

EVALUASI GREEN INVESTMENT PADA PEMANFAATAN FOTOVOLTAIK MENGUNAKAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS DI KEPULAUAN UNTUK CARBON NEUTRALITY AREA

Ferdy Hidayatullah^{1*}, Rizki Julia Utama², M Bayu Wibawa³, Tibyan Asyukri⁴

^{1,2}Fakultas Sosial Sains dan Ilmu Pendidikan, Universitas Ubudiyah Indonesia. Jalan Alue Naga Desa Tibang, Kecamatan Syiah Kuala, Banda Aceh 23114, Indonesia

³Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ubudiyah Indonesia. Jalan Alue Naga Desa Tibang, Kecamatan Syiah Kuala, Banda Aceh 23114, Indonesia

⁴Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Ubudiyah Indonesia. Jalan Alue Naga Desa Tibang, Kecamatan Syiah Kuala, Banda Aceh 23114, Indonesia

*Korespondensi Penulis: ferdyhidayatullah@uui.ac.id

Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi investasi hijau pada pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik (PLTS PV) di wilayah kepulauan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Indonesia memiliki target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025, namun pengembangan energi surya masih menghadapi kendala berupa risiko investasi, keterbatasan infrastruktur, dan ketidakpastian kebijakan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi serta menentukan prioritas faktor yang memengaruhi keputusan investasi hijau pada PLTS PV di wilayah kepulauan. Data diperoleh melalui kuesioner dan wawancara terhadap 75 responden dari unsur pemerintah, peneliti, dan praktisi, dengan 35 respons memenuhi syarat consistency ratio AHP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor kebijakan (0,4825) menjadi dimensi paling dominan, diikuti faktor ekonomi (0,3120) dan teknis (0,2055). Pada tingkat subkriteria, profitabilitas (0,7724), kewajiban energi terbarukan (0,6055), dan kematangan teknologi (0,6020) menjadi prioritas utama. Pemerintah lebih menekankan kebijakan dukungan jangka pendek, sedangkan peneliti dan praktisi memprioritaskan kepastian regulasi dan akses pembiayaan jangka panjang. Penelitian ini menegaskan pentingnya kombinasi insentif fiskal, regulasi yang konsisten, dan mitigasi risiko untuk mempercepat adopsi PLTS PV di wilayah kepulauan Indonesia.

Kata Kunci: Solar Fotovoltaik, *Green Investment*, *Carbon Neutrality Area*, Kepulauan, *Analytical Hierarchy Process*

EVALUATION OF GREEN INVESTMENTS IN PHOTOVOLTAIC UTILIZATION USING AN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS IN THE ARCHIPELAGO FOR CARBON NEUTRALITY AREAS

Abstract

This study evaluates green investment in solar photovoltaic (PV) power plants in archipelagic regions using the Analytical Hierarchy Process (AHP). Although Indonesia targets a 23% renewable energy share by 2025, solar energy development remains constrained by investment risks, limited infrastructure, and policy uncertainty. This research aims to identify and prioritize the key factors influencing green investment decisions for solar PV projects in island areas. Data were collected through questionnaires and interviews involving 75 respondents from government, academic, and practitioner groups, with 35 responses meeting the AHP consistency ratio requirement. The findings reveal that policy factors (0.4825) are the most influential dimension, followed by economic (0.3120) and technical factors (0.2055). At the sub-criteria level, profitability (0.7724), renewables obligation (0.6055), and technological maturity (0.6020) emerged as the top priorities. Government stakeholders emphasized short-term support policies, while researchers and practitioners prioritized long-term regulatory certainty and financial accessibility. The study highlights the importance of combining fiscal incentives, consistent regulatory frameworks, and risk mitigation mechanisms to accelerate solar PV adoption in Indonesia's archipelagic regions.

Keywords: Solar Photovoltaic, *Green Investment*, *Carbon Neutrality Area*, Archipelago, *Analytical Hierarchy Process*

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik (PV) merupakan sumber energi terbarukan dengan pertumbuhan tercepat, menyumbang lebih dari 38% dari ekspansi kapasitas terbarukan global antara tahun 2018 hingga 2025 (EIA, 2024). Tenaga surya PV lebih mudah dimodularisasi dibandingkan sumber energi terbarukan lainnya, serta dapat meningkatkan konektivitas jaringan proyek sekaligus menurunkan critical mass biaya konstruksi; sehingga memberikan daya ekspansi investasi yang relatif tinggi (Hasibuan et al., 2024). Menurut International Energy Agency, tenaga surya PV di Asia akan menyumbang lebih dari 50% peningkatan total energi terbarukan dalam 5 tahun ke depan. Lebih dari 60% kapasitas total fasilitas baru tenaga surya PV diperkirakan akan dipasang di Asia (EIA, 2024). Faktor kebijakan di negara-negara besar Asia membentuk lingkungan yang kondusif bagi ekspansi tenaga surya PV. Semua negara besar Asia termasuk Indonesia, Vietnam, Jepang, dan Korea Selatan sedang mendorong berbagai kebijakan dukungan (B. Kim et al., 2019). Meskipun Tiongkok telah menghentikan sistem feed-in-tariff (FIT), negara tersebut diperkirakan tetap mempertahankan tingkat ekspansi PV saat ini karena investasi infrastruktur yang sudah ada. Kapasitas tenaga surya PV Tiongkok diperkirakan hampir tiga kali lipat, dari 131 GW pada 2017 menjadi 386 GW pada 2025 (Rystad Energy, 2025). Ekspansi PV di India juga semakin cepat karena daya tarik ekonominya dan dukungan kebijakan yang berkelanjutan. India diperkirakan akan menjadi negara dengan kapasitas tenaga surya PV terbesar ketiga di dunia, dengan tambahan kapasitas sebesar 63 GW pada 2018–2024 (PIB, 2025). Di Korea Selatan, ekspansi cepat tenaga surya PV diperkirakan terjadi sebagai respon terhadap kebijakan Renewable Energy 3020 dari pemerintahan baru (MOTIE, 2018). Proyek energi terbarukan (RE) ditingkat Asia sangat mendominasi dengan prospek peningkatan signifikan energi bersih pada bauran energi surya.

