



KEMENTERIAN INVESTASI/
BKPM

EXECUTIVE SUMMARY

KAJIAN PENGEMBANGAN INVESTASI HIDROGEN HIJAU DI INDONESIA POTENSI DAN TANTANGAN

Tahun Anggaran 2023



Ringkasan Eksekutif

Hidrogen (H_2) merupakan pembawa energi yang menjanjikan dalam bentuk molekul kimia bebas karbon. Hidrogen hijau merupakan alternatif transisi energi di banyak sektor, yang memiliki potensi elektrifikasi langsung yang terbatas sebagai salah satu alternatif paling sederhana untuk memanfaatkan energi terbarukan. Hidrogen pada dasarnya mempunyai fungsi penggunaan yang sama secara umum; yaitu dapat dimanfaatkan sebagai media penyimpanan energi untuk proses sel bahan bakar atau pembakaran langsung untuk produksi listrik dan secara kimia dapat menjadi bahan baku sumber hidrogen. Aspek penting dari hidrogen adalah kemampuannya menyimpan energi secara fleksibel dan melepaskannya tanpa jejak karbon untuk menggantikan produk minyak bumi yang masih mendominasi intensitas energi global, termasuk gas alam dan batu bara sebagai bahan bakar dan bahan baku kimia. Meskipun pemanfaatan hidrogen tidak mengeluarkan karbon dioksida, bergantung pada metode produksinya, ia mengeluarkan sejumlah karbon dioksida selama siklus hidupnya.

Saat ini produksi hidrogen masih didominasi oleh proses termokimia yang menggunakan bahan bakar fosil (terutama gas alam) melalui SMR (60%) dan batubara melalui gasifikasi (19%), dengan emisi GRK yang menghasilkan hampir 900 juta $MtCO_2$ atau setara dengan 2-3% emisi global CO_2 pada tahun 2020. Transisi ke hidrogen hijau, yang memiliki proses produksi dengan emisi karbon rendah, akan menghilangkan emisi GRK tersebut tanpa proses tambahan yang membutuhkan investasi yang tidak sedikit seperti CCS/CCUS. Potensi pengurangan emisi GRK dapat terus tumbuh secara eksponensial karena hidrogen hijau digunakan untuk menggantikan penggunaan produk bahan bakar fosil di banyak sektor, meliputi sektor transportasi, bangunan, pembangkit tenaga listrik, industri pemanas dan tenaga listrik serta bahan baku dalam industri.

Rantai produksi hidrogen hijau memerlukan persiapan energi terbarukan untuk menghasilkan listrik terbarukan, yang biasanya menjadi salah satu pertimbangan terpenting ketika memilih lokasi untuk produksi hidrogen ramah lingkungan. Selain itu, produksi, penyimpanan, distribusi, dan penyediaan fasilitas pemanfaatan hidrogen hijau sebagai bagian dari P2X harus dikembangkan. Manfaat penggunaan hidrogen hijau yang bersumber dari energi terbarukan adalah Indonesia dapat mengurangi jejak karbonnya secara signifikan dan berkontribusi

Executive Summary

Hydrogen (H_2) is a promising energy carrier in the form of a carbon-free chemical molecule. Green hydrogen is an alternative for the energy transition in many sectors, which has limited direct electrification potential as one of the simplest alternatives for utilizing renewable energy. Hydrogen basically has the same general use function; that is, it can be utilized as an energy storage medium for fuel cell processes or direct combustion for electricity production and chemically, it can be a raw material for hydrogen sources. An important aspect of hydrogen is its ability to store energy flexibly and release it without a carbon footprint to replace petroleum products, which still dominate global energy intensity, including natural gas and coal as fuel and chemical raw materials. Even though hydrogen utilization does not emit carbon dioxide, depending on the production method, it does emit some carbon dioxide during its life cycle.

Nowadays, hydrogen production is still dominated by thermochemical processes using fossil fuels (primarily natural gas) through SMR (60%) and coal through gasification (19%), with GHG emissions resulting in almost 900 million $MtCO_2$ or equal to 2-3% global CO_2 emissions in 2020. The transition to green hydrogen, which has low carbon emissions in the production process, will eliminate these GHG emissions without additional processes which requires quite a bit of investment such as CCS/CCUS. Potential GHG emissions reductions can continue to grow exponentially as green hydrogen is used to replace the use of fossil fuel products in many sectors, including the sector of transportation, building, power generation, industrial heat and power as well as raw materials in the industry.

