

Analisis Pengaruh Indikator Terhadap Keberlanjutan Energi di Provinsi Banten

Andri Zulkarnaini^{1✉}, Leonard Lisapaly², Martua Manik³, Rudy Yulianto⁴

^{1,2} Program Studi Magister Teknik Elektro, Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia, Indonesia

³ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia

⁴ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Universitas Jayabaya, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 09-03-2024

Direvisi : 20-03-2024

Diterima : 26-03-2024

Kata Kunci:

Energi keberlanjutan,
Indikator energi, Kebijakan
energi

Keywords :

*Energy sustainability, Energy
indicators, Energy policy*

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, keberlanjutan energi di Provinsi Banten dianalisis berdasarkan sejumlah data energi sebagai indikator. Tujuan penelitian ini adalah menyajikan indikator baru, menyelidiki dan mengembangkan berbagai indikator yang dapat digunakan untuk menentukan kebijakan dan meningkatkan indeks pengembangan keberlanjutan energi. Semua indikator diselidiki, selanjutnya tujuh indikator dipilih untuk studi mendalam, data terkait untuk masing-masing indikator dikumpulkan dan dianalisis menggunakan metode analisis korelasi untuk mendapatkan indikator kuat dan lemah, sehingga tahap terakhir dapat ditentukan langkah kebijakan. Hasil analisis menunjukkan 7 indikator dipilih dan periode tahun 2021 adalah indikator kebijakan yang terbaik dengan angka rentang 1 sebagai korelasi positif yang sangat kuat untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan menggantinya dengan energi terbarukan, sehingga para pembuat kebijakan dan ahli energi harus memiliki perencanaan yang matang untuk menerapkan kebijakan yang telah ditetapkan dengan memperhatikan keseimbangan perekonomian, keamanan pasokan energi, dan pelestarian fungsi lingkungan, maka prioritas utama pengembangan energi harus mengadopsi prinsip energi yang ramah lingkungan.

ABSTRACT

In this study, energy sustainability in Banten Province is analyzed based on several energy data as indicators. The purpose of this research is to present new indicators and investigate and develop various indicators that can be used to determine policies and improve the energy sustainability development index. All indicators were investigated, then seven indicators were selected for in-depth study, related data for each indicator were collected and analyzed using the correlation analysis method to obtain strong and weak indicators so that the last stage can be determined policy measures. The results of the analysis show that 7 indicators were selected and the period of 2021 is the best policy indicator with a range of 1 as a very strong positive correlation to reduce the use of fossil fuels and replace it with renewable energy, so policymakers and energy experts must have careful planning to implement the established policies by taking into account the balance of the economy, security of energy supply, and preservation of environmental functions, then the top priority of energy development should adopt the principle of environmentally friendly energy.

Corresponding Author :

Andri Zulkarnaini

Program Studi Magister Teknik Elektro, Program Pascasarjana, Universitas Kristen Indonesia, Indonesia
Jl. Mayor Jendral Sutoyo No.2, Cawang, Jakarta Timur 13630 Indonesia

Email: andri.zulkarnaini@gmail.com

PENDAHULUAN

Perkembangan dan pertumbuhan ekonomi di Provinsi Banten dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kekayaan sumber alam, letak geografis dan wilayah yang strategis, sehingga menjadi daya tarik bagi investor untuk berinvestasi di sektor industri dan perdagangan. Pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi setiap negara terutama di sektor industri tidak lepas dari keterikatan penggunaan energi untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (Razmjoo, A., et al, 2019). Energi merupakan faktor terpenting untuk kelangsungan kehidupan umat manusia disetiap negara (A. Razmjoo et al., 2017). Saat ini, sumber energi utama berasal dari bahan bakar fosil yang tak terbarukan dan tentunya tak ramah lingkungan (Fathurohman et al., 2022). Namun, ada dua masalah utama yang disebabkan oleh bahan bakar fosil yaitu; polusi udara dan pemanasan global, yang mengancam kehidupan manusia dan tumbuhan, sehingga menghambat perkembangan energi berkelanjutan (Ebadati et al., 2019). Untuk mencegah masalah ini semakin meluas langkah menuju keberlanjutan akan berguna dan efektif.

Konsep keberlanjutan memiliki arti bahwa kebutuhan yang didapat tanpa perlu menghabiskan sumber daya alam atau merusak lingkungan (Davarpanah & Mirshekari, 2018). Konsep keberlanjutan juga membutuhkan diskusi dan studi konseptual serta analisis. Untuk mencapai keberlanjutan, selain indikator jenis tertentu, juga diperlukan pemantauan teratur terhadap pengaruh kebijakan-kebijakan, dan strategi yang dipilih (A. A. Razmjoo et al., 2019). Sebagai contoh, untuk membantu meringankan masalah dan mengembangkan negara, para pembuat kebijakan di semua negara harus memahami secara menyeluruh kondisi energi dan keberlanjutan saat ini (Ebadati et al., 2019). Selain itu, mereka harus membuat pilihan yang sadar dan seimbang mengenai indikator keberlanjutan agar dapat menyediakan lingkungan pembangunan dan operasional bagi negara untuk mencapai pembangunan berkelanjutan dari waktu ke waktu (Moldan et al., 2012). Oleh karena itu, indikator keberlanjutan energi dapat digunakan sebagai alat yang kuat oleh para pembuat kebijakan untuk menilai tingkat keberlanjutan dari berbagai wilayah, bisnis, dan sektor energi.