Indonesia sendiri juga menargetkan bauran RE sebesar 23% di tahun 2025 dengan target wind power plant (WPP) 3,6 GW berdasarkan mandatory National Energy Master Plan 2020-2025. Namun realisasi penyelenggaraan proyek WPP masih mencapai 1,13 GW atau 31% capaian di tahun 2024 yang mana sangat jauh dari target

energi nasional (IESR, 2024). Sebagai negara kepulauan, Indonesia semestinya mampu mengoptimalkan potensi energi yang ada, terlebih pada wilayah pulau-pulau terluar. Potensi energi surya yang dimiliki oleh wilayah ini dinilai masih minim, khususnya di daerah 3T. Rata-rata energi surya di wilayah kepulauan sebesar 4,5 kWh/m²/day with a monthly fluctuation of about 10% yang masuk dalam kategori solar stabil (Hidayatullah, Hasibuan, Sayuti, et al., 2025). Pertumbuhan WPP yang terhambat berpotensi menimbulkan ketimpangan dalam penyaluran listrik antarwilayah. Pada daerah kepulauan, integrasi jaringan listrik menjadi faktor krusial dalam pendistribusian antar pulau, namun masih menghadapi tantangan biaya investasi yang besar dan belum memadai. Selain itu, sebagian besar wilayah kepulauan masih bergantung pada pembangkit berbasis diesel yang bersumber dari energi fosil dan kurang ramah lingkungan (Siregar et al., 2024).

Berdasarkan Sustainable Finance Indonesia 2024, pertumbuhan investasi RE sangat memprihatinkan yaitu sebesar -37% dan share of total investment on WPP hanya 6% dari total bauran energi. Artinya Kondisi ini menunjukkan adanya ketimpangan alokasi investasi yang lebih terfokus pada sumber energi lain, sehingga pengembangan WPP tertinggal dibandingkan teknologi terbarukan lainnya. Jika tren ini berlanjut, potensi besar WPP di Indonesia tidak akan termanfaatkan secara optimal, dan hal ini dapat menghambat pencapaian target bauran energi terbarukan nasional (Hidayatullah, et al., 2025). Kegagalan investasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain keterbatasan infrastruktur transmisi dan integrasi jaringan listrik di wilayah kepulauan, ketidakpastian regulasi serta skema tarif yang kurang menarik bagi investor, dominasi energi fosil yang masih mendapat subsidi, dan keterbatasan akses pembiayaan yang disertai risiko proyek tinggi, sehingga capaian target *Net Zero Emission* 2060 sulit untuk direalisasikan (SFI, 2024).

Dalam konteks ini, sektor keuangan memegang peranan strategis dalam green finance. Bank, lembaga pembiayaan, dan pasar modal berfungsi sebagai penyedia modal bagi proyek energi terbarukan, sekaligus pengelola risiko investasi. Posisi sektor keuangan sangat menentukan keberhasilan transisi, sebab instrumen seperti green bonds, sustainability-linked loans, dan skema blended finance mampu mengurangi ketergantungan pada subsidi pemerintah serta menarik partisipasi investor

swasta. Namun, rendahnya share investasi WPP menunjukkan bahwa sektor keuangan di Indonesia masih cenderung berhati-hati akibat keterbatasan instrumen mitigasi risiko dan kurangnya insentif fiskal. Pendanaan yang dilakukan dengan double investment dari foreign direct investment (FDI) dan domestic direct investment (DDI) juga belum optimal secara hilirisasi. Oleh karena itu, peran sektor keuangan melalui regulasi yang jelas, jaminan risiko, dan insentif investasi akan menjadi kunci dalam mempercepat pembiayaan proyek hijau perlu ditinjau kembali dengan melakukan skema evaluasi green finance decision-making (East Asia Forum, 2025).

