

Inisiatif Energi Terbarukan Berbasis Komunitas (Distrik Sentani, Kabupaten Jayapura)

Usman Tahir¹, Tanwir², Abd Muid Fabanyo³

Universitas Sains dan Teknologi Jayapura^{1,2,3}

*irmanustah@gmail.com¹, tanwir@gmail.com², amdfab@gmail.com³

*Corresponding Author

ABSTRAK

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini berfokus pada inisiatif energi terbarukan berbasis komunitas di Distrik Sentani, Kabupaten Jayapura. Dalam upaya meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya energi terbarukan, kegiatan ini melibatkan diskusi dan evaluasi bersama masyarakat setempat untuk mengeksplorasi tantangan dan peluang yang ada. Metode yang digunakan mencakup tinjauan literatur sistematis tentang praktik global dalam penerapan energi terbarukan dan partisipasi aktif masyarakat dalam setiap tahap kegiatan. Temuan dari diskusi menunjukkan bahwa meskipun terdapat pengetahuan dasar tentang energi terbarukan, masih terdapat kesenjangan pemahaman yang signifikan serta berbagai tantangan dalam mengadopsi teknologi ini. Hasil ini memberikan rekomendasi bagi kebijakan energi lokal untuk meningkatkan akses terhadap teknologi energi terbarukan dan mengembangkan program edukasi yang berkelanjutan. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat berkontribusi pada transisi energi yang lebih berkelanjutan di Distrik Sentani dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

Kata Kunci: Energi Terbarukan, Pengabdian kepada Masyarakat, Komunitas, Tinjauan Literatur Sistematis, Distrik Sentani, Kebijakan Energi

1. Pendahuluan

Energi terbarukan telah muncul sebagai elemen penting dalam strategi global yang ditujukan untuk mencapai keberlanjutan dan mitigasi perubahan iklim. Pengakuan yang semakin meningkat terhadap dampak negatif yang terkait dengan konsumsi bahan bakar fosil telah mendorong banyak negara untuk beralih ke alternatif energi yang lebih bersih. Sumber energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, biomassa, dan hidroelektrik, diakui memiliki potensi signifikan untuk mengurangi emisi karbon dan meningkatkan keamanan energi. Urgensi transisi ini semakin ditekankan oleh penelitian yang menunjukkan bahwa cadangan bahan bakar fosil yang ada tidak sejalan dengan target iklim yang ditetapkan oleh kesepakatan internasional, seperti Perjanjian Paris, yang bertujuan untuk membatasi pemanasan global jauh di bawah 2°C, idealnya hingga 1,5°C (Trout et al., 2022; Asselt & Green, 2022).

Peran gerakan sosial dalam memfasilitasi transisi ini sangat penting. Misalnya, gerakan divestasi telah menjadi pendorong diskursus publik yang lebih luas mengenai mitigasi perubahan iklim, yang pada gilirannya mempengaruhi kebijakan dan perilaku perusahaan (Aylng, 2017; Piggot, 2017). Gerakan ini tidak hanya meningkatkan kesadaran, tetapi juga menetapkan standar moral yang menantang legitimasi investasi berkelanjutan dalam bahan bakar fosil. Perubahan persepsi publik dan kebijakan semacam ini sangat krusial, karena mereka menciptakan lingkungan yang kondusif untuk adopsi teknologi energi terbarukan (Green, 2018). Selain itu, implikasi keuangan dari ketergantungan pada bahan bakar fosil semakin jelas, dengan studi menunjukkan bahwa risiko karbon dapat berdampak negatif pada kelayakan kredit perusahaan, sehingga mendorong pergeseran menuju obligasi hijau dan investasi berkelanjutan (Fatica & Panzica, 2021; Plantinga & Scholtens, 2020).

Lebih jauh lagi, sektor keuangan sedang merespons krisis iklim dengan menilai kembali strategi investasi mereka. Dana pensiun dan investor institusi lainnya mulai melakukan divestasi dari bahan bakar fosil, menyadari risiko jangka panjang yang terkait dengan perubahan iklim serta potensi aset terdampar (McDonnell, 2024). Tren ini diperkuat oleh pengakuan yang

semakin berkembang bahwa subsidi bahan bakar fosil menghambat transisi menuju energi terbarukan dan perlu direformasi untuk mendukung upaya mitigasi perubahan iklim (Skovgaard & Asselt, 2019). Integrasi sumber energi terbarukan ke dalam campuran energi global bukan hanya sebuah keharusan lingkungan, tetapi juga merupakan strategi keuangan yang selaras dengan tren pasar yang sedang berkembang dan preferensi investor (Maniatis et al., 2021). Sebagai kesimpulan, transisi menuju energi terbarukan adalah tantangan multifaset yang mencakup dimensi lingkungan, sosial, dan ekonomi. Upaya kolektif dari gerakan sosial, lembaga keuangan, dan reformasi kebijakan sangat penting untuk mengatasi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mencapai masa depan energi yang berkelanjutan. Bukti menunjukkan bahwa upaya global yang terkoordinasi untuk mengadopsi energi terbarukan dapat secara signifikan mengurangi dampak perubahan iklim sambil meningkatkan keamanan energi dan ketahanan ekonomi.

Di tingkat lokal, terutama di daerah pedesaan seperti Distrik Sentani, Kabupaten Jayapura, pemanfaatan energi terbarukan sangat penting untuk mendukung pembangunan berkelanjutan dan memberdayakan masyarakat. Energi terbarukan tidak hanya berpotensi untuk mengurangi emisi karbon, tetapi juga dapat meningkatkan ketahanan energi dan memberikan alternatif yang lebih bersih serta lebih berkelanjutan dibandingkan dengan sumber energi konvensional. Di Distrik Sentani, akses terhadap energi masih menjadi tantangan signifikan yang dihadapi oleh masyarakat. Banyak desa di daerah ini, terutama yang terletak di daerah terpencil, belum terhubung dengan jaringan listrik yang memadai. Ketergantungan pada bahan bakar tradisional seperti kayu bakar dan minyak tanah, yang sering kali mahal dan sulit diakses, menciptakan permasalahan ganda. Selain menghambat pertumbuhan ekonomi lokal, kondisi ini juga berdampak serius pada kualitas hidup masyarakat. Misalnya, kurangnya akses listrik menyebabkan keterbatasan dalam pendidikan, karena anak-anak tidak memiliki penerangan yang cukup untuk belajar di malam hari. Selain itu, rendahnya ketersediaan energi juga membatasi aktivitas produktif, seperti industri kecil dan kerajinan tangan, yang sangat penting untuk menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan masyarakat.

