂, VHC (*Volatine Hydrocarbon*) dan SPM (*Suspended Particulate Matter*). Polusi ini akan menyebar dari sumbernya melalui proses dispersi dan deposisi, yang dapat menurunkan kualitas udara, tanah dan air. Efek lain juga yaitu partikel debu yang mengandung unsur radioaktif berbahaya jika terhisap masuk ke paru-paru. Terdapat pula logam berat seperti Pb, Hg, Ar, Ni, Se yang kadarnya jauh dari ambang batas khususnya yang berada disekitar pembangkit listrik tenaga uap [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut mengenai kurangnya pemanfaatan sumber daya energi terbarukan yang ada di Provinsi Sumatera Utara ini maka pemerintah harus mengambil tindakan mengenai pemanfaatan energi baru terbarukan yang ada di Provinsi Sumatera Utara . Dimana, penilaian tersebut nantinya akan dipertimbangkan agar pembangkit listrik energi non terbarukan yang ada di Provinsi Sumatera Utara dapat diganti dengan pembangkit listrik energi baru terbarukan yang lebih ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi emisi gas dan polutan yang merupakan efek dari pembangkit listrik energi non terbarukan dan juga dapat memperbaiki kondisi lingkungan yang ada dengan membangun pembangkit listrik yang ramah lingkungan.

2. Metodologi

Penelitian dilakukan dengan cara penyebaran kuesioner mulai bulan Februari 2019 sampai Maret 2019. Objek penelitian yang diamati adalah ketiga energi baru terbarukan yaitu matahari, biomassa dan angin.

Variabel yang terdapat dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah alternatif energi baru terbarukan terbaik.
2. Variabel independen pada penelitian ini, yaitu kriteria pemilihan energi baru terbarukan, yaitu aspek teknologi, aspek lingkungan, aspek ekonomi dan aspek social dan politik.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode delphi kuisisioner yang terdiri dari kuisisioner tertutup tentang penentuan kriteria, kuisisioner semi terbuka tentang kuisisioner tentang penentuan subkriteria dan AHP tentang hubungan pengaruh antar kriteria. Responden kuisisioner adalah pihak-pihak yang berhubungan dengan pemilihan energi baru terbarukan yaitu dinas energi dan pertambangan provinsi sumatera utara, praktisi di bidang energi dan akademisi di bidang energi baru terbarukan.

Tahapan pelaksanaan penelitian yaitu :

1. Dilakukan studi pendahuluan untuk mengidentifikasi masalah yang terdapat pada pembangkit listrik energi non terbarukan dan informasi lain.
2. Studi literatur dan teori pendukung untuk mendapatkan solusi atas pemecahan masalah.

3. Pengumpulan data untuk penelitian dengan kuisioner tertutup untuk mendapatkan sub kriteria dengan metode Delphi
4. Pengumpulan data untuk penelitian dengan kuisioner AHP untuk mendapatkan tingkat kepentingan.
5. Ditarik kesimpulan dan diberikan saran untuk penelitian yang dilakukan.
Analisis pemecahan masalah dimulai dari mendapatkan kriteria dan subkriteria, kemudian perhitungan bobot subkriteria dengan menggunakan AHP.

3. Pembahasan

Pengumpulan data terhadap jawaban responden dalam memilih subkriteria dari kriteria-kriteria yang terpilih dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Data Kuesioner Penentuan Subkriteria

No	Kriteria	Subkriteria	Jawaban Responden		
			R-1	R-2	R-3
1	Aspek Teknologi	Efisiensi Energi	4	4	5
		Resiko Keamanan	4	5	4
		Kapasitas Produksi Energi	5	4	5
2	Aspek Ekonomi	Biaya Investasi	4	5	5
		Biaya Operasi dan Perawatan	4	5	5
		Resiko Keuangan	4	5	5
		<i>Payback Period</i>	4	4	4
		Emisi Gas Metana	5	5	5
3	Aspek Lingkungan	Emisi CO ₂	5	5	5
		Emisi CO	5	5	5
		Penggunaan Lahan	4	4	4
		Dampak Ekosistem	5	4	5
		Tenaga Kerja	5	4	5
4	Aspek Sosial dan Politik	Dukungan/ Kebijakan Politik	4	4	4
		Dampak Kesehatan Manusia	5	4	5
		Manfaat Sosial	4	4	5

