

Peran sentral pemahaman kimia terhadap pengembangan energi terbarukan

Nuri Indria Khofidatus Zamza

Program Studi Kimia, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
e-mail: 2306003110035@student.uin-malang.ac.id

Kata Kunci:

Energi terbarukan, kimia, pengembangan, inovasi.

Keywords:

Renewable energy, chemistry, development, innovation

ABSTRAK

Energi terbarukan menawarkan solusi berkelanjutan bagi kebutuhan energi di Indonesia dan memainkan peran penting dalam menjaga lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memahami peran kimia dalam pengembangan energi terbarukan dan tantangan yang dihadapi di Indonesia. Metode yang digunakan adalah deskriptif-kualitatif berbasis studi pustaka, yaitu menganalisis sumber utama berupa penelitian terdahulu mengenai produksi dan pemanfaatan energi terbarukan seperti surya, angin, biomassa, hidro, dan panas bumi. Hasil menunjukkan bahwa kimia

berperan penting dalam inovasi material dan teknologi pengolahan serta penyimpanan energi terbarukan. Namun, tantangan seperti ketersediaan bahan baku, keterbatasan teknologi, dan rendahnya dukungan kebijakan menjadi penghambat utama. Solusi dari tantangan bisa berbentuk kerja sama lintas sektor diperlukan untuk mengatasi hambatan ini dan mempercepat adopsi teknologi energi terbarukan yang berkelanjutan di Indonesia.

ABSTRACT

Renewable energy offers a sustainable solution to Indonesia's energy needs and plays a crucial role in environmental preservation. This study aims to understand the role of chemistry in renewable energy development and the challenges faced in Indonesia. The method used is a descriptive-qualitative approach based on library research, analyzing primary sources from previous studies on the production and utilization of renewable energy such as solar, wind, biomass, hydro, and geothermal. Results show that chemistry is instrumental in innovating materials and technology for renewable energy processing and storage. However, challenges such as limited raw materials, technological constraints, and low policy support remain major obstacles. Cross-sector collaboration is suggested as a solution to overcome these barriers and accelerate the adoption of sustainable renewable energy technologies in Indonesia.

Pendahuluan

Kimia sebagai salah satu cabang ilmu pengetahuan telah ada sejak lama, bahkan sejak peradaban manusia mulai memahami berbagai fenomena alam. Pada awalnya, ilmu ini muncul melalui aktivitas manusia dalam mengolah bahan-bahan alami menjadi sesuatu yang lebih berguna, seperti pembuatan logam, obat-obatan, dan berbagai material lainnya. Seiring dengan perkembangan zaman, manusia mulai menyadari bahwa terdapat aturan-aturan tertentu dalam mengubah satu zat menjadi zat lain. Pemahaman ini menjadi landasan bagi kemunculan alkimia pada masa lalu, yang kemudian berkembang menjadi ilmu kimia modern (Alfian, 2009). Kimia mulai dianggap



This is an open access article under the [CC BY-NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

Copyright © 2023 by Author. Published by Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

sebagai ilmu yang memiliki kaidah-kaidah ilmiah yang dapat diuji dan dibuktikan, terutama setelah munculnya teori atom dan hukum-hukum dasar kimia. Kemunculan kimia modern membuka peluang besar bagi ilmu pengetahuan untuk berkembang, termasuk di bidang teknologi dan kesehatan.

Pada awal kemunculan ilmu kimia, Jabir bin Hayyan dikenal sebagai salah satu tokoh penting yang banyak memberikan kontribusi besar dalam sejarah ilmu pengetahuan. Jabir bin Hayyan, seorang ahli kimia dan filsuf yang hidup pada abad ke-8 di masa Kekhalifahan Abbasiyah, sering dianggap sebagai "Bapak Kimia" (Chandra, 2012). Jabir berhasil mengembangkan berbagai metode ilmiah untuk mempelajari zat-zat kimia dan fenomena reaksi yang terjadi di dalamnya. Salah satu sumbangsuhnya adalah penemuan teknik destilasi yang kini masih digunakan dalam berbagai proses industri modern (Wibowo, 2023). Pengaruhnya pada ilmu kimia kemudian menginspirasi generasi ilmuwan setelahnya dan menjadi landasan bagi perkembangan ilmu kimia di dunia Islam dan Eropa (Muda & Musli, 2023).

Kekhalifahan Abbasiyah, yang berpusat di Baghdad, menjadi pusat kemajuan intelektual di dunia Islam dan menarik banyak ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu, termasuk kimia. Pada masa itu, kimia tidak hanya dipelajari sebagai ilmu terapan, tetapi juga sebagai bagian dari filsafat alam yang mencoba memahami prinsip-prinsip dasar alam semesta (Sabrani, 2019). Para ilmuwan di masa Abbasiyah, seperti al-Razi dan al-Kindi, mengembangkan berbagai teori dan metode eksperimental yang digunakan dalam studi kimia. Al-Razi, sebagai contoh, melakukan eksperimen dengan berbagai bahan kimia untuk menemukan cara mengobati penyakit serta mengembangkan teknik pemisahan senyawa kimia (Muda & Musli, 2023). Penerjemahan karya-karya ilmuwan Yunani ke dalam bahasa Arab juga berperan penting dalam memperkaya pengetahuan kimia pada masa itu (Suprianingsih et al., 2022). Dengan dukungan lembaga-lembaga seperti Bayt al-Hikmah atau "Rumah Kebijakan," para ilmuwan dapat mengakses berbagai literatur dan fasilitas yang mendukung riset mereka. Di masa ini, kimia berkembang menjadi ilmu yang lebih sistematis dan terstruktur, mencakup berbagai konsep dasar tentang unsur, senyawa, dan reaksi kimia.