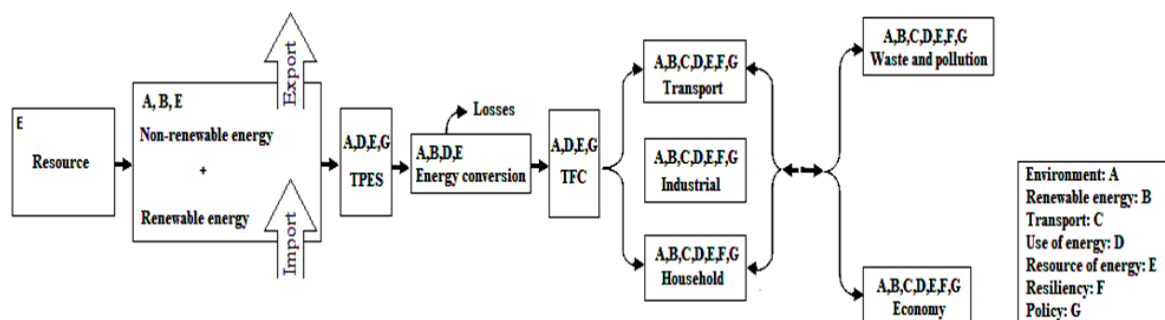
Penelitian dari luar dan dalam negeri sebelumnya telah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan di negara Iran, menunjukkan bahwa energi terbarukan sangat berpengaruh dalam mencapai keberlanjutan energi (A. A. Razmjoo et al., 2019). Penelitian lain menggunakan metode kuantitatif terapan untuk mengevaluasi keberlanjutan energi menggunakan *Pressure-State-Response* sebagai studi kasus di Cina (Li et al, 2019). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada tiga dimensi utama yaitu energi, ekonomi, dan lingkungan mengembangkan sistem indeks energi berkelanjutan yang terdiri dari 20 indikator. Metode analisis tematik telah dilakukan (Fu et al., 2021), di kutip dari publikasi yang relevan dan mengarah pada identifikasi empat tema yang saling terkait dari pengembangan energi berkelanjutan yaitu; akses ke layanan energi modern yang terjangkau, pasokan energi berkelanjutan, konsumsi energi berkelanjutan, dan keamanan energi.

Pencapaian pembangunan berkelanjutan di Provinsi Banten ditinjau dari potensi sektor maritim, telah dikaji (Darma, 2019). Pembangunan dititik beratkan pada tiga pendekatan, yaitu; ekonomi, sosial budaya, dan lingkungan. Ketahanan terhadap energi terbarukan melalui penggunaan tenaga surya sebagai sumber energi yang tidak terbatas dan berkelanjutan, serta bagaimana potensi ini dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi nasional di masa depan telah dikaji (Alim et al., 2023). Pengembangan generasi kedua biomassa sebagai pengganti bahan bakar fosil dari tumbuhan alang – alang di Provinsi Banten (Hidayat et al., 2019). Hasil menunjukkan bahwa produksi bio-oil meningkat seiring dengan suhu, mencapai puncaknya pada suhu 500 °C dengan persentase 37,91%. Menurut (Ramdani & Febriasari, 2018), pengembangan EBT di Provinsi Banten tetap harus didorong dari faktor sumber daya, politik, regulasi, kultur masyarakat dan para pembuat kebijakan dalam pemanfaatan energi di Provinsi Banten

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model kebijakan yang didasarkan pada potensi energi baru terbarukan dan diharapkan dapat berfungsi sebagai panduan dalam penyusunan strategi dan sasaran untuk pengembangan energi berkelanjutan di Provinsi Banten di masa mendatang. Fokus dari model ini adalah untuk mencapai sistem energi baru terbarukan yang mandiri dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan analisis korelasi untuk mengetahui dua variabel atau kumpulan data, serta tingkat kekuatan hubungan tersebut dalam menentukan indikator keberlanjutan energi. Langkah pertama diselidiki dari semua indikator energi yang terkait, kemudian dipilih tujuh indikator dalam penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1. Selanjutnya berdasarkan data BPS Provinsi Banten periode tahun 2017–2021 dilakukan analisis korelasi untuk memilih indikator-indikator yang tepat dan memperoleh titik-titik kuat dan lemah dari masing-masing indikator tersebut. Langkah terakhir dan berdasarkan analisis ini, di peroleh bagian kuat dan lemah dari setiap periode tahun berdasarkan indikator untuk menentukan langkah kebijakan.