Dengan penerapan teknologi energi terbarukan, masyarakat setempat memiliki kesempatan untuk meningkatkan akses terhadap energi yang bersih dan terjangkau. Sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, dan biomassa dapat diimplementasikan dengan biaya yang lebih rendah dalam jangka panjang dan lebih ramah lingkungan. Misalnya, panel surya dapat dipasang di atap rumah-rumah penduduk untuk menyediakan listrik secara mandiri, sehingga mengurangi ketergantungan pada sumber energi konvensional yang tidak terjangkau. Demikian pula, pemanfaatan biomassa dari limbah pertanian dapat digunakan untuk menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan untuk memasak atau penerangan, sekaligus mengurangi limbah yang dihasilkan oleh masyarakat. Namun, untuk mencapai hal tersebut, diperlukan edukasi dan pemahaman yang mendalam tentang teknologi energi terbarukan yang relevan dan aplikatif bagi kondisi setempat. Kegiatan edukasi ini harus mencakup pelatihan praktis dan diskusi yang melibatkan masyarakat agar mereka tidak hanya menjadi pengguna tetapi juga pelopor dalam penerapan teknologi ini. Melalui pendekatan partisipatif, masyarakat dapat diajarkan cara mengoperasikan dan memelihara perangkat energi terbarukan, sehingga mereka merasa memiliki dan bertanggung jawab terhadap keberlanjutan sistem energi yang dibangun. Dengan pengetahuan dan keterampilan yang tepat, masyarakat di Distrik Sentani tidak hanya akan mampu memanfaatkan energi terbarukan, tetapi juga berkontribusi dalam upaya mitigasi perubahan iklim dan pembangunan berkelanjutan di tingkat lokal.

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memberikan edukasi mengenai energi terbarukan berbasis komunitas di Distrik Sentani. Melalui kegiatan ini, diharapkan masyarakat setempat akan memahami konsep dan manfaat energi terbarukan serta bagaimana mereka dapat mengadopsi teknologi ini dalam kehidupan sehari-hari. Kegiatan ini tidak hanya

berfokus pada penyampaian informasi, tetapi juga melibatkan masyarakat dalam diskusi aktif yang memungkinkan mereka untuk berbagi pengalaman dan harapan terkait penerapan energi terbarukan di komunitas mereka. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat menciptakan kesadaran dan mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pengembangan inisiatif energi terbarukan. Dalam rangka mencapai tujuan tersebut, beberapa pertanyaan kunci perlu dijawab melalui kegiatan ini. Pertama, bagaimana masyarakat lokal dapat mengadopsi teknologi energi terbarukan? Pertanyaan ini bertujuan untuk menggali pemahaman masyarakat tentang energi terbarukan dan mengeksplorasi langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengimplementasikannya. Hal ini mencakup identifikasi sumber energi terbarukan yang sesuai untuk kondisi lokal, seperti tenaga surya, angin, atau biomassa. Selain itu, juga penting untuk mempertimbangkan keterampilan yang dibutuhkan untuk penggunaan dan pemeliharaan teknologi ini. Dengan demikian, dukungan yang diperlukan dari pemerintah dan lembaga terkait menjadi krusial agar masyarakat dapat mengadopsi dan memanfaatkan energi terbarukan secara efektif.

Pertanyaan kedua yang harus dijawab adalah, apa praktik terbaik yang dapat diimplementasikan dari pengalaman global? Melalui pertanyaan ini, kegiatan ini akan mengeksplorasi berbagai inisiatif energi terbarukan yang telah berhasil diimplementasikan di berbagai belahan dunia. Selanjutnya, kegiatan ini akan menilai bagaimana praktik-praktik tersebut dapat disesuaikan dengan konteks lokal di Distrik Sentani. Dengan memahami keberhasilan dan tantangan yang dihadapi di tempat lain, masyarakat di Distrik Sentani diharapkan dapat belajar dari pengalaman global dan mengadaptasi strategi yang tepat untuk kebutuhan mereka. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya akan meningkatkan pengetahuan masyarakat tentang energi terbarukan, tetapi juga memberdayakan mereka untuk mengambil langkah nyata menuju penggunaan energi yang lebih berkelanjutan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Energi Terbarukan

Energi terbarukan semakin diakui sebagai komponen penting dalam memenuhi kebutuhan energi global secara berkelanjutan. Energi ini didefinisikan sebagai energi yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui dalam jangka waktu pendek. Sumber energi terbarukan menawarkan alternatif yang lebih bersih dibandingkan dengan bahan bakar fosil, yang bersifat terbatas dan memberikan kontribusi signifikan terhadap emisi karbon saat digunakan. Sumber energi terbarukan utama mencakup energi surya, angin, biomassa, hidro, dan geothermal, masing-masing dengan karakteristik dan aplikasi yang unik. Energi surya, yang diperoleh melalui panel fotovoltaik atau sistem termal surya, telah muncul sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang paling cepat berkembang. Pertumbuhan ini disebabkan oleh kemajuan teknologi yang telah menurunkan biaya dan meningkatkan efisiensi sistem energi surya (Vivian et al., 2022). Selain itu, integrasi energi surya ke dalam sistem pemanasan distrik juga telah dieksplorasi, menyoroti potensi kontribusinya yang signifikan terhadap kebutuhan energi lokal sambil mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil (Gao et al., 2022).