Sebagai ilmu pengetahuan baru yang terstruktur, kimia mengalami banyak kemajuan pesat dari masa ke masa. Perkembangan ini dimulai dari ditemukannya hukum-hukum dasar kimia oleh ilmuwan seperti John Dalton dan Antoine Lavoisier, yang menjadi fondasi bagi kemajuan lebih lanjut. Melalui eksperimen dan pengembangan teori, ilmu kimia terus mengalami pembaruan, terutama sejak abad ke-19 hingga sekarang. Kemajuan teknologi di berbagai bidang, seperti spektroskopi dan kromatografi, memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang unsur dan senyawa kimia. Di samping itu, penemuan tabel periodik oleh Dmitri Mendeleev menjadi tonggak penting dalam mengklasifikasikan unsur-unsur kimia berdasarkan sifat-sifatnya. Penemuan ini mempermudah para ilmuwan untuk memprediksi perilaku unsur dan senyawa dalam berbagai reaksi kimia (Suyatno, 2019).

Kimia juga mengalami revolusi besar dengan ditemukannya elektron dan teori mekanika kuantum, yang membuka perspektif baru tentang struktur atom dan molekul. Ilmu kimia modern kemudian mempengaruhi berbagai bidang lain, seperti biokimia, farmasi, dan ilmu material, yang memperluas aplikasi dan cakupan ilmu ini. Di Indonesia,

pemahaman ilmu kimia sudah mulai diajarkan sejak jenjang sekolah menengah hingga perguruan tinggi, sejalan dengan kebijakan pendidikan yang terus mengalami perubahan. Pengenalan dasar-dasar ilmu kimia kepada siswa diharapkan dapat menumbuhkan minat dan pemahaman yang lebih dalam terhadap fenomena alam dan teknologi.

Kurikulum kimia yang diterapkan di sekolah-sekolah bertujuan untuk membekali siswa dengan pengetahuan dasar tentang unsur, senyawa, dan reaksi kimia, yang dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari. Di samping itu, kimia juga berperan dalam meningkatkan kemampuan analisis dan berpikir kritis siswa, yang sangat dibutuhkan dalam menghadapi tantangan masa depan. Pentingnya ilmu kimia dalam kehidupan sehari-hari semakin disadari, terutama dalam menghadapi isu lingkungan dan energi. Peningkatan pemahaman kimia di tingkat sekolah diharapkan dapat menghasilkan generasi yang lebih peka terhadap permasalahan global. Pendidikan kimia yang baik menjadi salah satu faktor penting dalam mencetak sumber daya manusia yang kompeten di bidang sains dan teknologi.

Pembelajaran kimia di sekolah tidak hanya bertujuan untuk memenuhi kebutuhan kurikulum, tetapi juga sebagai upaya untuk mempersiapkan generasi yang lebih siap menghadapi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pemahaman ilmu kimia yang baik memungkinkan siswa untuk mengembangkan kemampuan berpikir analitis yang kritis dalam memecahkan masalah (Bin Othman et al., 2015). Pengetahuan tentang reaksi kimia, proses-proses alami, dan pemanfaatan bahan alam dapat memberikan wawasan yang lebih luas bagi siswa tentang peran kimia dalam kehidupan. Dalam jangka panjang, diharapkan pendidikan kimia dapat menjadi basis bagi pengembangan ilmu pengetahuan yang berkelanjutan di Indonesia mengingat akhir-akhir ini dunia sedang mengalami krisis energi.

Pengembangan energi terbarukan menjadi salah satu solusi penting dalam menghadapi krisis energi dan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh penggunaan bahan bakar fosil. Ilmu kimia berperan penting dalam pengembangan berbagai jenis energi terbarukan, seperti energi matahari, yang banyak dikembangkan melalui penelitian tentang sel fotovoltaik. Sel fotovoltaik, yang berbahan dasar semikonduktor, merupakan contoh aplikasi kimia yang memungkinkan konversi energi matahari menjadi energi listrik (Evina Dibyantini et al., 2020). Di samping energi matahari, energi angin juga menjadi fokus pengembangan, di mana ilmu kimia berperan dalam pembuatan turbin yang efisien dan tahan lama. Selain itu, energi biomassa, yang mengubah bahan organik menjadi energi, juga sangat bergantung pada proses kimia untuk menghasilkan bahan bakar yang dapat diperbarui (Sari et al., 2023). Energi hidro, yang memanfaatkan air sebagai sumber energi, memerlukan pemahaman kimia dalam proses pengelolaan air dan pengurangan dampak lingkungan. Energi panas bumi, yang memanfaatkan panas dari dalam bumi, juga tidak terlepas dari peran kimia dalam pengolahan fluida panas bumi menjadi energi listrik (Wahyuni & Yerimadesi, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran ilmu kimia dalam pengembangan energi terbarukan, terutama yang berkaitan dengan energi matahari, biomassa, angin, hidro, dan panas bumi. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai bagaimana kimia dapat

mendukung teknologi energi terbarukan secara efektif dan efisien. Manfaat penelitian ini diharapkan tidak hanya terbatas pada pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga berkontribusi dalam menyediakan solusi untuk ketahanan energi yang berkelanjutan di Indonesia. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi bahan rujukan bagi para peneliti, akademisi, dan praktisi dalam upaya mempercepat pengembangan teknologi energi yang ramah lingkungan.