Gambar 1. Skema Pasokan Energi dari Sumber Data Primer (A. A. Razmjoo et al., 2019)

Data Ketahanan Energi Provinsi Banten

Berdasarkan sumber data BPS tahun 2020, Provinsi Banten termasuk salah satu dari enam provinsi di Indonesia dengan jumlah penduduk terbanyak, di belakang Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, Sumatera Utara, dan DKI Jakarta. Kesejahteraan rakyat sebagai tujuan pembangunan ekonomi tidak akan tercapai jika pertumbuhan penduduk tidak terkendali (Fathurohman et al., 2022). Tabel 1 menunjukkan sumber data penelitian yang diambil dari data Badan Pusat Statistik Provinsi Banten selama kurun waktu tahun 2017 sampai dengan 2021.

Tabel 1. Ketahanan Energi Provinsi Banten Tahun 2017- 2021

Indikator	2017	2018	2019	2020	2021	Unit
POP	124,48	126,89	129,27	119,05	120,06	Million People
GDP	4101,36	4340,14	4566,2	4411,48	4609,63	Milliar Rupiah
CO ₂	456,92	548,37	593,72	535,45	536,83	Thousand ton CO ₂
TPES	219,88	229,44	239,05	250,95	260,51	Ktoe
TEPR	5,043	5,133	5,222	5,312	5,401	Ktoe
AREE	0,774	0,933	1,023	1,182	1,341	Ktoe
TFCFFT	27455,65	27733,3	28590,4	29474,3	31025,5	Ktoe
TFCT	27465,8	27742,4	28623,2	29500,3	31110,1	Ktoe
TFCET	25,97	27,29	28,75	30,11	32,6	Ktoe
LE	1748,37	1899,81	2076,19	2256,02	2465,1	Ktoe
TFCI	9453,44	9930,98	10376,7	11208,7	12246,4	Ktoe
TFRCR	3672,26	4114,91	4408,76	5051,52	5174,56	Ktoe
TFCC	2006,07	2130,65	2182,89	2280,97	2381,65	Ktoe
ELC	17088,12	17716,8	18719	19232,1	20504,5	Ktoe
TREP	1902,41	2234,99	2567,57	2900,15	3232,73	Ktoe
TEP	138,42	145,7	161,88	170,4	260,69	Ktoe
TFFP	8867,69	9311,07	9777,88	10266,8	10780,1	Ktoe
EEX	21988,52	22944,6	23900,6	25095,6	26051,6	Ktoe
AE	120,74	123,93	126,68	118,32	119,71	Thousand of population
RIFR	4928	4928	4928	4928	4928	Ha

LA 9663 9663 9663 9663 9663 km²

Indikator Penelitian

Indikator adalah alat efektif untuk membantu pembuat kebijakan dan ahli energi dalam mengukur keberlanjutan energi, analisa energi, dan statistik, sehingga dapat memperbaiki kelemahan sistem energi pada suatu wilayah. Salah satu alasan utama untuk pemilihan kelompok indikator adalah indikator dapat memainkan peran penting dalam sebagian besar kehidupan, menciptakan kualitas hidup yang lebih baik dan kesejahteraan global akan meningkat. Berikut indikator yang efektif terkait keberlanjutan energi di Provinsi Banten ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Indikator penelitian

Category	Group of indicators	Code	Nomenclature
Environmental impact	CO ₂ /POP	CO ₂	CO ₂ emission,
	CO ₂ /GDP	POP	Population,
	CO ₂ /TPES,	GDP	Gross domestic product
	TCO ₂	TPES	Total primary energy supply
		TCO ₂	Total CO ₂ emission
Renewable energy	TEPR	TEPR	Total energy production from renewable
	AREE/TEPR	AREE	energy
	TREP/TEP	TREP	Electricity production
	TEP	TEP	Total Renewable energy production
Transport			Total energy production
	TFCFT/TFCT	TFCFT	Total final consumption of fossil fuel in
	TFCE/TFCT	TFCT	transport
	TFCT	TFCE	Total final consumption in transport
Use of energy			Total final consumption of electricity in
	TPES/GDP	LE	transport
	LE/TPES	TFCL	Loss of energy
	TFCL/POP	TFCL	Total final consumption in industry
	TFCL/POP	TFCL	Total fuel consumption in residential
Resource access to energy	TFCC/POP	TFCC	Total final consumption in commercial
	TPES/GDP		
	TREP/TEP	TFFP	Total final fossil production Total
	TFFP/TEP		
Resilient & safety	TEP		
	AE, RIFR	AE	Access to electricity
Policy	POP/LA	RIFR,	Renewable internal freshwater resources
	EEX/EIM	EEX	Energy import
	GDP/POP	EIM	Energy export

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mencapai hasil yang dapat diterima dalam penelitian ini, pertama-tama harus mengumpulkan data yang diperlukan untuk semua sub-indikator yang terkait dengan kelompok indikator utama. Selanjutnya, data harus diselidiki dan diuraikan menggunakan rumus.