Sementara itu, energi angin, yang dihasilkan melalui turbin angin yang mengubah energi kinetik dari angin menjadi listrik, merupakan sumber daya terbarukan yang vital. Keefektifan pembangkitan energi angin sangat bergantung pada faktor geografis, terutama di lokasi-lokasi dengan pola angin yang konsisten. Penelitian menunjukkan bahwa pengembangan strategis tenaga angin dapat secara signifikan meningkatkan portofolio energi terbarukan di suatu wilayah (Münster et al., 2012). Selain itu, kombinasi energi angin dengan sumber terbarukan lainnya dapat mengoptimalkan produksi energi dan mengurangi dampak lingkungan (Borysiak et al., 2022). Energi biomassa, yang berasal dari bahan organik seperti limbah pertanian dan makanan, memainkan peran penting dalam lanskap energi terbarukan. Energi ini menyumbang sebagian besar konsumsi energi global, terutama di negara-negara berkembang dimana biomassa dapat mewakili hingga sepertiga dari total penggunaan energi

(Mitrovic et al., 2012). Fleksibilitas biomassa memungkinkan konversinya menjadi berbagai bentuk energi, termasuk biofuel untuk transportasi dan pemanasan untuk aplikasi rumah tangga dan industri (Kook & Lee, 2015). Potensi biomassa sebagai sumber energi terbarukan semakin diperkuat oleh ketersediaannya secara regional dan kebutuhan investasi awal yang relatif rendah untuk teknologi konversi (Ng et al., 2014).

Sementara itu, tenaga air, yang merupakan salah satu bentuk energi terbarukan tertua, memanfaatkan aliran air untuk menghasilkan listrik. Energi ini dapat diterapkan dalam skala besar maupun kecil, sehingga dapat disesuaikan dengan berbagai konteks lingkungan. Pengembangan sistem mikro-hidro telah terbukti sangat bermanfaat bagi komunitas pedesaan dan terpencil, memberikan sumber energi yang dapat diandalkan sekaligus meminimalkan gangguan ekologi (Volkova et al., 2012). Integrasi tenaga air dengan sumber terbarukan lainnya dapat meningkatkan keamanan dan keberlanjutan energi dalam sistem energi lokal (Vauchez, 2023).

Selain itu, energi geothermal, yang memanfaatkan panas dari dalam Bumi, sangat efektif di daerah dengan aktivitas geologi tinggi. Sumber energi ini dapat digunakan untuk pembangkitan listrik maupun aplikasi pemanasan langsung. Potensi energi geothermal untuk berkontribusi pada sistem pemanasan distrik semakin menarik perhatian, karena dapat menyediakan pasokan energi yang stabil dan konsisten (Ćosić et al., 2012). Kombinasi energi geotermal dengan sumber terbarukan lainnya juga dapat memfasilitasi transisi menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan (Song et al., 2019). Dalam kesimpulannya, pemahaman yang komprehensif tentang sumber energi terbarukan ini sangat penting bagi komunitas, seperti yang ada di Distrik Sentani, untuk mengevaluasi dan menerapkan solusi energi yang sesuai dengan konteks lingkungan dan sosial mereka. Integrasi berbagai sumber energi terbarukan dapat menghasilkan masa depan energi yang lebih tangguh dan berkelanjutan, yang tidak hanya memenuhi kebutuhan energi lokal tetapi juga menghadapi tantangan iklim global.

2.2. Praktik Global dalam Energi Terbarukan Berbasis Komunitas

Dalam beberapa dekade terakhir, terdapat peningkatan yang signifikan dalam minat dan investasi pada inisiatif energi terbarukan berbasis masyarakat di seluruh dunia. Inisiatif ini memainkan peran penting dalam meningkatkan akses energi dan memberdayakan komunitas lokal, sehingga menciptakan perubahan paradigma dalam cara energi diproduksi dan dikonsumsi. Sebagai contoh, model koperasi energi yang diterapkan di negara-negara seperti Jerman dan Denmark memungkinkan masyarakat untuk berinvestasi dan memiliki sumber energi terbarukan seperti tenaga surya dan angin. Keuntungan yang dihasilkan dari koperasi ini seringkali diinvestasikan kembali ke dalam proyek sosial lokal, sehingga menciptakan hubungan sinergis antara keberlanjutan energi dan kesejahteraan masyarakat (Jennings & Lund, 2001). Model ini tidak hanya mendemokratisasi produksi energi, tetapi juga memastikan bahwa manfaatnya didistribusikan di dalam komunitas, yang pada gilirannya mendorong kohesi sosial dan pembangunan ekonomi.

Selain modal koperasi, proyek energi mikro, terutama di negara-negara berkembang, juga telah menunjukkan keberhasilan yang signifikan dalam menyediakan listrik untuk daerah terpencil. Misalnya, pembangkit listrik tenaga air kecil biasanya dikelola oleh komunitas lokal dan didanai oleh organisasi non-pemerintah (NGO) atau lembaga internasional. Model manajemen komunitas ini memberdayakan penduduk setempat dengan memberikan mereka kendali atas sumber daya energi mereka, sehingga meningkatkan kapasitas mereka untuk memenuhi kebutuhan energi secara berkelanjutan (Khan, 2016). Keterlibatan aktif komunitas lokal dalam pengelolaan proyek-proyek ini sangat penting, karena memastikan bahwa solusi energi yang diimplementasikan disesuaikan dengan kebutuhan dan konteks spesifik masyarakat yang dilayani (Zhang et al., 2021).

Program pendidikan dan kesadaran mengenai energi terbarukan juga telah muncul sebagai komponen penting dalam mendorong keterlibatan masyarakat dan mempromosikan

praktik berkelanjutan. Negara-negara seperti Kanada dan Australia telah menerapkan inisiatif pendidikan yang secara aktif melibatkan masyarakat dalam proses pembelajaran. Program-program ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan tentang teknologi energi terbarukan, tetapi juga mendorong adopsi praktik berkelanjutan di tingkat rumah tangga. Penelitian menunjukkan bahwa integrasi pendidikan energi terbarukan ke dalam kurikulum sekolah dapat secara substansial membentuk pemahaman dan penerimaan publik terhadap solusi energi terbarukan ("Significance of 'Renewable Energy Education' in Curriculum of Students," 2023; Lucas et al., 2018). Dengan demikian, lembaga pendidikan dapat memainkan peran vital dalam memfasilitasi transisi yang lebih luas menuju sistem energi yang berkelanjutan (Putri et al., 2022).