Sub Pendahuluan (Heading 2, size 12, bold, Title Case, tanpa penomoran, spasi awal dan akhir paragraf 6 poin)

Teks utama dalam font 12, spasi tunggal. Spasi setiap akhir paragraf 6 poin. Setiap awal paragraph menggunakan *first line*. Teks utama dalam font 12, spasi tunggal. Spasi setiap akhir paragraf 6 poin. Setiap awal paragraph menggunakan *first line*.

Teks utama dalam font 12, spasi tunggal. Spasi setiap akhir paragraf 6 poin. Setiap awal paragraph menggunakan *first line*. Teks utama dalam font 12, spasi tunggal. Spasi setiap akhir paragraf 6 poin. Setiap awal paragraph menggunakan *first line*.

Pembahasan

POTENSI ENERGI TERBARUKAN DI BERBAGAI WILAYAH INDONESIA

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ilmu kimia memiliki peran sentral dalam pengembangan teknologi energi terbarukan, terutama pada pengembangan energi matahari, biomassa, angin, hidro, dan panas bumi. Dari analisis yang dilakukan, ditemukan bahwa penerapan prinsip-prinsip kimia sangat membantu dalam optimasi material dan proses yang digunakan dalam teknologi energi. Misalnya, kimia berperan penting dalam pembuatan sel fotovoltaik untuk energi matahari dan pengolahan biomassa untuk energi terbarukan berbahan organik. Menurut Sari (2023), inovasi kimia yang diterapkan dalam teknologi turbin untuk energi angin dan pengelolaan kualitas air pada pembangkit listrik tenaga air menunjukkan bahwa kimia berkontribusi langsung pada peningkatan efektivitas sumber daya energi. Pada energi panas bumi, misalnya, kimia berperan dalam pengelolaan fluida panas bumi yang menjadi sumber energi, sehingga energi dapat dimanfaatkan secara optimal tanpa merusak lingkungan sekitar. Temuan-temuan ini menjadi landasan bagi pengembangan studi lebih lanjut mengenai integrasi kimia dalam inovasi energi yang berkelanjutan, khususnya di Indonesia.

Indonesia memiliki potensi besar dalam pengembangan energi terbarukan berkat sumber daya alamnya yang melimpah dan tersebar di seluruh wilayah kepulauan. Dengan kondisi geografis tropis dan iklim yang mendukung, energi terbarukan seperti energi matahari, biomassa, angin, hidro, dan panas bumi menjadi alternatif potensial untuk menggantikan energi fosil. Potensi energi matahari di Indonesia sangat besar, terutama di wilayah dengan intensitas cahaya matahari tinggi seperti Nusa Tenggara, Jawa, dan Bali. Teknologi fotovoltaik dapat dikembangkan secara luas di daerah-daerah ini sebagai sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan. Selain itu, potensi energi angin juga tinggi, terutama di wilayah pesisir seperti Pantai Selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara Timur. Pembangunan infrastruktur turbin angin pada daerah ini memiliki

prospek besar, mengingat kondisi angin yang stabil sepanjang tahun (Setyono & Kiono, 2021).

Energi biomassa merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat relevan di Indonesia mengingat keberlimpahan sumber daya organik, seperti limbah pertanian, perkebunan, dan kehutanan. Pengolahan limbah menjadi energi biomassa memberikan solusi ganda, yakni mengurangi permasalahan sampah sekaligus menghasilkan energi. Di wilayah Sumatera dan Kalimantan, limbah kelapa sawit dan kayu memiliki potensi besar sebagai bahan baku biomassa. Selain itu, ketersediaan biomassa dari limbah pertanian di Jawa dan Nusa Tenggara juga signifikan, memungkinkan pemanfaatan sumber energi ini untuk memenuhi kebutuhan energi lokal.

Potensi energi hidro atau tenaga air juga sangat besar di Indonesia, terutama di daerah-daerah dengan aliran sungai yang kuat seperti di Sumatera, Jawa, dan Kalimantan. Di Indonesia, pembangunan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) telah dilakukan sejak lama, namun potensi energi hidro di Indonesia belum sepenuhnya dimanfaatkan. Aliran sungai yang stabil dan curah hujan yang tinggi di banyak wilayah memberikan peluang besar untuk membangun lebih banyak PLTA dengan kapasitas yang lebih besar. Di beberapa wilayah terpencil, pengembangan pembangkit listrik tenaga air skala kecil atau mikrohidro juga memungkinkan untuk memberikan akses listrik bagi masyarakat setempat.