Formulasi Korelasi dan Normalisasi

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, koefisien korelasi mengambil nilai yang berkisar antara 0 dan 1, mengembalikannya menjadi nilai yang berkisar antara -1 dan 1, yang menunjukkan korelasi sempurna, dan menormalkan rentang sel Array1 dan Array2, yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara dua properti. Persamaan (1) digunakan untuk memperoleh nilai korelasi.

$$r_{(x,y)} = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{(\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2)^{1/2}} \quad (1)$$

Dalam rumus ini, $\bar{x}$ dan $\bar{y}$ adalah rata-rata sampel (array1). Selain itu, untuk menghitung normalisasi dapat menggunakan Persamaan (2).

$$X_m = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (2)$$

Dimana dalam rumus ini, X_m adalah nilai indikator, x adalah bilangan sebenarnya; X_{min} adalah angka minimum dan X_{max} adalah angka maksimum. Sedangkan perbedaan indikator dengan berbagai rentang dan dimensi dapat digunakan teknik normalisasi yang disebut metode UNDP untuk memperoleh hasil (Iddrisu & Bhattacharyya, 2015). Ketika indikator definisi harus memiliki nilai tinggi, maka angka harus diatur secara merata sehingga dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3).

$$V = \frac{V_{act} - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (3)$$

Dalam rumus ini, V adalah nilai indikator, V_{act} adalah indikator aktual setiap periode tahun, V_{max} adalah nilai maksimum dari indikator dan V_{min} adalah nilai minimum dari indikator tersebut. Data asli ini dapat membantu menemukan sub-indikator akhir yang tepat, yang memiliki pengaruh besar terhadap upaya untuk menentukan keberlanjutan energi di masa yang akan datang di Provinsi Banten. Tabel 3 menunjukkan data indikator yang dipilih sebelum dinormalisasi.

Tabel 3. Indikator sebelum normalisasi

Indikator	Provinsi Banten					Unit
	2017	2018	2019	2020	2021	
CO_2/POP	3,67	4,32	4,59	4,49	4,47	<i>Mt CO₂/capita</i>
CO_2/GDP	0,111	0,126	0,13	0,121	0,116	<i>Mt CO₂/Billion IDR</i>
TCO_2	456,92	548,37	593,72	535,45	536,83	<i>Milliar ton of CO₂</i>
$CO_2/TPES$	2,07	2,39	2,48	2,13	2,06	<i>Mt CO₂</i>
TEPR	5,043	5,133	5,222	5,312	5,401	Ktoe
AREE/TEPR	0,15	0,18	0,19	0,22	0,24	Ktoe
TFCFT/TFCT	0,9996	0,9997	0,9988	0,9991	0,9972	Ktoe
TFCET/TFCT	0,000945	0,000983	0,001004	0,00102	0,001047	Ktoe
TFCT	27465,8	27742,4	28623,2	29500,27	31110,05	Ktoe
LE/TPES	7,91	8,28	8,68	8,98	9,46	Ktoe
TFCI/POP	75,94	78,26	80,27	94,15	102,02	Ktoe
TFRCR/POP	29,5	32,42	34,1	42,43	43,09	Ktoe
TFCC/POP	16,11	16,79	16,88	19,15	19,83	Ktoe
TPES/6DP	0,051	0,052	0,053	0,056	0,056	Ktoe
ELC/POP	137,27	139,62	144,8	161,54	170,78	Ktoe
TREP/TEP	13,74	15,33	15,86	17,02	12,4	Ktoe
TFFP/TEP	64,06	63,9	60,4	60,25	41,35	Ktoe
TEP	138,42	145,7	161,88	170,4	260,69	Ktoe
AE	120,74	123,93	126,68	118,32	119,71	<i>Thousand of population</i>
RIFR	4.928	4.928	4.928	4.928	4.928	Ha
POP/LA	0,012	0,013	0,013	0,012	0,012	sq. km
GDP/POP	32,94	34,2	35,32	37,05	38,39	<i>Billion IDR/capita</i>

Tabel 3 menunjukkan indikator yang dipilih untuk melakukan analisis korelasi lebih dalam untuk studi ini. Tingginya jumlah indikator memungkinkan untuk mengambil keputusan yang lebih baik dan juga dapat memilih indikator yang efektif secara akurat untuk mencapai keberlanjutan energi. Oleh karena itu, hal ini perlu diperbaiki dan diselesaikan dengan melakukan langkah pertama menyelidiki semua indikator energi yang terkait dengan tujuh indikator yang

dipilih dalam penelitian ini dan setelah itu, dengan menggunakan analisis korelasi, memilih indikator-indikator yang tepat dan kemudian memperoleh titik kuat dan lemah dari masing-masing indikator tersebut.