Sumber: Pengumpulan Data Kuesioner

Keterangan:

1 = Sangat Tidak Berpengaruh

2 = Tidak Berpengaruh

3 = Biasa Saja

4 = Berpengaruh

5 = Sangat Berpengaruh

Berdasarkan hasil pengumpulan data dari kuesioner penentuan subkriteria didapatkan semua subkriteria yang telah ditentukan sudah sesuai dengan untuk penilaian energi baru terbarukan karena dapat dilihat semua subkriteria sudah berpengaruh dan sangat berpengaruh.

Kuesioner *Analytical Hierarchy Process* (AHP) diawali dengan membuat struktur hierarki penilaian energi baru terbarukan pada pembangkit listrik di Provinsi Sumatera Utara. Kriteria dan subkriteria yang digunakan diuraikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar Kriteria dan Subkriteria yang Digunakan

No	Kriteria	Subkriteria	Simbol
1	Aspek Teknologi (T)	Efisiensi Energi	T-1
		Resiko Keamanan	T-2
		Kapasitas Produksi Energi	T-3
2	Aspek Ekonomi (E)	Biaya Investasi	E-1
		Biaya Operasi dan Perawatan	E-2
		Resiko Keuangan	E-3
		<i>Payback Period</i>	E-4
3	Aspek Lingkungan (L)	Emisi Gas Metana	L-1
		Emisi CO ₂	L-2
		Emisi CO	L-3
		Penggunaan Lahan	L-4
		Dampak Ekosistem	L-5
4	Aspek Sosial dan Politik (S)	Tenaga Kerja	S-1
		Dukungan/ Kebijakan Politik	S-2
		Dampak Kesehatan Manusia	S-3
		Manfaat Sosial	S-4

Sumber: Pengumpulan Data

Berikut ini adalah contoh perhitungan rata-rata geometrik untuk elemen level 2 antara T (Teknologi) terhadap E (Ekonomi) adalah sebagai berikut:

Responden 1: 3

Responden 2: 1/5

Responden 3: 7

Kemudian dilakukan perhitungan rata-rata geometrik. Maka rata-rata geometriknya adalah $=\sqrt[3]{3 \times 1/5 \times 7} = 1,6134$

Hasil perhitungan rata-rata geometrik untuk perhitungan pembobotan berpasangan antar kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Rata-Rata Geometrik Kriteria (pada Level 2)

Elemen	Teknologi	Ekonomi	Lingkungan	Sosial dan Politik
Teknologi	1.0000	1.6134	1.2599	1.4422
Ekonomi	0.6198	1.0000	1.1262	0.4807
Lingkungan	0.7937	0.8879	1.0000	1.1856
Sosial dan Politik	0.6934	2.0801	0.8434	1.0000
Jumlah	3.1069	5.5814	4.2296	4.1086

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Langkah berikutnya adalah membagi masing-masing angka di setiap sel dengan jumlah masing-masing kolom dan menghasilkan matriks normalisasi dimana angka di setiap kolom berjumlah 1 (satu).

Berikut contoh perhitungannya :

Untuk Sel T terhadap T:

$$K1 = 1,0000/3,1069 = 0,3219$$

Untuk Sel E terhadap T:

$$K2 = 0,6198/3,1069 = 0,1995$$

Dst.

Selanjutnya bobot masing-masing kriteria diperoleh dengan menghitung rata-rata setiap baris. Perhitungan rata-rata pembobotan dapat dilihat dengan rumus berikut:[5]

$$\text{Bobot: } \frac{\text{Jumlah Baris}}{n \text{ kriteria}}$$

Contoh perhitungan rata-rata pembobotan:

$$\text{Bobot T} = \frac{(0,3219 + 0,2891 + 0,2979 + 0,3510)}{4} = 0,3150$$

Rata-rata pembobotan untuk level antar kriteria dapat dilihat pada Tabel 5. sebagai berikut