Pertumbuhan pasar PV mendorong perlunya pengembangan alat pengambilan keputusan untuk pembentukan dan evaluasi strategi investasi yang efisien. Namun, penelitian sebelumnya sebagian besar berfokus pada aspek teknis seperti pemilihan lokasi (Ahadi et al., 2023; Colak et al., 2020 and Ahadi et al., 2023), penilaian keberlanjutan (Londoño-Pineda et al., 2021; Alimohammadlou & Khoshsepehr, 2022 and Hasibuan et al., 2025), dan pemilihan teknologi PV (Eyuboglu et al., 2025; Arian Kargı & Cesur, 2024 and Shayani Mehr et al., 2022). Penelitian sebelumnya mengenai aspek investasi dan kebijakan (Günen, 2021; Mustafa et al., 2024 and Macchiaroli et al., 2023), studi kelayakan (Hamad et al., 2024; Asare-Addo, 2022 and Bandaru et al., 2021), dan pembangunan indikator investasi (Koirala et al., 2021 and Keeley & Matsumoto, 2018) masih terbatas pada analisis ekonometrik terhadap parameter-parameter yang memengaruhi ekspansi pembangkitan listrik terbarukan, termasuk PV. Namun, studi-studi ini terutama berfokus pada aspek makroekonomi. Akibatnya, hasil penelitian tersebut tidak dapat diterapkan dalam pembentukan serta evaluasi strategi investasi yang efisien pada tingkat proyek dan menimbulkan keterbatasan ketika digunakan oleh investor keuangan untuk mengevaluasi proyek individu serta kebermanfaatannya bagi social community dan penerapan green finance.

Untuk mengatasi keterbatasan ini, kami mengembangkan model evaluasi investasi tenaga surya PV pada tingkat proyek dan menurunkan bobot relatif untuk setiap indikator. Dalam penelitian ini, kami menerapkan wawancara terstruktur dengan para ahli di industri energi dan pembangkitan listrik serta metode analytical hierarchy process (AHP). Melalui wawancara dengan para ahli dengan penyebaran kuesioner,

kami mengusulkan indikator evaluasi investasi yang seharusnya dipertimbangkan dalam investasi PV yang efisien dari perspektif investor keuangan. Fuzzy AHP juga dapat mempertimbangkan ketidakpastian dalam pengambilan keputusan (J. Kim et al., 2019 and B. Kim et al., 2019). Metode fuzzy AHP digunakan untuk menurunkan bobot masing-masing indikator.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting melalui pengembangan model evaluasi investasi hijau pada pembangkit listrik tenaga surya (WPP) fotovoltaik di tingkat proyek dengan menggunakan pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP). Berbeda dengan studi sebelumnya yang lebih banyak berfokus pada aspek teknologi, kebijakan, atau makroekonomi, penelitian ini merumuskan indikator yang relevan dengan mempertimbangkan faktor keuangan dan risiko, serta mengukur bobot kepentingan relatif dari setiap indikator. Indikator tersebut disusun melalui tinjauan literatur dan wawancara dengan investor keuangan, pengembang proyek, akademisi, serta praktisi di perusahaan pembangkitan listrik, sehingga bersifat universal dan dapat diterapkan pada berbagai konteks, termasuk wilayah kepulauan Indonesia. Lebih lanjut, penelitian ini menekankan perbedaan persepsi antar pemangku kepentingan utama—perusahaan pembangkit listrik, investor keuangan, dan mengidentifikasi prioritas yang berbeda dalam strategi investasi. Hasilnya, model ini diharapkan mampu memberikan dasar yang lebih rasional, kuantitatif, dan komprehensif dalam mendukung keputusan investasi serta mempercepat pengembangan PLTS di Indonesia. Penelitian ini juga mengembangkan model pengambilan keputusan investasi pada pembangkit listrik tenaga surya fotovoltaik (PV) dengan menerapkan metode Analytical Hierarchy Process (AHP). Studi ini menjadi salah satu yang pertama menitikberatkan pada aspek investasi PV dengan menekankan pada kuantifikasi perbedaan perspektif antar pelaku pasar serta implikasinya terhadap strategi investasi.

METODE

Lokasi dan Studi Area

Penelitian ini dilaksanakan di Kepulauan Banyak, Aceh Singkil dengan menggunakan dua lokasi yaitu Pulau Baguk pada koordinat (2°18'12.6"N 97°24'32.2"E) dan Pulau Panjang pada koordinat (2°20'04.9"N 97°23'22.9"E), penentuan lokasi penelitian ini telah sesuai

dengan kondisi dan kesesuaian penelitian, seperti pada Fig 1. Lokasi dipilih berdasarkan ketersediaan aliran listrik yang belum memadai melalui pembangkit diesel serta integrasi antar pulau yang terbilang sulit diakses.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