Secara keseluruhan, inisiatif energi terbarukan berbasis masyarakat merupakan contoh solusi inovatif dan berkelanjutan untuk tantangan energi yang dihadapi saat ini, sekaligus memperkuat ikatan sosial dalam komunitas. Kombinasi antara model koperasi energi, proyek energi mikro, dan program pendidikan menunjukkan pendekatan multifaset untuk mencapai keberlanjutan energi dan meningkatkan ketahanan komunitas. Bersama-sama, strategi-strategi ini tidak hanya menjawab kebutuhan mendesak akan energi bersih, tetapi juga memberdayakan komunitas, mendorong solidaritas sosial, dan mempromosikan masa depan yang lebih berkelanjutan.

2.3. Peran Komunitas dalam Implementasi Energi Terbarukan

Peran komunitas dalam pengembangan dan implementasi proyek energi terbarukan semakin diakui sebagai hal yang vital untuk mencapai solusi energi yang berkelanjutan. Keterlibatan komunitas meningkatkan keberhasilan proyek melalui berbagai mekanisme, termasuk partisipasi aktif, transfer pengetahuan, pengembangan keterampilan, serta dukungan sosial dan kebijakan.

2.3.1. Partisipasi Aktif

Partisipasi aktif sangat penting untuk mendorong rasa kepemilikan di antara anggota komunitas, yang secara signifikan meningkatkan kemungkinan keberlanjutan proyek. Penelitian menunjukkan bahwa ketika komunitas terlibat dalam fase perencanaan dan implementasi proyek energi terbarukan, mereka lebih cenderung mendukung inisiatif tersebut (Oteman et al., 2014; "Engaging Communities In Renewable Energy Projects For Sustainable Development", 2024). Misalnya, Oteman et al. menyoroti konteks historis inisiatif komunitas di negara-negara seperti Belanda, Jerman, dan Denmark, dimana keterlibatan lokal sangat penting untuk keberhasilan proyek energi terbarukan (Oteman et al., 2014). Demikian pula, Goedkoop et al. menekankan bahwa identifikasi komunitas dan kontak antarpribadi meningkatkan keterlibatan dalam inisiatif energi berkelanjutan, memperkuat pentingnya partisipasi aktif (Goedkoop et al., 2022).

2.3.2. Transfer Pengetahuan

Transfer pengetahuan merupakan aspek kritis lainnya dari keterlibatan komunitas dalam energi terbarukan. Melalui diskusi kolaboratif dan pengalaman bersama, komunitas dapat belajar dari praktik sukses yang diadopsi secara global, yang dapat mengarah pada inovasi lokal yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik (Szyski, 2023; Piippo & Pongrácz, 2020). Sebagai contoh, Szyski membahas bagaimana regulasi UE memfasilitasi pengembangan sistem energi terdesentralisasi, memungkinkan komunitas untuk beradaptasi dan berinovasi berdasarkan pengetahuan yang dibagikan (Szyski, 2023). Selain itu, Piippo dan Pongrácz berpendapat bahwa solusi energi berkelanjutan untuk komunitas pedesaan dapat ditingkatkan melalui integrasi berbagai sistem, mempromosikan pertukaran pengetahuan dan inovasi (Piippo & Pongrácz, 2020).

2.3.3. Pengembangan Keterampilan

Pengembangan keterampilan sangat penting untuk memberdayakan komunitas dalam mengelola teknologi energi terbarukan secara efektif. Workshop pelatihan dan inisiatif pendidikan tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis tetapi juga membangun kapasitas komunitas untuk mengelola sumber daya mereka secara berkelanjutan (Sedyowati et al., 2022; Prilandita et al., 2022). Sedyowati et al. mencatat bahwa kearifan lokal dan kepemimpinan yang kuat dapat mendorong kreativitas dan produktivitas komunitas, yang sangat penting untuk implementasi teknologi energi terbarukan yang sukses (Sedyowati et al., 2022). Aspek pembangunan kapasitas ini sangat penting untuk memastikan bahwa komunitas dapat memelihara dan mengoperasikan sistem energi terbarukan secara mandiri.

2.3.4. Dukungan Sosial dan Kebijakan

Selain itu, komunitas yang terorganisir dan terdidik lebih mampu mempengaruhi kebijakan energi lokal dan regional. Dengan membentuk jaringan dan aliansi, mereka dapat mengadvokasi kebijakan yang mendukung inisiatif energi terbarukan (Fritsche et al., 2018; Vidovich et al., 2023). Misalnya, Ferrando et al. membahas bagaimana inisiatif energi komunitas dapat memotivasi perilaku berkelanjutan dan mempengaruhi kebijakan melalui aksi kolektif (Fritsche et al., 2018). Selain itu, Tzanes menyoroti pentingnya solusi energi terdesentralisasi, di mana komunitas lokal dapat menghasilkan dan mengelola energi mereka sendiri, sehingga mengurangi ketergantungan pada sistem terpusat (Tzanes, 2024).

Secara keseluruhan, keterlibatan komunitas dalam pengembangan energi terbarukan sangat penting untuk menciptakan solusi yang berkelanjutan yang memenuhi kebutuhan lokal dan meningkatkan kualitas hidup. Dalam konteks Distrik Sentani, memberdayakan komunitas melalui pendidikan dan pembangunan kapasitas dapat secara signifikan meningkatkan efektivitas teknologi energi terbarukan, yang pada akhirnya mendorong adopsi yang lebih luas dan keberlanjutan. Dengan pendekatan yang inklusif ini, diharapkan solusi energi terbarukan dapat memberikan manfaat yang lebih besar bagi masyarakat dan lingkungan.