Indonesia juga memiliki potensi energi panas bumi yang besar karena posisinya di sepanjang "Cincin Api Pasifik", yang dikenal memiliki aktivitas vulkanik tinggi (Rahma, 2018). Cadangan energi panas bumi di Indonesia diperkirakan menjadi salah satu yang terbesar di dunia, terutama di wilayah Jawa Barat, Sumatera Utara, dan Sulawesi. Energi panas bumi merupakan sumber energi terbarukan yang dapat diandalkan karena stabilitasnya dan kemampuannya untuk menghasilkan energi sepanjang tahun. Pengembangan energi panas bumi di Indonesia telah mulai dilaksanakan, tetapi masih banyak potensi yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Pemanfaatan energi panas bumi memerlukan investasi awal yang besar serta teknologi yang canggih untuk ekstraksi dan pemrosesan panas dari dalam bumi.

Energi matahari juga memiliki potensi besar di Indonesia karena hampir seluruh wilayah menerima sinar matahari sepanjang tahun. Teknologi fotovoltaik yang mampu mengubah sinar matahari menjadi energi listrik sangat cocok dikembangkan di Indonesia, terutama di daerah-daerah yang memiliki intensitas cahaya matahari tinggi seperti Nusa Tenggara, Bali, dan Jawa. Selain itu, panel surya dapat diintegrasikan pada bangunan, lahan kosong, atau bahkan pada permukaan air, seperti pada proyek-proyek pembangkit listrik tenaga surya apung. Meskipun potensi ini besar, tantangan dalam pemanfaatan energi matahari di Indonesia meliputi biaya pemasangan yang tinggi dan kebutuhan akan infrastruktur penyimpanan energi. Inovasi dalam teknologi penyimpanan baterai menjadi kunci penting untuk meningkatkan penggunaan energi matahari di Indonesia.

Indonesia juga memiliki potensi energi angin yang cukup tinggi, terutama di wilayah pesisir dengan kondisi angin yang stabil. Pembangunan pembangkit listrik

tenaga angin atau turbin angin dapat dikembangkan di daerah-daerah seperti Pantai Selatan Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara Timur. Kondisi angin yang konsisten di wilayah ini memungkinkan pengoperasian turbin angin secara optimal sepanjang tahun. Pengembangan energi angin di Indonesia masih menghadapi beberapa tantangan, seperti biaya investasi yang tinggi serta kebutuhan akan infrastruktur khusus. Turbin angin yang efisien dan tahan lama menjadi kunci penting untuk memaksimalkan potensi energi ini. Selain itu, kondisi cuaca yang sering berubah juga memerlukan teknologi yang tahan terhadap kondisi ekstrem. Energi angin yang bersih dan berkelanjutan ini menjadi peluang besar bagi Indonesia untuk menambah kapasitas energi terbarukan yang ramah lingkungan.

Selain potensi-potensi tersebut, Indonesia juga memiliki banyak peluang untuk mengembangkan teknologi hybrid atau kombinasi antara beberapa sumber energi terbarukan (Sih Setyono et al., 2019). Di daerah yang memiliki potensi matahari dan angin, misalnya, pembangkit listrik dapat menggabungkan panel surya dengan turbin angin untuk mendapatkan pasokan energi yang lebih stabil. Teknologi hybrid ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan energi terbarukan tetapi juga meminimalkan ketergantungan pada satu sumber energi tertentu. Di kawasan terpencil, pengembangan teknologi hybrid dapat menjadi solusi praktis untuk memenuhi kebutuhan energi lokal. Indonesia dapat mengembangkan sistem hybrid ini di berbagai wilayah yang memiliki kombinasi sumber daya energi yang melimpah.

Potensi energi terbarukan di Indonesia sangat besar dan memiliki peluang untuk dikembangkan dalam berbagai sektor. Keberagaman sumber daya alam serta kondisi geografis yang mendukung memberikan keunggulan kompetitif bagi Indonesia dalam mengembangkan energi bersih. Pemanfaatan energi terbarukan ini juga sejalan dengan upaya pemerintah dalam mencapai target pengurangan emisi gas rumah kaca serta meningkatkan ketahanan energi nasional. Tantangan yang dihadapi, seperti investasi dan teknologi, dapat diatasi dengan kerjasama antara pemerintah, industri, dan lembaga penelitian. Dukungan kebijakan yang tepat dan investasi dalam teknologi energi terbarukan akan mempercepat pemanfaatan sumber daya energi yang melimpah di Indonesia. Potensi tersebut menjadikan Indonesia sebagai negara dengan peluang besar untuk menjadi pemimpin dalam pengembangan energi terbarukan di kawasan Asia Tenggara.

PERAN KIMIA DALAM PENGEMBANGAN ENERGI TERBARUKAN

Peran ilmu kimia sangat penting dalam proses pengembangan energi terbarukan karena kimia memungkinkan pemahaman mendalam mengenai struktur dan sifat material yang digunakan dalam teknologi energi. Dalam pengembangan energi matahari, misalnya, kimia berperan besar dalam pembuatan sel fotovoltaik yang mengonversi cahaya matahari menjadi listrik. Material semikonduktor yang digunakan dalam sel surya, seperti silikon atau perovskit, dioptimalkan melalui proses kimia untuk meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya dan konversi energi. Pengembangan fotovoltaik berbasis perovskit merupakan inovasi baru yang dilakukan ilmuwan untuk menekan biaya produksi sekaligus meningkatkan daya serap sinar matahari. Teknologi

ini memanfaatkan reaksi kimia untuk menciptakan lapisan-lapisan material tipis yang memiliki kepekaan tinggi terhadap cahaya (Sih Setyono et al., 2019).