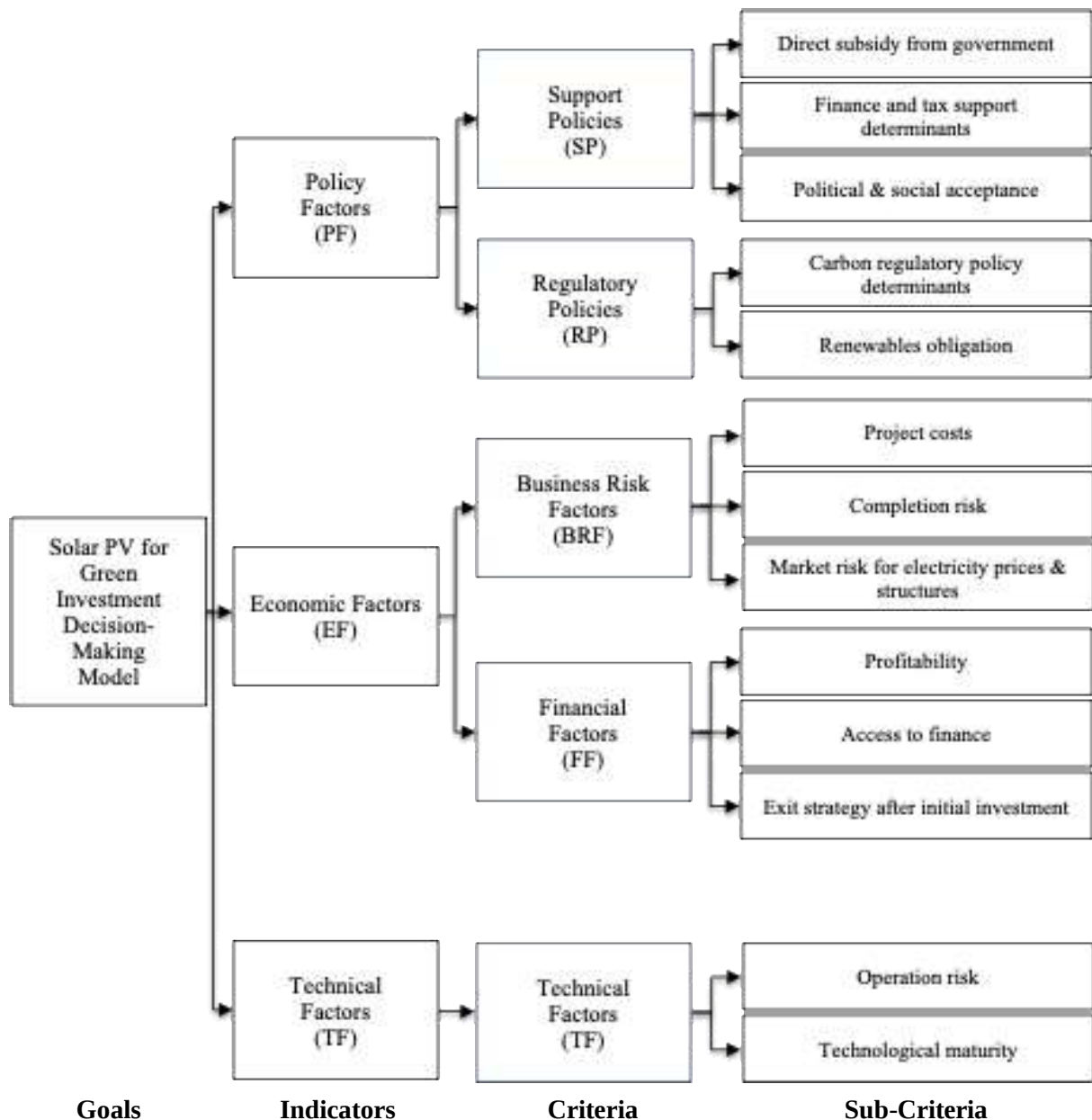
Desain Penelitian

Metode yang digunakan adalah pendekatan sistematis untuk menyelidiki serangkaian aktivitas yang bertujuan mengungkap pengetahuan dan wawasan baru. Proses penelitian biasanya dimulai dengan mengidentifikasi masalah, melakukan telaah literatur yang ada, serta mempelajari perspektif penelitian sebelumnya. Setelah hipotesis dikembangkan, data dikumpulkan, dianalisis, dan diproses (Sahir, 2021). Model penelitian ini menggunakan hierarki 5 tingkat untuk mengevaluasi solar PV for green investment decision making, yaitu Tingkat 1 (Tujuan), Tingkat 2 (Indikator/Dimensi), Tingkat 3 (Kriteria) dan Tingkat 4 (Sub-Kriteria/Faktor). Sampel yang digunakan dalam penelitian ini terbagi ke dalam tiga kelompok responden dengan kualifikasi dan kredibilitas yang relevan dengan energi di Aceh (B. Kim et al., 2019). Ketiga kelompok tersebut adalah pakar dibidang energy finance, Pemerintah (Dinas Energi dan

Sumber Daya Mineral Aceh), Akademisi (Dosen Energi Terbarukan dan Manajemen) dan praktisi (National Electricity Company (PLN) and investor) masing-masing terdiri atas 25 responden. Survei ini melibatkan total 75 responden berdasarkan ketiga kelompok tersebut.

Analytical Hierarchy Process (AHP) adalah metode pengambilan keputusan yang dikembangkan oleh Saaty dan terbukti efektif dalam menangani permasalahan yang kompleks. AHP dapat menyelesaikan masalah dengan kriteria yang bercabang serta melibatkan banyak sub-kriteria (Saaty 1988). AHP pada dasarnya merupakan metode pengambilan keputusan yang dirancang untuk mengatasi berbagai keterbatasan dari metode sebelumnya. Alat utama dalam metode AHP adalah hierarki fungsional dengan masukan utamanya berupa persepsi manusia. Melalui hierarki, sesuatu yang kompleks dan tidak terstruktur dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompok, kemudian kelompok tersebut disusun ke dalam struktur hierarkis (Dos Santos et al. 2019). Secara sederhana, AHP menggunakan perbandingan berpasangan (pairwise comparisons) antar kriteria, sub-kriteria, dan alternatif dalam suatu struktur hierarki. Perbandingan berpasangan inilah yang menjadi inti dari AHP, seperti dimensi dalam penelitian ini, yaitu policy, economic and technical factors (B. Kim et al., 2019). Terdapat beberapa prinsip dasar yang harus dipahami dalam menyelesaikan masalah menggunakan metode AHP, yakni melalui Decomposition, Comparative Judgment, Synthesis of Priority, dan Logical Consistency. Penelitian ini akan menggunakan perangkat lunak Spice Logic sebagai alat analisis metode AHP.