3. Metode Kegiatan

Kegiatan ini dilaksanakan pada tanggal 7-8 September 2024 dengan responden masyarakat setempat yang bertempat tinggal di kawasan Distrik Sentani, Kabupaten Jayapura. Kegiatan ini dirancang dengan pendekatan partisipatif yang memfokuskan pada diskusi dan evaluasi untuk mencapai pemahaman yang lebih baik mengenai energi terbarukan di Distrik Sentani. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi:

1. Pengumpulan Data Awal: Sebelum pelaksanaan kegiatan, dilakukan survei awal untuk mengidentifikasi pengetahuan, sikap, dan kebutuhan masyarakat terkait energi terbarukan. Survei ini juga bertujuan untuk memahami tantangan spesifik yang dihadapi oleh komunitas dalam mengakses sumber energi.
2. Sesi Diskusi Terfokus (Focus Group Discussion - FGD): Kegiatan utama ini akan melibatkan diskusi terfokus dengan masyarakat setempat. FGD ini akan diadakan dalam kelompok kecil untuk memfasilitasi diskusi yang lebih mendalam dan mendengarkan pandangan serta pengalaman masyarakat mengenai penggunaan energi terbarukan. Diskusi ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi solusi lokal yang dapat diimplementasikan.
3. Edukasi dan Presentasi: Selain diskusi, akan ada sesi presentasi yang dipimpin oleh tim pengabdian masyarakat yang menjelaskan konsep energi terbarukan, manfaatnya, dan praktik terbaik dari berbagai belahan dunia. Materi presentasi akan disesuaikan dengan konteks lokal dan kebutuhan masyarakat. Dalam sesi ini, peserta diharapkan untuk berpartisipasi aktif, mengajukan pertanyaan, dan berbagi pengalaman mereka.
4. Workshop Praktis: Setelah sesi presentasi, akan diadakan workshop praktis dimana

peserta dapat belajar tentang teknologi energi terbarukan secara langsung. Misalnya, mereka dapat diajarkan cara merakit panel surya sederhana atau memahami mekanisme turbin angin. Ini bertujuan untuk memberikan keterampilan praktis yang dapat diterapkan oleh masyarakat.

5. Evaluasi dan Refleksi: Setelah semua sesi selesai, akan diadakan sesi evaluasi dan refleksi untuk mengumpulkan umpan balik dari peserta tentang pengalaman mereka. Evaluasi ini tidak hanya mencakup penilaian terhadap penyampaian materi dan diskusi, tetapi juga seberapa besar dampak kegiatan terhadap pemahaman dan minat masyarakat terhadap energi terbarukan.

3.1. Partisipasi Masyarakat

Partisipasi masyarakat merupakan komponen penting dari kegiatan ini. Beberapa langkah untuk melibatkan masyarakat setempat antara lain:

1. Identifikasi dan Pemilihan Responden: Masyarakat di Distrik Sentani akan diajak untuk berpartisipasi berdasarkan kriteria tertentu, seperti keterlibatan mereka dalam kegiatan komunitas sebelumnya dan minat mereka terhadap isu energi. Pengorganisasian ini akan dilakukan melalui kerjasama dengan tokoh masyarakat setempat, yang akan membantu menjangkau individu dan kelompok yang tepat.
2. Sesi Diskusi Terbuka: Dalam sesi diskusi, masyarakat akan diberi kesempatan untuk menyampaikan pendapat, ide, dan tantangan yang mereka hadapi. Ini tidak hanya memberikan ruang bagi suara masyarakat, tetapi juga membantu tim untuk memahami konteks lokal dan mengembangkan solusi yang relevan.
3. Keterlibatan dalam Proses Pengambilan Keputusan: Masyarakat akan dilibatkan dalam pengambilan keputusan terkait solusi yang akan diterapkan. Misalnya, mereka dapat memilih jenis teknologi energi terbarukan yang paling sesuai dengan kondisi lokal. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa solusi yang diusulkan benar-benar mencerminkan kebutuhan dan keinginan komunitas.
4. Pemantauan dan Tindak Lanjut: Setelah kegiatan selesai, tim akan bekerja sama dengan masyarakat untuk melakukan pemantauan dan tindak lanjut mengenai implementasi solusi yang dihasilkan. Ini termasuk mengadakan pertemuan berkala untuk mengevaluasi perkembangan dan memberikan dukungan jika diperlukan.

Melalui pendekatan partisipatif ini, diharapkan masyarakat dapat lebih memahami pentingnya energi terbarukan dan memiliki kapasitas untuk mengimplementasikannya di lingkungan mereka. Keberhasilan kegiatan ini akan tergantung pada sejauh mana masyarakat merasa terlibat dan diberdayakan dalam proses, sehingga mereka dapat menjadi agen perubahan di komunitas mereka sendiri.

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam sesi diskusi dan evaluasi yang diadakan di Distrik Sentani, tim berhasil mengumpulkan wawasan yang berharga mengenai pemahaman masyarakat setempat tentang energi terbarukan. Sebanyak 50 peserta yang terdiri dari berbagai kelompok usia dan latar belakang diundang untuk terlibat dalam diskusi ini. Hasil diskusi menunjukkan bahwa:

1. Tingkat Pengetahuan Awal: Sebagian besar peserta memiliki pengetahuan dasar tentang energi terbarukan, terutama terkait dengan energi surya. Namun, pengetahuan mereka tentang jenis energi terbarukan lainnya, seperti energi angin dan biomassa, masih terbatas. Hal ini mencerminkan perlunya edukasi lebih lanjut tentang potensi sumber energi yang beragam.
2. Tantangan yang Dihadapi: Masyarakat mengidentifikasi beberapa tantangan dalam mengadopsi energi terbarukan, termasuk keterbatasan akses ke teknologi, kurangnya informasi, dan biaya awal yang tinggi. Diskusi juga mengungkapkan bahwa sebagian

besar peserta masih mengandalkan bahan bakar fosil untuk kebutuhan energi sehari-hari, yang menunjukkan bahwa ada resistensi terhadap perubahan.

3. Minat untuk Beralih ke Energi Terbarukan: Meskipun terdapat tantangan, banyak peserta menunjukkan minat yang besar untuk beralih ke energi terbarukan, terutama jika mereka diberikan informasi yang memadai dan dukungan dalam proses implementasi. Keterlibatan mereka dalam diskusi ini menciptakan rasa kepemilikan terhadap isu tersebut dan membuka peluang untuk perubahan yang lebih besar.