Sumber data diambil dari data Badan Pusat Statistik Provinsi Banten dengan kurun waktu tahun 2017 sampai dengan 2021, sehingga terlihat beberapa indikator sebelum normalisasi pada tahun 2019 total emisi karbon meningkat seiring tingginya jumlah industri manufaktur dan populasi penduduk di Provinsi Banten. Hal ini disebabkan penggunaan batu bara, yang menghasilkan emisi CO_2 sebesar 64% (Sabubu, 2020), selain itu polusi kendaraan sebagai penyebab utama tingginya emisi CO_2 yang berdampak terhadap kesehatan lingkungan dan pemanasan global (Batool et al., 2022).

Untuk mencapai hasil yang logis dalam studi ini, semua periode tahun harus dievaluasi berdasarkan masing-masing indikator secara terpisah. Tahapan ini memiliki dua tujuan utama. Pertama, menunjukkan kinerja setiap data periode tahun berdasarkan indikator-indikator tersebut dan kemudian mendapatkan bagian yang lemah dan kuat dari data periode tahun tersebut, sehingga didapatkan analisis indeks indikator (dimensi fraksi, "1") yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis indikator setelah normalisasi

Indikator	Provinsi Banten				
	2017	2018	2019	2020	2021
CO_2/POP	0,0	0,7	1,0	0,9	0,9
CO_2/GDP	0,0	0,8	1,0	0,5	0,3
TCO_2	0,0	0,7	1,0	0,6	0,6
$CO_2/TPES$	0,0	0,8	1,0	0,2	0,0
TEPR	0,0	0,3	0,5	0,8	1,0
AREE/TEPR	0,0	0,3	0,4	0,8	1,0
TFCFT/TFCT	1,0	1,0	0,6	0,8	0,0
TFCET/TFCT	0,0	0,4	0,6	0,7	1,0
TFCT	0,0	0,1	0,3	0,6	1,0
LE/TPES	0,0	0,2	0,5	0,7	1,0
TFCI/POP	0,0	0,1	0,2	0,7	1,0
TFCR/POP	0,0	0,4	0,5	1,0	1,0
TFCC/POP	0,0	0,2	0,2	0,8	1,0
TPES/6DP	0,0	0,2	0,4	1,0	1,0
ELC/POP	0,0	0,1	0,2	0,7	1,0
TREP/TEP	0,3	0,6	0,8	1,0	0,0
TFFP/TEP	1,0	1,0	0,8	0,8	0,0
TEP	0,0	0,1	0,2	0,3	1,0
AE	0,3	0,7	1,0	0,0	0,2
RIFR	0,0	0,2	0,5	0,7	1,0
POP/LA	0,0	1,0	1,0	0,0	0,0
EEX	0,0	0,2	0,5	0,8	1,0
GDP/POP	0,0	0,2	0,4	0,8	1,0

Hasil analisis indikator setelah normalisasi terdapat beberapa indikator yang menjadi perhatian serius pemerintah untuk menentukan langkah kebijakan dimasa depan antara lain:

1. Dampak lingkungan

Dalam faktor ini, data periode setiap tahun seharusnya memiliki konsumsi CO_2 yang rendah lebih baik dengan angka rentang $0 < r < 1$. Karena indikator ini menekankan pada rendahnya emisi bahan bakar fosil, terlihat periode tahun 2021 lebih baik dari periode lainnya.

2. Energi terbarukan

Konsumsi energi terbarukan yang tinggi dengan angka rentang $0 < r < 1$, hal ini memiliki dua manfaat. Pertama, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan

- kedua, polusi yang rendah. Oleh karena itu, sebisa mungkin menggunakan energi terbarukan harus menjadi prioritas bagi setiap negara dalam rencana keberlanjutan energi.
3. Transportasi
Dalam indikator ini penekanan dititik beratkan terhadap energi terbarukan dengan rentang angka 0 hingga 1 sebagai korelasi positif yang sangat kuat, meskipun bahan bakar fosil merupakan sumber daya utama pasokan energi, namun sebaiknya digunakan energi terbarukan sebagai pengganti bahan bakar fosil dan hal ini dapat dilakukan secara perlahan-lahan dalam jangka waktu tertentu. Akses terhadap lebih banyak listrik direkomendasikan untuk indikator ini karena akan menyebabkan lebih banyak penggunaan transportasi umum dan hal ini akan menghasilkan emisi CO_2 yang rendah.
 4. Penggunaan energi
Indikator ini memiliki tingkat kerumitan yang rendah dengan rentang angka $0 < r < 1$. Artinya, jika sebuah negara dapat menggunakan lebih banyak energi, sebenarnya hal tersebut menunjukkan bahwa negara tersebut tidak bergantung pada impor energi. Namun, yang paling penting dalam hal ini adalah keseimbangan dalam jenis energi yang digunakan di suatu negara.
 5. Akses sumber daya energi
Angka rentang 1 sebagai korelasi positif yang sangat kuat, karena lebih banyak sumber daya untuk setiap negara adalah sebuah nilai, tetapi penggunaan yang benar akan lebih berharga. Sebuah negara dengan perencanaan yang tepat dan kebijakan yang efektif dapat menggunakan sumber daya energi dengan benar dalam garis keberlanjutan energi.
 6. Tangguh dan aman
Akses terhadap listrik, air yang sehat lebih penting dalam indikator dengan rentang angka 1, karena menyediakan kebutuhan primer sangat penting untuk kesejahteraan penduduk.
 7. Kebijakan
Angka rentang 1 untuk indikator ini harus lebih diperhatikan. Karena kebijakan yang tepat adalah salah satu hal yang paling penting untuk memajukan dan menjaga sumber daya yang ada, juga kebijakan yang tepat dapat mengarah pada pencapaian keberlanjutan energi.

Hasil Korelasi Normalisasi

Untuk mencapai hasil yang logis dalam studi ini, semua data tahun harus dievaluasi berdasarkan setiap indikator secara terpisah, sehingga mendapatkan bagian yang lemah dan kuat dari data tersebut. Perhitungan akhir untuk setiap indikator dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Persamaan (4).

$$U = \frac{\sum_{k=1}^n (1-v_y) + \sum_{k=n+1}^n U_y}{N} \quad (4)$$

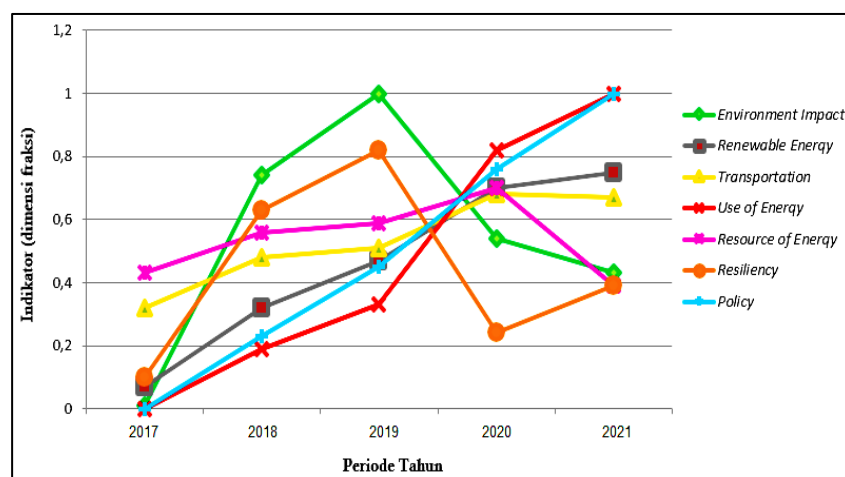
Teknik ini digunakan untuk setiap array dan dibandingkan satu sama lain sehubungan dengan indikator utama masing-masing. Selain membantu dalam memilih sub-indikator yang tepat untuk langkah akhir, analisis ini juga menunjukkan sub-indikator mana yang paling dekat dengan keberlanjutan energi sebelum pilihan akhir, sehingga masing-masing dari keduanya dapat digunakan pada langkah pemilihan akhir. Tabel 5 menunjukkan jumlah data indikator yang diperoleh setelah langkah normalisasi dalam satuan *dimensionless* dalam fraksi "1". Rentang data yang diperoleh untuk memudahkan analisis dan harus identik. Seperti dapat dilihat, rentang indikator normalisasi harus berada pada *range* 0 dan 1, dimana *range* maksimum adalah 1 sebagai indikator kuat dan minimumnya adalah 0 sebagai indikator lemah.

Tabel 5. Hasil akhir analisis setelah tahap normalisasi (*dimensionless* dalam fraksi)

<i>Years's</i>	<i>Environment Impact</i>	<i>Renewable Energy</i>	<i>Transportation</i>	<i>Use of Energy</i>	<i>Resource of Energy</i>	<i>Resiliency</i>	<i>Policy</i>
2017	0,0	0,1	0,3	0,0	0,4	0,1	0,0
2018	0,7	0,3	0,5	0,2	0,6	0,6	0,2
2019	1,0	0,5	0,5	0,3	0,6	0,8	0,5
2020	0,5	0,7	0,7	0,8	0,7	0,2	0,8
2021	0,4	0,8	0,7	1,0	0,3	0,4	1,0