Untuk mewujudkan arah penelitian ini, diperlukan suatu kerangka konseptual yang memberikan gambaran mengenai tahapan penelitian hingga penarikan kesimpulan. Berikut adalah kerangka konseptual untuk struktur hierarkis yang digunakan dalam penelitian ini, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini:

Gambar 2. Struktur Diagram Hierarki Solar PV Untuk Evaluasi *Green Investment*

Berdasarkan Gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa pada Tingkat 1 (Tujuan) terdapat model evaluasi solar PV for green investment decision making. Pada Tingkat 2 (Indikator/Dimensi), terdapat policy, economic and technical. Pada Tingkat 3 (Kriteria), terdapat support and regulatory policies, business risk and financial factors serta technical factors. Pada Tingkat 4 (Sub-Kriteria/Faktor), terdapat faktor-faktor dari kelima dimensi tersebut. Hubungan antar variabel ini akan ditelaah sebagai alternatif untuk evaluasi solar PV for green investment melalui struktur hierarkis dengan menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP).

Analisis Data

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Metode ini menyusun permasalahan keputusan yang kompleks dengan berbagai faktor atau kriteria ke dalam suatu hierarki. Hierarki tersebut merepresentasikan masalah dalam struktur bertingkat, di mana tingkat teratas merupakan tujuan utama, kemudian diikuti oleh faktor, kriteria, subkriteria, hingga alternatif pada tingkat paling bawah. Dengan adanya hierarki, permasalahan yang kompleks dapat diuraikan menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana dan disusun secara sistematis

sehingga lebih mudah dipahami dan dianalisis (Saaty, 1988). AHP merupakan metode pengambilan keputusan yang berupaya mengatasi berbagai kelemahan metode sebelumnya. Alat utama dalam metode AHP adalah hierarki fungsional dengan masukan utama berupa persepsi manusia. Melalui hierarki tersebut, sesuatu yang kompleks dan tidak terstruktur dapat dipecah menjadi beberapa kelompok, kemudian disusun ke dalam struktur hierarki yang sistematis (Dos Santos et al., 2019).

Perbedaan mendasar antara metode AHP dengan metode pengambilan keputusan lainnya terletak pada jenis input yang digunakan. Metode lain pada umumnya menggunakan input kuantitatif sehingga hanya mampu mengolah aspek-aspek yang bersifat kuantitatif (Siwiecek & Pacana, 2021). Sebaliknya, metode AHP menggunakan persepsi manusia yang dianggap sebagai “ahli” sebagai input utama. Istilah “ahli” dalam konteks ini tidak selalu merujuk pada seseorang yang memiliki tingkat pendidikan tinggi atau gelar akademik tertentu, melainkan seseorang yang benar-benar memahami permasalahan, merasakan dampak dari permasalahan tersebut, atau memiliki kepentingan terhadap masalah yang sedang dianalisis (Leal, 2020). Metode AHP bersifat multikriteria karena melibatkan banyak kriteria dalam menentukan prioritas suatu keputusan. Selain itu, metode ini juga didasarkan pada proses yang logis dan terstruktur, karena penentuan prioritas dilakukan melalui prosedur sistematis rasional (Karakaş & Yıldiran, 2019).

Analisis matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison matrix*) merupakan metode yang digunakan untuk membandingkan setiap kriteria berdasarkan skala AHP. Matriks perbandingan berpasangan menggambarkan distribusi relatif atau tingkat pengaruh masing-masing elemen terhadap tujuan atau kriteria pada tingkat hierarki yang sama di atasnya. Dari setiap matriks perbandingan berpasangan, kemudian dihitung nilai *eigenvector* untuk memperoleh prioritas lokal. Karena terdapat matriks perbandingan pada setiap tingkat hierarki, maka perlu dilakukan sintesis antarprioritas lokal untuk memperoleh prioritas global. Prosedur sintesis dilakukan sesuai dengan struktur hierarki yang digunakan. Proses penentuan peringkat elemen berdasarkan tingkat kepentingan relatif melalui prosedur sintesis disebut sebagai *priority setting*. Prioritas global merupakan bobot atau

tingkat kepentingan subkriteria maupun alternatif terhadap tujuan utama pada tingkat hierarki tertinggi. Prioritas global diperoleh dengan mengalikan prioritas lokal subkriteria atau alternatif dengan prioritas kriteria induknya, yaitu kriteria pada tingkat hierarki di atasnya (Saaty, 1988).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Consistency of Responses

Jumlah sampel dan rasio setiap kategori responden terhadap total sampel. Tabel ini juga menunjukkan hasil uji konsistensi dari 74 responden. Kami menerapkan kriteria CR sebesar 0,15, yang konsisten dengan banyak penelitian sebelumnya (J. Kim et al., 2019; B. Kim et al., 2019 and Koirala et al., 2021).