Hasil dari diskusi ini memberikan gambaran jelas tentang pemahaman dan sikap masyarakat terhadap energi terbarukan, serta tantangan yang mereka hadapi dalam mengadopsi teknologi baru. Ini sangat relevan untuk rumusan masalah mengenai bagaimana masyarakat lokal dapat mengadopsi teknologi energi terbarukan.

4.1. Analisis terhadap Praktik Global

Mengaitkan hasil diskusi dengan praktik global yang telah diidentifikasi dalam tinjauan pustaka, terlihat bahwa terdapat banyak inisiatif energi terbarukan berbasis komunitas yang berhasil di berbagai negara. Misalnya, di negara-negara seperti Denmark dan Jerman, keberhasilan program energi terbarukan seringkali dikaitkan dengan partisipasi aktif masyarakat dalam pengambilan keputusan dan implementasi proyek.

1. Model Partisipatif: Di Denmark, model energi angin berbasis komunitas telah menunjukkan keberhasilan dengan melibatkan masyarakat setempat dalam investasi dan pengelolaan proyek. Hal ini menciptakan rasa kepemilikan dan meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam pengembangan solusi energi terbarukan. Pembelajaran ini sangat relevan bagi masyarakat di Distrik Sentani yang ingin meningkatkan adopsi energi terbarukan.
2. Pendanaan dan Subsidi: Banyak proyek energi terbarukan di negara lain mendapatkan dukungan dari pemerintah melalui subsidi dan insentif yang menarik. Ini memberikan gambaran bahwa dukungan kebijakan dan finansial sangat penting untuk mempercepat transisi ke energi terbarukan di Distrik Sentani. Hasil diskusi menunjukkan bahwa masyarakat sangat menginginkan adanya dukungan tersebut, baik dari pemerintah lokal maupun organisasi non-pemerintah.
3. Edukasi dan Kesadaran: Praktik global menunjukkan pentingnya pendidikan dan peningkatan kesadaran masyarakat tentang manfaat dan cara kerja teknologi energi terbarukan. Dalam konteks ini, masyarakat Distrik Sentani dapat belajar dari inisiatif-inisiatif global yang menekankan pada edukasi, seperti program pelatihan yang memberikan keterampilan praktis tentang penggunaan teknologi energi terbarukan.

Analisis terhadap praktik global ini menyoroti beberapa strategi yang dapat diadopsi oleh masyarakat Distrik Sentani, terutama dalam konteks rumusan masalah yang berfokus pada praktik terbaik yang dapat diimplementasikan dari pengalaman global.

4.2. Rekomendasi untuk Komunitas Lokal

Berdasarkan hasil diskusi dan praktik terbaik yang relevan, beberapa rekomendasi disusun untuk komunitas lokal di Distrik Sentani agar dapat mengimplementasikan energi terbarukan secara efektif:

1. Pembangunan Kapasitas Melalui Edukasi: Masyarakat perlu mendapatkan pelatihan dan informasi yang lebih mendalam mengenai teknologi energi terbarukan. Workshop dan sesi pelatihan harus diadakan secara berkala, melibatkan para ahli dan praktisi dari luar daerah yang telah berhasil mengimplementasikan teknologi ini. Edukasi tentang manfaat energi terbarukan dan cara kerjanya harus menjadi prioritas.
2. Kemitraan dengan Pemerintah dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM): Untuk menghadapi tantangan pendanaan dan akses teknologi, masyarakat harus menjalin kemitraan dengan pemerintah lokal dan LSM yang fokus pada energi terbarukan.

Melalui kemitraan ini, mereka dapat memperoleh akses ke sumber daya, informasi, dan dukungan yang diperlukan untuk mengimplementasikan proyek energi terbarukan.

3. Penciptaan Forum Komunitas: Mendirikan forum komunitas yang berfokus pada energi terbarukan akan menjadi langkah strategis untuk meningkatkan keterlibatan masyarakat. Forum ini dapat berfungsi sebagai platform untuk berbagi informasi, pengalaman, dan solusi. Diskusi berkala dalam forum ini juga dapat mendorong masyarakat untuk berinovasi dan berkolaborasi dalam mengembangkan solusi yang relevan dengan kebutuhan lokal.
4. Pengembangan Proyek Percontohan: Masyarakat dapat memulai dengan mengembangkan proyek percontohan yang kecil, seperti instalasi panel surya di rumah-rumah, untuk menunjukkan manfaat nyata dari energi terbarukan. Proyek percontohan ini bisa menjadi model bagi masyarakat lain dan menarik perhatian pihak luar untuk berinvestasi dalam energi terbarukan di Distrik Sentani.

Dengan mengimplementasikan rekomendasi ini, diharapkan masyarakat di Distrik Sentani dapat lebih siap untuk mengadopsi teknologi energi terbarukan dan berkontribusi pada keberlanjutan energi di daerah mereka. Rekomendasi ini juga akan membantu menjawab rumusan masalah yang telah diajukan, mengarah pada penguatan kapasitas masyarakat untuk beralih ke solusi energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.