Elemen	Teknologi	Ekonomi	Lingkungan	Sosial dan Politik	Bobot Parsial
Teknologi	0.3219	0.2891	0.2979	0.3510	0.3150
Ekonomi	0.1995	0.1792	0.2663	0.1170	0.1905
Lingkungan	0.2555	0.1591	0.2364	0.2886	0.2349
Sosial dan Politik	0.2232	0.3727	0.1994	0.2434	0.2597
Jumlah	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Sumber: Hasil Pengolahan Data

Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rasio konsistensi dan konsistensi matriks dengan cara sebagai berikut:

1. Perhitungan Rasio Konsistensi

Rasio konsistensi

= (Matriks perhitungan rata-rata pembobotan) x (Vektor bobot tiap baris)

$$\begin{pmatrix} 1.0000 & 1.6134 & 1.2599 & 1.4422 \\ 0.6198 & 1.0000 & 1.1262 & 0.4807 \\ 0.7937 & 0.8879 & 1.0000 & 1.1856 \\ 0.6934 & 2.0801 & 0.8434 & 1.0000 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.3150 \\ 0.1905 \\ 0.2349 \\ 0.2597 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.2927 \\ 0.7751 \\ 0.9619 \\ 1.0724 \end{pmatrix}$$

2. Perhitungan Konsistensi Vektor

Konsistensi vektor = (Rasio Konsistensi / Bobot parsial tiap baris)

$$T = 1,2927/0,3150 = 4,1044$$

$$E = 0,7751/0,1905 = 4,0689$$

$$L = 0,9619/0,2349 = 4,0950$$

$$S = 1,0724/0,2597 = 4,1299$$

$$\text{Jumlah} = 16,3982$$

3. Rata-rata (Z_{maks})

$$Z_{maks} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Konsistensi Vektor}}{n}$$

$$Z_{maks} = \frac{4,1044 + 4,0689 + 4,0950 + 4,1299}{4} = 4,0996$$

4. Consistency Index (CI)

CI digunakan untuk mengetahui tingkat konsistensi jawaban responden

$$CI = \frac{Z_{maks} - n}{n-1} CI = \frac{4,0996 - 4}{3} = 0,0332$$

5. Consistency Ratio (CR)

$$CR = \frac{CI}{\text{Random Consistency Index}}$$

Nilai random indeks untuk $n=4$ adalah 0,9, maka diperoleh nilai *consistency ratio* sebagai berikut:

$$CR = \frac{0,0332}{0,9} = 0,0369$$

Karena $CR \leq 0,1$, Maka jawaban responden konsisten.

Dengan cara yang sama maka hasil perhitungan CR pada level 2,3 dan 4 dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Konsistensi Rasio

Level	Unsur	Nilai CR	Makna
2		0,0369	Responden Konsisten
3	Teknologi	0,0405	Responden Konsisten
	Ekonomi	0,0376	Responden Konsisten
	Lingkungan	0,0147	Responden Konsisten
	Sosial dan Politik	0,0166	Responden Konsisten
4	Efisiensi Energi	0,0031	Responden Konsisten
	Resiko Keamanan	0,0028	Responden Konsisten
	Kapasitas Produksi Energi	0,0091	Responden Konsisten
	Biaya Investasi	0,0065	Responden Konsisten
	Biaya Operasi dan Perawatan	0,0695	Responden Konsisten
	Resiko Keuangan	0,0003	Responden Konsisten
	Payback Period	0,0197	Responden Konsisten
	Emisi Gas Metana	0,0684	Responden Konsisten
	Emisi CO ₂	0,0195	Responden Konsisten
	Emisi CO	0,0090	Responden Konsisten
	Penggunaan Lahan	0,0643	Responden Konsisten
	Dampak Ekosistem	0,0254	Responden Konsisten
	Tenaga Kerja	0,0853	Responden Konsisten
	Dukungan/ Kebijakan Politik	0,0122	Responden Konsisten
	Dampak Kesehatan Manusia	0,0242	Responden Konsisten
	Manfaat Sosial	0,0089	Responden Konsisten

Rata-rata pembobotan parsial dan bobot prioritas untuk level 2, 3 dan 4 dapat dilihat pada Tabel 7. sebagai berikut

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Bobot Parsial dan Bobot Prioritas