Tabel 1. Uji Consistency of Responses

Classification of AHP Respondents by Groups				
	Pemerintah	Periset	Praktisi	Total
Number of respondents	25	25	25	75
CR < 0,15	13	12	10	35
Consistency passing ratio	52%	48%	40%	46,7%

Uji konsistensi dalam Analytical Hierarchy Process (AHP) dilakukan terhadap 75 responden yang terbagi secara seimbang dalam tiga kelompok, yaitu pemerintah, peneliti, dan praktisi, masing-masing berjumlah 25 orang. Pengujian menggunakan ambang batas Consistency Ratio (CR) sebesar 0,15, sesuai dengan standar yang banyak digunakan pada penelitian AHP sebelumnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa hanya 35 responden ($\approx 47\%$) yang memiliki nilai $CR < 0,15$ sehingga dapat dikategorikan konsisten. Secara lebih rinci, kelompok pemerintah menunjukkan tingkat konsistensi tertinggi, yaitu 13 dari 25 responden (52%). Kelompok peneliti berada di posisi kedua dengan 12 dari 25 responden (48%) yang konsisten. Adapun kelompok praktisi menunjukkan tingkat konsistensi terendah, yaitu 10 dari 25 responden (40%).

Temuan ini mengindikasikan adanya variasi tingkat konsistensi antar kelompok, yang dapat dipengaruhi oleh pengalaman, latar belakang pengetahuan, maupun keterbiasaan responden dalam melakukan penilaian berbasis perbandingan berpasangan. Analisis selanjutnya hanya menggunakan data dari 35

responden yang memenuhi kriteria konsistensi, guna memastikan validitas hasil dalam perhitungan bobot kriteria.

Pairwise Comparison

Skala prioritas peringkat level 2, 3 dan 4 dalam evaluasi solar PV for green investment decision making di kawasan kepulauan ditentukan oleh bobot global yang dihitung melalui CI dan eigenvalues. Skala prioritas alternatif ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Global weight of Pairwise Comparison

Level/Category	Global Weight	Rating
Level 1 (Indicators)		
PF	0.4825	1
EF	0.3120	2
TF	0.2055	3
Level 2 (Criteria)		
SP	0.1872	4
RP	0.1248	5
BRF	0.1930	3
FF	0.2895	1
TF	0.2055	2
Level 3 (Sub-Criteria)		
SP-1	0.5536	5
SP-2	0.2520	8
SP-3	0.1953	11
RP-1	0.3951	7
RP-2	0.6055	2
BRF-1	0.5873	4
BRF-2	0.2122	9
BRF-3	0.2016	10
FF-1	0.7724	1
FF-2	0.1311	12
FF-3	0.1078	13
TF-1	0.3982	6
TF-2	0.6020	3

Hasil AHP menunjukkan bahwa pada Level 1 (Indicators), faktor kebijakan (Policy factors, 0.4825) menempati peringkat pertama, diikuti oleh ekonomi (Economic factors, 0.3120), dan teknis (Technical factors, 0.2055). Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan investasi energi terbarukan di kawasan kepulauan sangat bergantung pada dukungan kebijakan pemerintah, baik berupa regulasi maupun instrumen insentif. Dalam konteks green investment, prioritas kebijakan menjadi krusial karena mampu menciptakan ekosistem investasi yang menarik bagi investor swasta untuk mendanai proyek Solar PV.

Pada Level 2 (Criteria), faktor financial (0.2895) dan business risk (0.1930) muncul sebagai pertimbangan ekonomi utama, sedangkan dari sisi kebijakan, support policies

(0.1872) menempati posisi penting. Hal ini memperlihatkan bahwa meskipun faktor teknis menentukan keberlanjutan sistem, keputusan investasi lebih ditentukan oleh kepastian finansial dan regulasi yang mendukung. Dengan demikian, kebijakan fiskal dan instrumen insentif seperti subsidi, keringanan pajak, dan skema pembiayaan hijau menjadi penentu utama daya tarik investasi Solar PV di kepulauan. Pada Level 3 (Sub-criteria), tiga prioritas tertinggi adalah profitability (0.7724), renewables obligation (0.6055), dan technological maturity (0.6020). Profitabilitas menunjukkan bahwa investor menilai kelayakan investasi terutama melalui proyeksi keuntungan jangka panjang. Sementara itu, kewajiban penggunaan energi terbarukan (renewables obligation) dan kematangan teknologi (technological maturity) menjadi pendorong kepercayaan investor dalam meminimalisasi risiko proyek. Sub-kriteria teknis lain seperti operation risk (0.3982) juga relevan, namun bobotnya lebih rendah dibanding aspek finansial dan kebijakan.

Dengan komposisi bobot tersebut, dapat disimpulkan bahwa keputusan investasi Solar PV di wilayah kepulauan lebih banyak dipengaruhi oleh kepastian profitabilitas, keberadaan kebijakan wajib energi terbarukan, dan kesiapan teknologi yang terbukti andal. Oleh karena itu, strategi kebijakan yang menekankan insentif finansial, kepastian regulasi, serta dukungan teknis akan menjadi kunci dalam menarik green investment untuk elektrifikasi berkelanjutan di kawasan kepulauan terlebih pada ketahanan energi dan mitigasi perubahan iklim untuk netralitas karbon wilayah kepulauan (Hidayatullah, et al., 2025).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kombinasi faktor konvergen dan divergen dalam penilaian pemangku kepentingan terhadap investasi energi surya di kawasan kepulauan. Faktor profitability muncul sebagai determinan utama yang disepakati bersama oleh pemerintah, peneliti, dan praktisi, disertai project costs serta renewables obligation yang juga dipandang penting secara kolektif. Kesamaan ini menegaskan bahwa keberlanjutan finansial, efisiensi biaya awal, serta dorongan regulasi energi terbarukan merupakan fondasi bersama dalam pengambilan keputusan. Namun demikian,