5. Kesimpulan

5.1. Ringkasan Temuan

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan di Distrik Sentani, Kabupaten Jayapura, berhasil mengumpulkan informasi dan wawasan penting mengenai pemahaman dan sikap masyarakat setempat terhadap energi terbarukan. Beberapa temuan utama dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Tingkat Pengetahuan Masyarakat: Diskusi yang dilakukan menunjukkan bahwa meskipun masyarakat memiliki pengetahuan dasar tentang energi terbarukan, terutama energi surya, masih terdapat kesenjangan dalam pemahaman mengenai jenis-jenis energi terbarukan lainnya seperti energi angin, biomassa, dan hidro. Hal ini mengindikasikan perlunya program edukasi yang lebih intensif untuk meningkatkan pemahaman masyarakat tentang potensi energi terbarukan.
2. Tantangan dalam Implementasi: Masyarakat mengidentifikasi sejumlah tantangan yang menghambat adopsi energi terbarukan, termasuk kurangnya akses terhadap teknologi, informasi yang terbatas, dan biaya awal yang tinggi. Diskusi ini menegaskan perlunya dukungan dari berbagai pihak, termasuk pemerintah dan lembaga swadaya masyarakat, untuk membantu mengatasi kendala-kendala ini.
3. Keinginan untuk Beralih: Meskipun ada tantangan yang dihadapi, terdapat minat yang besar di kalangan masyarakat untuk beralih ke energi terbarukan. Peserta menunjukkan antusiasme terhadap penerapan teknologi baru yang dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi lingkungan dan kesejahteraan komunitas. Ini menegaskan bahwa dengan edukasi dan dukungan yang tepat, masyarakat dapat menjadi pelopor dalam transisi energi di daerah mereka.
4. Praktik Global yang Dapat Diadopsi: Hasil diskusi juga menunjukkan bahwa banyak praktik terbaik dari inisiatif global yang relevan dapat diadaptasi untuk konteks lokal. Misalnya, model partisipatif dalam pengembangan proyek energi terbarukan yang melibatkan masyarakat dalam pengambilan keputusan dapat diterapkan untuk meningkatkan keberhasilan proyek di Distrik Sentani.

Ringkasan temuan ini memberikan gambaran yang jelas tentang potensi energi terbarukan di Distrik Sentani serta tantangan yang harus diatasi. Ini akan membantu dalam

merumuskan strategi yang lebih baik untuk implementasi energi terbarukan yang berkelanjutan dan inklusif.

5.2. Implikasi untuk Kebijakan dan Praktik Energi

Hasil kegiatan ini memiliki implikasi yang signifikan bagi kebijakan dan praktik energi di tingkat lokal. Beberapa rekomendasi kebijakan yang dapat dipertimbangkan adalah:

1. Penguatan Kebijakan Energi Terbarukan: Pemerintah daerah perlu mengembangkan kebijakan yang mendukung pengembangan energi terbarukan berbasis komunitas. Kebijakan ini harus mencakup insentif untuk investasi dalam proyek energi terbarukan, dukungan untuk penelitian dan pengembangan teknologi, serta program edukasi bagi masyarakat. Ini akan menciptakan ekosistem yang kondusif untuk transisi energi yang berkelanjutan.
2. Peningkatan Akses terhadap Teknologi: Kebijakan harus difokuskan pada peningkatan akses masyarakat terhadap teknologi energi terbarukan yang ramah lingkungan dan terjangkau. Misalnya, pemerintah dapat menjalin kemitraan dengan perusahaan swasta dan lembaga penelitian untuk memperkenalkan teknologi baru di tingkat lokal dan menyediakan pelatihan bagi masyarakat.
3. Program Edukasi Berkelanjutan: Implementasi program edukasi yang berkelanjutan tentang energi terbarukan harus menjadi prioritas bagi pemerintah dan lembaga terkait. Program ini perlu dirancang untuk menjangkau berbagai kalangan, termasuk anak-anak, remaja, dan orang dewasa, dengan tujuan untuk meningkatkan kesadaran tentang manfaat energi terbarukan serta keterampilan praktis yang diperlukan untuk mengadopsinya.
4. Penciptaan Forum Diskusi dan Kerjasama: Disarankan untuk membentuk forum diskusi yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, LSM, akademisi, dan masyarakat. Forum ini akan menjadi wadah untuk berbagi informasi, pengalaman, dan inovasi terkait energi terbarukan. Dengan melibatkan berbagai pihak, kolaborasi dan koordinasi dalam pengembangan kebijakan dan praktik energi dapat ditingkatkan.
5. Monitoring dan Evaluasi: Kebijakan energi terbarukan yang diimplementasikan harus dilengkapi dengan sistem monitoring dan evaluasi yang efektif. Ini bertujuan untuk menilai dampak dari kebijakan yang diambil, mengidentifikasi area perbaikan, dan memastikan bahwa inisiatif yang dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

Dengan menerapkan rekomendasi ini, diharapkan kebijakan energi di Distrik Sentani dapat lebih responsif terhadap kebutuhan masyarakat dan mendukung transisi menuju sumber energi yang lebih berkelanjutan. Ini juga akan membantu dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat setempat. Kesimpulan ini menekankan pentingnya kolaborasi lintas sektoral untuk mencapai keberhasilan dalam pengembangan energi terbarukan berbasis komunitas di Distrik Sentani.

6. Daftar Pustaka

Asselt, H. and Green, F. (2022). cop26 and the dynamics of anti-fossil fuel norms. *Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change*, 14(3). <https://doi.org/10.1002/wcc.816>

Ayling, J. (2017). A contest for legitimacy: the divestment movement and the fossil fuel industry. *Law & Policy*, 39(4), 349-371. <https://doi.org/10.1111/lapo.12087>

Borysiak, O., Wołowiec, T., Gliszczynski, G., Brych, V., & Dluhopolskyi, O. (2022). Smart transition to climate management of the green energy transmission chain. *Sustainability*, 14(18), 11449. <https://doi.org/10.3390/su141811449>

Ćosić, B., Krajačić, G., & Duić, N. (2012). A 100% renewable energy system in the year 2050: the case of macedonia. *Energy*, 48(1), 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.06.078>

Fatica, S. and Panzica, R. (2021). Green bonds as a tool against climate change?. *Business Strategy and the Environment*, 30(5), 2688-2701. <https://doi.org/10.1002/bse.2771>

Fritzsche, I., Barth, M., Jugert, P., Masson, T., & Reese, G. (2018). A social identity model of pro-environmental action (simpea).. *Psychological Review*, 125(2), 245-269. <https://doi.org/10.1037/rev0000090>

Gao, Y., Wang, S., S., J., Wu, X., Wang, J., Zhang, T., ... & Ma, Z. (2022). Configurations and exergy analysis of district heating substations based mainly on renewable energy. *E3s Web of Conferences*, 356, 01005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235601005>

Goedkoop, F., Sloot, D., Jans, L., Dijkstra, J., Flache, A., & Steg, L. (2022). The role of community in understanding involvement in community energy initiatives. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.775752>