Tabel 5 menunjukkan hasil akhir analisis normalisasi, dimana total konsumsi energi, serta konsumsi bahan bakar fosil, sumber daya terbarukan, dan kebijakan dengan memperlihatkan dua warna yang luar biasa, hijau dan merah. Warna hijau menunjukkan indikator yang kuat untuk data periode tahun 2017 sampai dengan tahun 2021, sedangkan warna merah menunjukkan indikator lemah yang tidak diinginkan dan perlu diperbaiki. Berdasarkan hasil perhitungan analisa korelasi, periode tahun 2021 merupakan periode tahun terbaik dibandingkan dengan periode tahun sebelumnya, dimana indikator kebijakan dan penggunaan energi terbarukan sudah diterapkan mendekati angka 1. Namun indikator transportasi dan indikator sumber daya energi perlu diperhatikan, hal ini disebabkan penggunaan energi terfokus pada bahan bakar fosil sebagai sumber daya utama pasokan energi yang berdampak pada pencemaran udara, sehingga perlu adanya keberlanjutan energi disektor transportasi dan sumber daya energi terhadap penggunaan energi yang ramah lingkungan.

Sedangkan periode tahun 2017 merupakan periode tahun yang tidak baik dengan angka 0 di beberapa indikator dibandingkan dengan periode tahun lainnya. Dapat dilihat, indikator kebijakan tidak mencapai angka 1 yang artinya pemerintah belum memberikan hasil terbaik dalam mengatasi keberlanjutan energi. Terlihat indikator terhadap penggunaan sumber energi dalam angka 0, dimana bahan bakar fosil menjadi sumber utama energi dan minimnya pengganti alternatif energi terbarukan. Hasil penelitian dapat disimpulkan perlu adanya perbaikan keberlanjutan energi di Provinsi Banten. Peningkatan terfokus pada transportasi publik, pemanfaatan sumber daya yang tepat; peningkatan infrastruktur dan ketahanan energi untuk kota dan daerah pedesaan tanpa merusak alam. Untuk lebih jelas grafik hasil akhir setelah perhitungan normalisasi di perlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hasil perhitungan normalisasi berdasarkan data indikator

Gambar 2 menunjukkan grafik kinerja keberlanjutan energi berdasarkan hasil perhitungan tujuh indikator yang digunakan, terlihat mengalami perubahan yang signifikan. Indikator utama memiliki angka rentang dari 0 hingga 1 dan menunjukkan status berdasarkan data dan analisis yang ada dari sudut pandang keberlanjutan energi. Pembagian rentang indikator ini menunjukkan indikator mana yang perlu diubah secara signifikan untuk mencapai keberlanjutan energi, serta indikator mana yang perlu diperkuat atau mempertahankan statusnya saat ini, seperti diperlihatkan pada hasil indikator kebijakan di periode 2021 berada di posisi yang lebih baik dibandingkan dengan periode tahun lainnya pada rentang angka 1 hal ini perlu ditingkatkan dan dipertahankan. Sebaliknya, metrik penggunaan sumber energi paling banyak dibandingkan periode tahun yang lainnya, namun indikator dampak lingkungan lebih rendah sesuai rentang angka $0 < r < 1$. Hal ini disebabkan penggunaan alternatif pengganti sumber energi fosil mulai digantikan secara perlahan dengan sumber energi alam dengan tanpa merusaknya seperti; energi angin, energi surya, biomassa dan sebagainya. Oleh sebab itu pemerintah Provinsi Banten perlu meningkatkan dan menata kembali kebijakan yang telah dibuat terkait keberlanjutan energi dengan memanfaatkan sumber energi alternatif dari alam yang lebih ramah lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Tujuh indikator dipilih untuk studi mendalam, data terkait untuk masing-masing indikator dikumpulkan dan dianalisis untuk mencapai keberlanjutan energi, tidak hanya penting bagi setiap orang dan negara. Hasil analisis konseptual menunjukkan bahwa para pembuat kebijakan dan ahli energi harus memiliki perencanaan yang matang untuk menerapkan kebijakan yang telah ditetapkan jika ingin mencapai keberlanjutan energi. Di antara kebijakan tersebut adalah penurunan bertahap dalam penggunaan bahan bakar fosil dan penggantinya dengan energi terbarukan; peningkatan fokus pada transportasi publik dan pemanfaatan sumber daya yang tepat; peningkatan infrastruktur dan ketahanan energi untuk kota dan daerah pedesaan; penggunaan teknologi baru untuk mengoptimalkan konsumsi dan mencegah kehilangan energi. Selain itu, hasil numerik dari dua warna hijau dan merah telah digunakan untuk menunjukkan indikator mana yang perlu ditingkatkan dan mana yang perlu direvisi, dan untuk melakukan tindakan yang efektif untuk mencapainya.