Kimia juga berperan dalam pengembangan energi Biomassa dalam konversi bahan organik menjadi bahan bakar melalui proses seperti pirolisis, gasifikasi, dan fermentasi. Proses pirolisis adalah teknik pemanasan biomassa dalam kondisi tanpa oksigen untuk menghasilkan bahan bakar berbentuk gas, cair, atau padat (Cahyono, 2013). Gasifikasi adalah proses lain yang menggunakan oksigen terbatas untuk mengonversi biomassa menjadi gas sintesis, yang kemudian dapat digunakan sebagai bahan bakar. Proses kimiawi ini memastikan reaksi berlangsung secara efisien dan menghasilkan energi maksimal dari bahan baku biomassa yang digunakan. Pada proses fermentasi, kimia mengontrol reaksi mikroba yang menguraikan bahan organik menjadi biogas, terutama metana, yang dapat dijadikan sumber energi. Proses pengolahan biomassa juga membutuhkan katalis dan aditif kimia tertentu untuk meningkatkan kualitas bahan bakar yang dihasilkan (Ramadhanti, 2023).

Dalam pengembangan energi angin, kimia berperan pada pembuatan dan pengolahan material turbin agar lebih efisien dan tahan lama terhadap kondisi cuaca yang ekstrem. Bahan untuk baling-baling turbin angin, biasanya berupa komposit fiberglass atau serat karbon, dikembangkan melalui teknik kimia yang memastikan ketahanan material terhadap keausan (Arifianti, 2017). Pembuatan material komposit ini memerlukan pengikatan molekuler yang kuat agar baling-baling dapat bertahan dalam jangka waktu lama dan tahan terhadap korosi. Kimia juga digunakan untuk menciptakan pelumas khusus yang mengurangi gesekan dan meningkatkan efisiensi rotasi turbin, sehingga energi yang dihasilkan menjadi optimal. Proses kimia lainnya terlibat dalam lapisan pelindung yang diaplikasikan pada turbin untuk mengurangi kerusakan akibat paparan sinar UV dan kondisi iklim (Widodo, 2023). Penelitian dalam bidang kimia juga berfokus pada pengembangan material turbin yang lebih ringan dan mudah terurai sehingga dapat lebih ramah lingkungan.

Peran kimia dalam pengembangan energi hidro sangat penting pada aspek pengelolaan air dan pemeliharaan infrastruktur pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Di dalam PLTA, kimia berperan dalam memastikan kualitas air yang digunakan agar turbin tidak cepat mengalami korosi atau kerusakan. Selain itu, kimia juga digunakan dalam proses perawatan turbin dengan menggunakan senyawa antikorosi dan pelapis yang mampu mencegah akumulasi mineral di dalam sistem turbin (Siti Hafsa et al., 2022). Penggunaan senyawa kimia pada turbin juga berperan dalam mengurangi gesekan antara komponen-komponen, sehingga energi yang dihasilkan dapat lebih optimal. Pada skala mikrohidro, kimia berperan dalam pemilihan material yang sesuai untuk komponen-komponen turbin yang lebih kecil dan biasanya beroperasi di wilayah pedalaman. Kimia turut berperan dalam memastikan bahwa air yang digunakan dalam PLTA ramah lingkungan dan tidak mencemari ekosistem sekitar.

Pengembangan energi panas bumi juga sangat bergantung pada ilmu kimia, terutama dalam hal pengolahan fluida panas bumi. Fluida panas bumi yang diambil dari dalam bumi mengandung berbagai mineral yang berpotensi merusak pipa dan peralatan, sehingga diperlukan pemahaman kimia untuk mengelola kandungan mineral tersebut. Proses kimia digunakan untuk mengurangi zat-zat yang korosif, seperti sulfur

dan besi, agar tidak merusak sistem perpipaan dan turbin. Kimia juga memungkinkan penggunaan bahan antikorosi khusus pada pipa-pipa yang berfungsi dalam ekstraksi panas dari dalam bumi. Dalam sistem sirkulasi fluida, senyawa kimia digunakan untuk mencegah pembentukan kerak yang dapat mengganggu aliran fluida. Reaksi kimia diatur agar panas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara efisien tanpa membahayakan struktur sistem panas bumi itu sendiri (Arifianti, 2017). Pengelolaan ini membuat energi panas bumi menjadi sumber daya yang aman, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

Selain pengembangan energi dari masing-masing sumber, kimia berperan penting dalam pengembangan teknologi penyimpanan energi yang mendukung kestabilan pasokan energi terbarukan. Salah satu teknologi penyimpanan yang sedang dikembangkan adalah baterai lithium-ion yang digunakan untuk menyimpan energi dari panel surya dan turbin angin (Sih Setyono et al., 2019). Reaksi kimia pada baterai lithium-ion memungkinkannya menyimpan energi dalam jumlah besar dan melepaskannya kembali saat dibutuhkan. Penelitian dalam bidang kimia terus dilakukan untuk meningkatkan kapasitas dan stabilitas baterai, termasuk mengurangi risiko overheating dan meningkatkan efisiensi pengisian daya. Inovasi baterai ini penting karena memungkinkan energi terbarukan menjadi lebih stabil dan dapat diandalkan, bahkan ketika kondisi cuaca tidak mendukung. Baterai kimia lainnya, seperti baterai solid-state, juga sedang dikembangkan sebagai alternatif yang lebih aman dan tahan lama (Yana et al., 2022). Pengembangan ini diharapkan dapat memperpanjang umur penyimpanan energi sehingga dapat dimanfaatkan secara maksimal. Teknologi penyimpanan yang efektif dan efisien akan mendukung penggunaan energi terbarukan secara luas di berbagai sektor.