Green, F. (2018). Anti-fossil fuel norms. *Climatic Change*, 150(1-2), 103-116. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2134-6>

Jennings, P. and Lund, C. (2001). Renewable energy education for sustainable development. *Renewable Energy*, 22(1-3), 113-118. [https://doi.org/10.1016/s0960-1481\(00\)00028-8](https://doi.org/10.1016/s0960-1481(00)00028-8)

Khan, T. (2016). Microfinance interventions in renewable energy enhancing the living standard of rural households.. <https://doi.org/10.15224/978-1-63248-111-5-31>

Kook, J. and Lee, S. (2015). Analysis of biomass energy potential around major cities in south korea. *Applied Chemistry for Engineering*, 26(2), 178-183. <https://doi.org/10.14478/ace.2015.1005>

Lucas, H., Pinnington, S., & Cabeza, L. (2018). Education and training gaps in the renewable energy sector. *Solar Energy*, 173, 449-455. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.07.061>

Maniatis, K., Chiaramonti, D., & Heuvel, E. (2021). Post covid-19 recovery and 2050 climate change targets: changing the emphasis from promotion of renewables to mandated curtailment of fossil fuels in the eu policies. *Energies*, 14(5), 1347. <https://doi.org/10.3390/en14051347>

McDonnell, C. (2024). Pension funds and fossil fuel phase-out: historical developments and limitations of pension climate strategies. *International Environmental Agreements Politics Law and Economics*, 24(1), 169-191. <https://doi.org/10.1007/s10784-024-09626-0>

Mitrovic, D., Janevski, J., & Laković, M. (2012). Primary energy savings using heat storage for biomass heating systems. *Thermal Science*, 16(suppl. 2), 423-431. <https://doi.org/10.2298/tsci120503180m>

Münster, M., Morthorst, P., Larsen, H., Bregnbæk, L., Werling, J., Lindboe, H., ... & Ravn, H. (2012). The role of district heating in the future danish energy system. *Energy*, 48(1), 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.06.011>

Ng, W., Rahman, A., & Koh, S. (2014). Potential of palm biomass as renewable energy source from data analysis of sua manggis palm oil mill in linggi, negeri sembilan, malaysia.. <https://doi.org/10.2495/esus140111>

Oteman, M., Wiering, M., & Helderman, J. (2014). The institutional space of community initiatives for renewable energy: a comparative case study of the netherlands, germany and denmark. *Energy Sustainability and Society*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/2192-0567-4-11>

Piggot, G. (2017). The influence of social movements on policies that constrain fossil fuel supply. *Climate Policy*, 18(7), 942-954. <https://doi.org/10.1080/14693062.2017.1394255>

Piippo, S. and Pongrácz, É. (2020). Sustainable energy solutions for rural communities., 14, 12. <https://doi.org/10.3390/wef-06910>

Plantinga, A. and Scholtens, B. (2020). The financial impact of fossil fuel divestment. *Climate Policy*, 21(1), 107-119. <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1806020>

Prilandita, N., Sagala, S., Azhari, D., & Habib, A. (2022). Rural renewable energy development: lessons learned from community-based renewable energy business model in east sumba, indonesia. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*, 1015(1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1015/1/012017>

Putri, I., Setiawan, A., & Nasrudin, D. (2022). Energy literacy profile of vocational high school teacher candidates for renewable energy engineering expertise program. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Dan Kejuruan*, 15(2), 99. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v15i2.67623>

Sedyowati, L., Yuniarti, S., & Sufiyanto, S. (2022). Small-scale renewable energy technology to support the sustainability of a food security village in malang city. *E3s Web of Conferences*, 359, 01005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235901005>

Skovgaard, J. and Assett, H. (2019). The politics of fossil fuel subsidies and their reform: implications for climate change mitigation. *Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change*, 10(4). <https://doi.org/10.1002/wcc.581>

Song, Z., Wang, N., You, S., Wang, Y., Zhang, H., Wei, S., ... & Guo, J. (2019). Integration of geothermal water into secondary network by absorption-heat-pump-assisted district heating substations. *Energy and Buildings*, 202, 109403. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109403>

Szyski, M. (2023). Sharing energy as part of the sharing economy? new developments in the eu energy transition: legal analysis. *Wroclaw Review of Law Administration & Economics*, 13(2), 1-18. <https://doi.org/10.2478/wrlae-2023-0002>

Trout, K., Muttitt, G., Lafleur, D., Graaf, T., Mendelevitch, R., Lan, M., ... & Meinshausen, M. (2022). Existing fossil fuel extraction would warm the world beyond 1.5 °c. *Environmental Research Letters*, 17(6), 064010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac6228>

Tzanes, G. (2024). Practice of a load shifting algorithm for enhancing community-scale res utilization in an island context.. <https://doi.org/10.20944/preprints202401.1936.v1>

Vauchez, M. (2023). Life cycle assessment of district heating infrastructures: a comparison of pipe typologies in france. *Energies*, 16(9), 3912. <https://doi.org/10.3390/en16093912>

Vidovich, L., Tricarico, L., & Zulianello, M. (2023). How can we frame energy communities' organisational models? insights from the research 'community energy map' in the italian context. *Sustainability*, 15(3), 1997. <https://doi.org/10.3390/su15031997>

Vivian, J., Chinello, M., Zarrella, A., & Carli, M. (2022). Investigation on individual and collective pv self-consumption for a fifth generation district heating network. *Energies*, 15(3), 1022. <https://doi.org/10.3390/en15031022>

Volkova, A., Mashatin, V., Hlebnikov, A., & Siirde, A. (2012). Methodology for the improvement of large district heating networks. *Scientific Journal of Riga Technical University Environmental and Climate Technologies*, 10(1), 39-45. <https://doi.org/10.2478/v10145-012-0009-7>

Zhang, Y., Tang, W., Duffield, C., Zhang, L., & Hui, F. (2021). Environment management of hydropower development: a case study. *Energies*, 14(7), 2029. <https://doi.org/10.3390/en14072029>