Saran

Penentuan keputusan penyusunan strategi dan sasaran untuk pengembangan energi berkelanjutan di Provinsi Banten di masa mendatang harus diperhatikan dan perlu di analisa lebih dalam. Pemerintah Provinsi Banten harus dapat menciptakan terobosan pengembangan energi baru terbarukan dan berkelanjutan untuk mengelola pasokan bahan bakar fosil yang terbatas atau mengurangi penggunaan energi fosil secara bertahap sesuai tujuan mencapai sistem energi baru terbarukan yang mandiri dan berkelanjutan tanpa merusak alam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada seluruh jajaran BPS Provinsi Banten yang telah memberikan kesempatan dan memberikan data serta informasi terkait penelitian ini, sehingga dapat diselesaikan dengan baik. Terima kasih juga kepada dosen pembimbing dan seluruh dosen pengajar Universitas Kristen Indonesia yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.

REFERENSI

- Alim, M. S., Thamrin, S., & W, R. L. (2023). Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebagai Alternatif Ketahanan Energi Nasional Masa Depan. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 4(3), 2427–2435.
- Batool, K., Zhao, Z. Y., Atif, F., & Dilanchiev, A. (2022). Nexus Between Energy Poverty and Technological Innovations: A Pathway for Addressing Energy Sustainability. *Frontiers in Environmental Science*, 10(July), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.888080>
- Darma, B. A. (2019). Pengembangan Ekonomi Berbasis Maritim Di Provinsi Banten. *Jurnal Ekonomi-Qu*, 9(1), 73–96. <https://doi.org/10.35448/jequ.v9i1.5437>
- Davarpanah, A., & Mirshekari, B. (2018). A simulation study to control the oil production rate of oil-rim reservoir under different injectivity scenarios. *Energy Reports*, 405–411. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.03.006>
- Ebadati, A., Akbari, E., & Davarpanah, A. (2019). An experimental study of alternative hot water alternating gas injection in a fractured model. *Energy Exploration and Exploitation*, 37(3), 945–959. <https://doi.org/10.1177/0144598718815247>
- Fathurohman, F., Fitriana, D., Baharta, R., & Mukminah, N. (2022). Analisis Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi Dan Jumlah Penduduk Terhadap Kemiskinan. *Journal of Public Power*, 6(2), 104–112. <https://doi.org/10.32492/jpp.v6i1.6105>
- Fu, W., Gudmundsson, S., Wichuk, K., Palsson, S., Palsson, B. O., & Salehi-ashtiani, K. (2021).

- Sustainable Energy Development: History Of The Concept And Emerging Themes. *Energy Technology*, 275–283. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110770>
- Hidayat, S., Abu Bakar, M. S., & Phusunti, N. (2019). Pirolisis Alang-Alang (*Imperata Cilindrica*) Sebagai Bioenergi Di Provinsi Banten Indonesia Pyrolysis of Alang-Alang (*Imperata Cilindrica*) As Bioenergy Source in Banten Province Indonesia. *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah*, 3(1), 60–79.
- Iddrisu, I., & Bhattacharyya, S. C. (2015). Sustainable Energy Development Index : A multi-dimensional indicator for measuring sustainable energy development. *Sustainable Energy*, 50, 513–530.
- Li, S., & Li, R. (2019). Evaluating energy sustainability using the pressure-state-response and improved matter-element extension models: Case Study of China. *Sustainability (Switzerland)*, 11(2), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su11010290>
- Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17(October 2019), 4–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.033>
- Ramdani, D. F., & Febriasari, A. (2018). Model Kebijakan Pengembangan Energi Baru dan Terbarukan di Provinsi Banten. *Jurnal Administrasi Publik : Public Administration Journal*, 8(2), 192. <https://doi.org/10.31289/jap.v8i2.1900>
- Razmjoo, A., Shirmohammadi, R., Davarpanah, A., Pourfayaz, F., Aslani, A. J. E. R. (2019). Stand-alone hybrid energy systems for remote area power generation. *Energy Reports*, 5, 231–241. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.01.010>
- Razmjoo, A. A., Sumper, A., & Davarpanah, A. (2019). Development of sustainable energy indexes by the utilization of new indicators: A comparative study. *Energy Reports*, 5, 375–383. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.03.006>
- Razmjoo, A., Qolipour, M., Shirmohammadi, R., Heibat, S. M., & AYoung, I. F. (2017). Techno-Economic Evaluation of standalone Hybrid Solar-Wind Systems for Small Residential Districts in the Central Desert of Iran. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 33(3), 1193–1207. <https://doi.org/10.1002/ep>
- Sabubu, T. A. W. (2020). Pengaturan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batubara Di Indonesia Prespektif Hak Atas Lingkungan Yang Baik Dan Sehat. *Jurnal Lex Renaissance*, 5(1), 72–90. <https://doi.org/10.20885/jlr.vol5.iss1.art5>