Kontribusi ilmu kimia dalam pengembangan energi terbarukan tentu memiliki tantangan tersendiri, termasuk biaya yang tidak murah dan proses yang panjang. Dalam berbagai proses pembuatan dan pengolahan energi terbarukan, ilmu kimia memungkinkan inovasi material dan metode yang lebih ramah lingkungan. Penggunaan reaksi kimia yang sesuai pada setiap teknologi energi terbarukan juga membantu meminimalkan dampak lingkungan dari pemanfaatan sumber energi tersebut. Misalnya, kimia lingkungan membantu dalam pengelolaan limbah yang dihasilkan dari proses energi biomassa agar lebih aman. Pengolahan material ramah lingkungan untuk turbin angin dan panel surya juga memastikan bahwa teknologi energi terbarukan dapat digunakan dalam jangka panjang tanpa merusak ekosistem. Kimia memungkinkan penemuan material yang lebih tahan lama, efisien, dan mudah terurai untuk berbagai aplikasi energi.

TANTANGAN PENGEMBANGAN ENERGI TERBARUKAN KIMIAWI DI INDONESIA

Pengembangan energi terbarukan di Indonesia menghadapi sejumlah tantangan kimiawi yang signifikan yang perlu diatasi untuk mencapai potensi maksimalnya. Salah satu tantangan utama adalah pengadaan bahan baku yang berkualitas tinggi untuk teknologi energi terbarukan, seperti panel surya dan turbin angin. Proses pembuatan panel fotovoltaik, misalnya, sangat bergantung pada material semikonduktor berkualitas yang sering kali sulit diperoleh secara lokal. Sumber daya mineral yang

digunakan dalam pembuatan komponen ini sering kali harus diimpor, yang berpotensi meningkatkan biaya produksi. Selain itu, proses ekstraksi bahan baku tersebut dapat menimbulkan dampak lingkungan jika tidak dilakukan dengan metode yang ramah lingkungan (Sih Setyono et al., 2019).

Tantangan lain yang signifikan adalah kurangnya penelitian dan pengembangan (R&D) dalam bidang kimia yang berkaitan dengan energi terbarukan di Indonesia. Investasi dalam penelitian sangat penting untuk menemukan solusi inovatif yang dapat mengatasi berbagai masalah yang ada, seperti efisiensi konversi energi dan pengelolaan limbah. Banyak penelitian yang telah dilakukan di luar negeri mengenai teknologi energi terbarukan, tetapi penelitian lokal masih terbatas. Kurangnya dukungan dana untuk riset dan pengembangan menjadi penghambat utama dalam menciptakan inovasi baru yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan Indonesia. Keterbatasan dalam fasilitas laboratorium dan infrastruktur penelitian juga membatasi kemampuan ilmuwan Indonesia untuk melakukan eksperimen yang lebih canggih (Aryani & Edie, 2017). Untuk mengatasi tantangan ini, kerjasama antara institusi pendidikan, industri, dan pemerintah perlu ditingkatkan agar bisa memfasilitasi penelitian yang lebih baik dan menghasilkan inovasi dalam teknologi energi terbarukan.

Masalah lain yang perlu diatasi adalah regulasi dan kebijakan yang berkaitan dengan energi terbarukan yang masih belum sepenuhnya mendukung. Kebijakan yang tidak konsisten atau berubah-ubah dapat menghambat investasi dalam teknologi energi terbarukan, termasuk dalam pengembangan solusi kimiawi. Regulasi yang ketat terhadap pengadaan bahan baku atau proses produksi juga dapat membatasi ruang gerak industri untuk berinovasi. Keterbatasan ini menimbulkan risiko bagi investor yang ingin berinvestasi dalam energi terbarukan di Indonesia (Nurliandini et al., 2021). Kebijakan yang mendukung inovasi dalam bidang kimia dan teknologi energi terbarukan akan memfasilitasi pertumbuhan sektor ini di Indonesia (Dyah Puspasari & Fauji, 2019).

Pendidikan dan kesadaran masyarakat tentang pentingnya energi terbarukan dan dampak lingkungan dari energi konvensional juga menjadi tantangan yang harus dihadapi. Tingkat pemahaman masyarakat yang rendah tentang energi terbarukan dan proses kimia yang terlibat dapat menghambat penerimaan teknologi baru. Edukasi yang lebih baik mengenai manfaat energi terbarukan, serta bagaimana energi tersebut dapat diproduksi secara ramah lingkungan, sangat diperlukan. Kurangnya pengetahuan ini dapat menyebabkan masyarakat skeptis terhadap penggunaan energi terbarukan dan mendorong mereka untuk tetap bergantung pada energi fosil (Setyono & Kiono, 2021). Program sosialisasi dan pendidikan yang melibatkan masyarakat, terutama di daerah pedesaan, menjadi sangat penting. Pendidikan yang baik dapat membantu menciptakan generasi yang lebih peduli terhadap lingkungan dan lebih terbuka terhadap teknologi energi terbarukan. Masyarakat yang lebih teredukasi juga dapat mendorong pengembangan kebijakan yang lebih baik dalam pengelolaan energi terbarukan.