terdapat pula perbedaan orientasi yang cukup signifikan. Pemerintah lebih menekankan direct subsidy sebagai instrumen kebijakan jangka pendek, peneliti menyoroti access to finance sebagai kunci keberlanjutan jangka panjang, sementara praktisi lebih sensitif terhadap market risk dan completion risk yang berhubungan dengan kondisi nyata di lapangan. Dengan demikian, meskipun terdapat kesamaan pandangan pada faktor fundamental, terdapat pula perbedaan fokus yang harus dijumpai agar kebijakan dan strategi implementasi dapat diterima secara inklusif oleh seluruh pihak.

Berdasarkan temuan tersebut, strategi pengembangan energi surya di kepulauan sebaiknya dibangun di atas titik temu yang telah diidentifikasi, yaitu profitabilitas, pengendalian biaya, dan kewajiban energi terbarukan, sekaligus mengakomodasi perbedaan orientasi antar kelompok pemangku kepentingan. Profitabilitas dapat diperkuat melalui instrumen investasi yang menarik seperti feed-in tariff dan kontrak jangka panjang power purchase agreement yang mampu menjamin kepastian pendapatan. Sementara itu, perbedaan pandangan mengenai subsidi dan akses finansial dapat dijumpai dengan pendekatan hibrid, yaitu mengombinasikan subsidi langsung pada tahap awal pembangunan dengan penyediaan akses jangka panjang terhadap pembiayaan hijau seperti green bonds atau blended finance. Bagi praktisi yang lebih menekankan pada aspek risiko, kebijakan perlu menyediakan mekanisme mitigasi berupa asuransi proyek, jaminan harga listrik minimum, serta regulasi kontrak berbasis milestone untuk mengurangi ketidakpastian pasar dan teknis. Dengan mengintegrasikan elemen-elemen tersebut ke dalam kebijakan yang inklusif, strategi transisi energi di wilayah kepulauan akan lebih efektif, tidak hanya dari sisi finansial tetapi juga dari aspek teknis dan keberlanjutan, sekaligus berkontribusi terhadap pencapaian target Net Zero Emission 2060 (NZE 2026).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi, P., Fakhrabadi, F., Pourshaghagh, A., & Kowsary, F. (2023). Optimal site selection for a solar power plant in Iran via the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Renewable Energy*, 215, 118944.
- Alimohammadlou, M., & Khoshsepehr, Z. (2022). Investigating organizational sustainable development through an integrated method of interval-valued intuitionistic fuzzy AHP and WASPAS. *Environment, Development and Sustainability*, 24(2), 2193–2224.
- Arikan Kargı, V. S., & Cesur, F. (2024). Renewable energy technology selection for hotel buildings: a systematic approach based on AHP and VIKOR methods. *Buildings*, 14(9), 2662.
- Asare-Addo, M. (2022). Optimal techno-economic potential and site evaluation for solar PV and CSP systems in Ghana. A geospatial AHP multi-criteria approach. *Renewable Energy Focus*, 41, 216–229.
- Bandaru, S. H., Becerra, V., Khanna, S., Espargilliere, H., Torres Sevilla, L., Radulovic, J., Hutchinson, D., & Khusainov, R. (2021). A general framework for multi-criteria based feasibility studies for solar energy projects: Application to a real-world solar farm. *Energies*, 14(8), 2204.
- Colak, H. E., Memisoglu, T., & Gercek, Y. (2020). Optimal site selection for solar photovoltaic (PV) power plants using GIS and AHP: A case study of Malatya Province, Turkey. *Renewable Energy*, 149, 565–576.
- Dos Santos, P. H., Neves, S. M., Sant'Anna, D. O., De Oliveira, C. H., & Carvalho, H. D. (2019). The analytic hierarchy process supporting decision making for sustainable development: An overview of applications. *Journal of Cleaner Production*, 212, 119–138.
- East Asia Forum. (2025). Indonesia's energy transition needs a decentralised approach. <https://Eastasiaforum.Org/2025/02/05/Indonesias-Energy-Transition-Needs-a-Decentralised-Approach/#:~:Text=Renewable%20energy%2C%20which%20was%20supposed,19%20per%20cent%20by%202025.,1>.
- EIA. (2024). Solar and wind to lead growth of U.S. power generation for the next two years. <https://www.Eia.Gov/Todayinenergy/Detail.php?Id=61242#:~:Text=Solar%20is%20the%20fastest%2Dgrowing,By%20the%20end%20of%202024.,1>.
- Eyuboglu, A. K., Ozfirat, M. K., Yetkin, M. E., & Berber, E. (2025). Investigation of Technical and Environmental Factors in the Selection of Wind Power Plants in the