Bobot Parsial		Bobot Prioritas			
Level 2	Level 3	Level 4	Level 4	Level 3	Level 2
		0.3907	0.0363		
	0.2949	0.3216	0.0299	0.0929	
		0.2877	0.0267		
		0.3258	0.0309		
0.3150	0.3009	0.4239	0.0402	0.0948	0.3150
		0.2503	0.0237		
		0.3486	0.0444		
	0.4042	0.3560	0.0453	0.1273	
		0.2954	0.0376		
		0.4323	0.0197		
	0.2387	0.2925	0.0133	0.0455	
0.1905		0.2752	0.0125		
		0.3747	0.0162		0.1905
	0.2268	0.3123	0.0135	0.0432	
		0.3130	0.0135		
		0.3028	0.0191		
	0.3315	0.3287	0.0208	0.0631	

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Bobot Parsial dan Bobot Prioritas (Lanjutan)

Bobot Parsial			Bobot Prioritas		
Level 2	Level 3	Level 4	Level 4	Level 3	Level 2
		0.3685	0.0233		
		0.2815	0.0109		
	0.2030	0.3459	0.0134	0.0387	
		0.3726	0.0144		
		0.3267	0.0213		
	0.2776	0.4189	0.0273	0.0652	
		0.2544	0.0166		
		0.4159	0.0136		
	0.1397	0.4836	0.0159	0.0328	
		0.1006	0.0033		
		0.4544	0.0148		
0.2349	0.1388	0.4338	0.0141	0.0326	0.2349
		0.1118	0.0036		
		0.4502	0.0182		
	0.1723	0.2622	0.0106	0.0405	
		0.2876	0.0116		
		0.5612	0.0358		
	0.2717	0.3684	0.0235	0.0638	
		0.0705	0.0045		
		0.2834	0.0159		
	0.2161	0.3904	0.0219	0.0561	
		0.3262	0.0183		
		0.2952	0.0136		
	0.1780	0.2851	0.0132	0.0462	
0.2597		0.4197	0.0194		0.2597
		0.4744	0.0375		
	0.3042	0.2711	0.0214	0.0790	
		0.2544	0.0201		
		0.2970	0.0233		
	0.3017	0.3235	0.0253	0.0784	
		0.3796	0.0297		

Adapun bobot alternative energi baru terbarukan dapat dilihat pada tabel 8. Adalah sebagai berikut.

Tabel 8. Bobot Alternatif Energi Baru Terbarukan

Energi Baru Terbarukan	Bobot	Rangking
Matahari	0.3715	1
<i>Biomassa</i>	0.3496	2
Angin	0.2790	3

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kriteria penilaian energi baru terbarukan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari 4 kriteria yakni aspek teknologi , aspek ekonomi, aspek lingkungan, dan aspek sosial dan politik yang dikembangkan menjadi 16 subkriteria yaitu efisiensi energi, resiko keamanan, kapasitas produksi energi, biaya investasi, biaya operasi dan perawatan, resiko keuangan, *payback periode*, emisi gas metana. Emisi CO₂, emisi CO, penggunaan lahan, dampak ekosistem, tenaga kerja, dukungan/kebijakan politik, dampak kesehatan manusia, manfaat social.
2. Bobot prioritas alternatif energi baru terbarukan masing-masing diperoleh Matahari (0,3715), *biomassa* (0,3496), dan Angin (0.2790). berdasarkan bobot prioritas, energi Matahari unggul dibandingkan kedua alternatif lainnya.

Referensi

- [1] Haryanto, Agus. 2017. Energi Terbarukan. Innosain. Bandar Lampung
- [2] BPS (Badan Pusat Statistik), 2018. Neraca Energi Indonesia 2013-2017. No. Publikasi 05330.1809
- [3] Tasri, Adek. dkk 2013. *Selection Among Renewable Energi Alternatives Based on a Fuzzy Analytic Hierarchy Proccess in Indonesia*. Indonesia. Universitas Andalas.
- [4] Iswan, 2010. Penanggulangan Limbah PLTU. Universitas Khairun: Ternate.
- [5] Saaty, Thomas L. 1994. *Pengambilan Keputusan. PT Pustaka Binaman Pressindo*. Jakarta.