Tantangan lain yang dihadapi adalah masalah teknologi dan inovasi dalam bidang kimia energi terbarukan. Walaupun kemajuan telah dicapai dalam teknologi energi terbarukan, masih ada kebutuhan untuk inovasi yang lebih baik dalam proses kimia yang

terlibat (Rakhmadi, 2024). Misalnya, efisiensi sel fotovoltaik perlu ditingkatkan untuk meningkatkan konversi energi dari sinar matahari menjadi listrik. Teknologi penyimpanan energi juga masih membutuhkan pengembangan lebih lanjut agar dapat menyimpan energi dengan kapasitas lebih besar dan waktu yang lebih lama. Penelitian dalam hal ini perlu didorong agar tercipta solusi inovatif yang sesuai dengan konteks lokal Indonesia. Kerja sama internasional dalam penelitian dapat membantu Indonesia untuk memperoleh teknologi yang lebih maju.

Perkembangan infrastruktur untuk mendukung energi terbarukan juga menjadi tantangan yang signifikan di Indonesia. Banyak daerah terpencil di Indonesia yang belum memiliki akses yang memadai terhadap infrastruktur energi yang modern, sehingga menyulitkan pengembangan energi terbarukan. Misalnya, wilayah yang memiliki potensi energi angin dan hidro mungkin tidak memiliki jalan yang cukup baik untuk membangun infrastruktur pembangkit listrik.

Masalah distribusi energi juga menjadi tantangan, terutama untuk daerah-daerah yang terpencil dan sulit dijangkau. Keterbatasan infrastruktur ini menghalangi pemanfaatan energi terbarukan yang optimal di berbagai wilayah. Tantangan pengembangan energi terbarukan kimiawi di Indonesia mencakup berbagai aspek mulai dari pengadaan bahan baku hingga inovasi teknologi dan pendidikan masyarakat. Penyelesaian tantangan ini memerlukan kolaborasi antara pemerintah, sektor industri, dan masyarakat untuk menciptakan ekosistem yang mendukung pengembangan energi terbarukan. Dukungan dalam bidang penelitian, regulasi, dan pendidikan menjadi kunci dalam mendorong kemajuan sektor energi terbarukan. Melalui upaya yang terkoordinasi, pengembangan energi terbarukan di Indonesia dapat mencapai keberlanjutan yang diinginkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pengembangan energi terbarukan di Indonesia memiliki potensi besar untuk berkontribusi terhadap kebutuhan energi nasional sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan. Peran ilmu kimia terbukti sangat penting dalam setiap tahap pengembangan energi terbarukan, mulai dari produksi hingga pengolahan material dan penyimpanan energi. Namun, beragam tantangan menghadang, mulai dari keterbatasan bahan baku dan teknologi, regulasi yang belum optimal, hingga rendahnya tingkat kesadaran masyarakat. Selain itu, rendahnya investasi dalam penelitian dan pengembangan di bidang kimia energi terbarukan menjadi penghambat inovasi yang berkelanjutan. Perlu kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, akademisi, dan industri untuk menjawab berbagai tantangan ini dan mengoptimalkan potensi energi terbarukan di Indonesia. Dukungan kuat dari kebijakan yang lebih stabil dan pendanaan riset menjadi aspek penting untuk mempercepat adopsi teknologi energi ramah lingkungan. Dengan upaya yang konsisten, energi terbarukan berpotensi memenuhi kebutuhan energi Indonesia secara berkelanjutan.

Saran bagi pengembangan energi terbarukan kimiawi di Indonesia meliputi penguatan riset dan inovasi melalui pendanaan yang berkelanjutan dan peningkatan