- Bergama Region Using the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Cureus Journals*, 2(1).
- Günen, M. A. (2021). A comprehensive framework based on GIS-AHP for the installation of solar PV farms in Kahramanmaraş, Turkey. *Renewable Energy*, 178, 212–225.
- Hamad, J., Ahmad, M., & Zeeshan, M. (2024). Solar energy resource mapping, site suitability and techno-economic feasibility analysis for utility scale photovoltaic power plants in Afghanistan. *Energy Conversion and Management*, 303, 118188.
- Hasibuan, A., Sayuti, M., Siregar, W. V., Daud, M., Hidayatullah, F., Kurniawan, R., & Fachroji, R. (2024). Economic Comparison of Renewable Energy Potential for Lighting in the Banyak Islands, Indonesia. *International Journal on Energy Conversion*, 12(5).
- Hasibuan, A., Sayuti, M., Siregar, W. V., Hidayatullah, F., Daud, M., Azmi, A., Almunadiansyah, R., & Roid, F. (2025). Optimizing renewable energy potential in island areas based on analytical hierarchy process. *Int J Adv Appl Sci ISSN*, 2252(8814), 8814.
- Hidayatullah, F., Hasibuan, A., Sayuti, M., Daud, M., Siregar, W. V., & Isa, M. (2025). *Renewable Energy Economic in Archipelago Areas*. Eliva Pers.
- Hidayatullah, F., Hasibuan, A., Siregar, W. V., Utama, R. J., & Wibawa, M. B. (2025). Financial Feasibility Analysis of Renewable Energy System Using RETScreen Expert in Archipelago Areas. *JOURNAL OF EDUCATION SCIENCE*, 11(2), 46–59.
- Hidayatullah, F., Utama, R. J., Asyukri, T., Wibawa, M. B., Akbar, R., & Albar, R. (2025). Pemulihan Psikososial, Kesehatan Dan Logistik Bagi Korban Bencana Hidrometeorologi Di Wilayah Aceh. *JURNAL PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT BIDANG PENDIDIKAN*, 7(2), 38–42.
- IESR. (2024). *Indonesia Energy Transition Outlook (IETO) 2024*.
- Karakaş, E., & Yıldırım, O. V. (2019). Evaluation of renewable energy alternatives for Turkey via modified fuzzy AHP. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(2), 31–39.
- Keeley, A. R., & Matsumoto, K. (2018). Investors' perspective on determinants of foreign direct investment in wind and solar energy in developing economies – Review and expert opinions. *Journal of Cleaner Production*, 179, 132–142. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.154>
- Kim, B., Kim, J., & Kim, J. (2019). Evaluation model for investment in solar photovoltaic power generation using fuzzy analytic hierarchy process. *Sustainability*, 11(10), 2905.
- Kim, J., Lee, J., Kim, B., & Kim, J. (2019). Raw material criticality assessment with weighted indicators: An application of fuzzy analytic hierarchy process. *Resources Policy*, 60, 225–233. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.01.005>
- Koirala, N., Dhakal, R., & Pudasaini, S. (2021). *An AHP Based Approach for Evaluating Renewable Energy Source for Investment Decision*.
- Leal, J. E. (2020). AHP-express: A simplified version of the analytical hierarchy process method. *MethodsX*, 7, 100748.
- Londoño-Pineda, A., Cano, J. A., & Gómez-Montoya, R. (2021). Application of AHP for the weighting of sustainable development indicators at the subnational level. *Economies*, 9(4), 169.
- Macchiaroli, M., Dolores, L., & De Mare, G. (2023). Multicriteria Decision Making and Water Infrastructure: An Application of the Analytic Hierarchy Process for a Sustainable Ranking of Investments. *Applied Sciences*, 13(14), 8284.
- MOTIE. (2018). *Ministry of Trade, Industry and Energy of Republic of Korea: Renewable Energy 3020 Implementation Plan*.
- Mustafa, M., Malik, M. O. F., & Maqsoom, A. (2024). Barriers to solar PV adoption in developing countries: multiple regression and analytical hierarchy process approach. *Sustainability*, 16(3), 1032.
- PIB. (2025). India's Renewable Energy Revolution 2024 Achievements & 2025 Roadmap. <https://www.pib.gov.in/PressReleaseIframePage.aspx?PRID=2094992#:~:Text=India's%20renewable%20energy%20sector%20is,in%20the%20clean%20energy%20transition.&text=References:,Of%2>

- 0New%20and%20Renewable%20Energy*, 1.
- Rystad Energy. (2025). China's rooftop solar installations hit record 36 GW in 1Q25 as new guidelines kick in. *Https://Www.Rystadenergy.Com/News/China-Rooftop-Solar-Installations-Hit-Record-in-1q25*, 1.
- Saaty, T. L. (1988). *What is the analytic hierarchy process?* Springer.
- Sahir, S. H. (2021). *Metodologi Penelitian*. KBM Indonesia.
- SFI. (2024). *Outlook Investasi Energi Terbarukan di Indonesia: Semester 1 2024*.
- Shayani Mehr, P., Hafezalkotob, A., Fardi, K., Seiti, H., Movahedi Sobhani, F., & Hafezalkotob, A. (2022). A comprehensive framework for solar panel technology selection: A BWM-MULTIMOOSRAL approach. *Energy Science & Engineering*, 10(12), 4595–4625.
- Siregar, W. V., Hasibuan, A., Daud, M., Puspasari, C., & Hidayatullah, F. (2024). Adoption of Renewable Energy Technology in Society for Sustainability. *2024 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)*, 171–174.
- Siwiec, D., & Pacana, A. (2021). Method of improve the level of product quality. *Production Engineering Archives*, 27.