fasilitas penelitian. Kerja sama internasional juga penting untuk mempercepat adopsi teknologi maju dalam pengembangan energi terbarukan. Keterlibatan industri lokal perlu didorong agar teknologi yang dikembangkan dapat segera diimplementasikan. Kebijakan dan regulasi yang stabil dan mendukung inovasi sebaiknya dikembangkan untuk memberikan kepastian bagi investor. Pendidikan dan sosialisasi terkait energi terbarukan harus ditingkatkan agar masyarakat lebih memahami manfaat dan pentingnya energi yang ramah lingkungan. Langkah-langkah ini akan membantu Indonesia mencapai pengembangan energi terbarukan yang optimal dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, z. (2009). *Kimia dasar*. Usupress. (n.d.)
- Arifianti, K. K. Y. (2017). Peran Pendidikan Dan Pengetahuan Ilmu Kimia Dalam Mengembangkan Potensi Pengawetan (Tempoyak Atau Pakasam) Bahan Nabati Dan Hewani Lokal Daerah Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.37304/jikt.v8i1.49>
- Aryani, N. P., & Edie, S. S. (2017). Pengembangan Briket Bonggol Jagung sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Mipa*, 40(1), 20–23.
- Bin Othman, A., Bin Talib, O., Sains Dan Teknologi, J., & Pengajian Pendidikan, F. (2015). TAHAP KEFAHAMAN ASAS KIMIA ORGANIK DALAM KALANGAN PELAJAR KOLEJ MATRIKULASI ALIRAN TEKNIKAL. *JURNAL PENDIDIKAN SAINS & MATEMATIK MALAYSIA*, 5(2).
- Cahyono, M. S. (2013). Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-Oil sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 5(2), 67–76. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol5.iss2.art1>
- Chandra, E. (2012). Religiusitas dalam pendidikan kimia (Esensi Pemikiran Pendidikan Kimiawan Klasik Jabir Bin Hayyan). *Jurnal Scientiae Education*, 1(1), 1–25.
- Dyah Puspasari, I., & Fauji, D. A. S. (2019). *Jurnal Nusantara Aplikasi Manajemen Bisnis (NUSAMBA) Program Studi Manajemen Fakultas Ekonomi Universitas Nusantara PGRI Kediri*. Eprints.Umsida.Ac.Id, 4. <http://eprints.umsida.ac.id/7732/>
- Evina Dibyantini, R., Susilawati Amdayani, Ms., & Isa Siregar, Mp. M. (2020). *KIMIA ORGANIK DASAR BERBASIS STEM-PJBL PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA (Vol. 1)*.
- Muda, M. A. M., & Musli, M. (2023). Pengaruh Pemikiran Jabir Bin Hayyan terhadap Ilmu Alkimia. *Jurnal Kolaborasi Sains Dan Ilmu Terapan*, 2(1), 23–27. <https://doi.org/10.69688/juksit.v2i1.28>
- Nurliandini, N., Juniwati, E. H., & Setiawan, S. (2021). Analisis Pengaruh Faktor Fundamental, Teknikal dan Makro Ekonomi Terhadap Harga Saham Pada Perusahaan Subsektor Kimia yang Terdaftar di Indeks Saham Syariah. *Journal of Applied Islamic Economics and Finance*, 2(1), 35–47. <https://doi.org/10.35313/jaief.v2i1.2907>
- Rahayu, I. (2009). *Praktis Belajar Kimia*. PT Grafindo Media Pratama
- Rahma, A. (2018). Implementasi Program Pengurangan Risiko Bencana (PRB) Melalui Pendidikan Formal. *Jurnal VARIDIKA*, 30(1), 1–11. <https://doi.org/10.23917/varidika.v30i1.6537>
- Rakhmadi, R. (2024). Menuju Indonesia Emas 2045 : Peran Generasi Muda Bidang Sosial

- , Teknologi, dan. Jurnal Pengabdian Masyarakat (JPM) Terekam Jejak, 1(1), 1–8.
- Ramadhanti, Y. (2023). Peran Katalis Dalam Reaksi Kimia: Mekanisme Dan Aplikasi. *Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(2), 74–78. <https://doi.org/10.55904/hexatech.v2i2.915>
- Sabrani. (2019). Struktur Atom Berdasarkan Ilmu Kimia Dan Perspektif Al-Quran. *Lantanida Journal*, 7(1), 1–100.
- Sari, Y., Yulis, P. A. R., Nabila, P., & Pamayanti, E. (2023). Analisis Pendahuluan sebagai Dasar Pengembangan Modul Kimia Organik Bermuatan Hasil Riset untuk Mahasiswa Pendidikan Kimia. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 11(6), 959. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v11i6.9907>
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>
- Sih Setyono, J., Hari Mardiansjah, F., & Febrina Kusumo Astuti, M. (2019). Potensi Pengembangan Energi Baru Dan Energi Terbarukan Di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 13(2), 177–186. <http://ripteck.semarangkota.go.id>
- Siti Hafsa, D., Lestari, I., & Hadari Nawawi, J. H. (2022). PENGEMBANGAN INSTRUMEN ASSESSMENT AFEKTIF BERBASIS SELF DAN PEER ASSESSMENT PADA PRAKTIKUM KIMIA ORGANIK. *Ar-Razi Jurnal Ilmiah*, 10(2).
- Suprianingsih, N., Yenti, E., & Kurniawati, Y. (2022). Pengembangan Bahan Ajar Komik Terintegrasi Islam Pada Materi Hakikat Ilmu Kimia. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 1(1), 16. <https://doi.org/10.24014/jcei.v1i1.15901>
- Suyatno. (2019). Kelemahan Teori Sistem Hukum Menurut Lawrence M. Friedman dalam Hukum Indonesia. *Ius Facti: Jurnal Berkala Fakultas Hukum Universitas Bung Karno*, 2(1), Hal. 199-200.
- Wahyuni, Z. A., & Yerimadesi, Y. (2021). Praktikalitas E-Modul Kimia Unsur Berbasis Guided Discovery Learning untuk Siswa Sekolah Menengah Atas. *EDUKATIF: JURNAL ILMU PENDIDIKAN*, 3(3), 680–688. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i3.420>
- Wibowo, H. S. (2023). Jabir ibn Hayyan: Bapak Kimia dan Ilmu Pengetahuan di Abad Pertengahan. *Tiram Media*.
- Yana, S., Nelly, N., Radhiana, R., Ibrahim, N., Zubir, A. A., Zulfikar, T. M., & Yulisma, A. (2022). Dampak Ekspansi Biomassa sebagai Energi Terbarukan: Kasus Energi Terbarukan Indonesia. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(4), 4036–4050. <https://doi.org/10.32672/jse.v7i4.4963>