The green hydrogen production chain requires the preparation of renewable energy to produce renewable electricity, which is usually one of the most important considerations when selecting a location for green hydrogen production. Apart from that, the production, storage, distribution and provision of facilities for utilizing green hydrogen as part of P2X must be developed. The benefit of using green hydrogen, sourced from renewable energy, is that Indonesia can significantly reduce its carbon footprint and contribute to efforts to combat climate change worldwide. As green hydrogen is produced from water electrolysis, it uses renewable energy with a low carbon footprint for powering PEM and SOEC technology that already has an adequate TRL to produce gas, liquid or compressed green hydrogen. Furthermore, hydrogen can also be stored as alternative chemical compounds for storing hydrogen, such as ammonia, methanol, ethanol, methane, etc., each of

terhadap upaya memerangi perubahan iklim di seluruh dunia. Karena hidrogen hijau dihasilkan dari elektrolisis air, ia menggunakan energi terbarukan dengan jejak karbon rendah untuk menggerakkan teknologi PEM dan SOEC yang telah memiliki TRL yang memadai untuk menghasilkan hidrogen hijau gas, cair, atau terkompresi. Lebih lanjut, hidrogen juga dapat disimpan sebagai senyawa kimia alternatif untuk menyimpan hidrogen, seperti amonia, metanol, etanol, metana, dan lain-lain, yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Sehingga perlu diperhatikan dalam penerapan hidrogen di Indonesia, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain keselamatan, pertimbangan – kesadaran lingkungan, kelayakan ekonomi, diversifikasi sumber energi, dan kesiapan infrastruktur teknologi.

Keamanan pemanfaatan hidrogen menjadi hal yang terpenting, karena hidrogen sangat mudah terbakar, mungkin memerlukan penyimpanan dalam suhu kriogenik dan bertekanan tinggi. Kondisi ini menyebabkan perlunya penanganan dan pengendalian yang hati-hati. Beberapa faktor lingkungan harus dipertimbangkan, termasuk potensi pengurangan GRK dan kontribusi terhadap mitigasi global terhadap perubahan iklim merujuk pada banyaknya sektor yang dapat memanfaatkan hidrogen dalam upaya menurunkan emisi karbon menuju NZE. Namun penting bagi Indonesia untuk memproduksi hidrogen rendah emisi, yang dikenal sebagai hidrogen hijau, untuk meningkatkan daya saingnya di bidang energi, industri, transportasi, dan konstruksi. Hal ini penting terutama dalam hubungan perdagangan ekspor ke pasar dunia yang diperkirakan memerlukan produk-produk yang rendah emisi dan ramah lingkungan.

Pemerintah Indonesia memiliki target produksi hidrogen rendah emisi sebesar 1,8; 5,8; dan 6,3 juta ton/tahun pada tahun 2040, 2050, dan 2060. Namun jumlah tersebut masih jauh dari proyeksi kebutuhan dalam negeri yang diperkirakan mencapai 9 juta ton/tahun pada tahun 2050, 17 juta ton/tahun pada tahun 2040, dan 32,6 juta ton/tahun pada tahun 2050. Permintaan global terhadap hidrogen rendah dan bebas karbon diperkirakan akan mencapai 530 juta ton pada tahun 2050 dari kurang dari 100 juta ton/tahun pada tahun 2020. Permintaan hidrogen negara G7 diperkirakan akan meningkat dari 24,5 juta ton pada tahun 2020 menjadi 192 juta ton/tahun atau 36% dari perkiraan permintaan hidrogen global IEA pada tahun 2050, setengahnya berasal dari penggunaan industri dan transportasi. Sedangkan untuk Indonesia, kebutuhan hidrogen diperkirakan akan mencapai

which has advantages and disadvantages. So that needs to be considered in implementing hydrogen in Indonesia, several factors should be considered, including safety, environmental considerations - awareness, economic feasibility, diversification of energy sources, and technology infrastructure readiness.

The safe use of hydrogen is paramount, as it is highly flammable, depends on its form, may require to be stored in high-pressure and cryogenic temperatures, and requires careful handling and control. Several environmental factors must be considered, including the potential for reducing GHG and contributing to the global mitigation against climate change referring to the many sectors that can utilize hydrogen in an effort to reduce carbon emissions towards NZE. It is, however, essential that Indonesia produce low-emission hydrogen, known as green hydrogen, in order to increase its competitiveness in the fields of energy, industry, transportation, and construction. This is especially important for export trade relations to global market, which are projected to require products that are low emission and environmentally friendly.

The Indonesian government has low-emission hydrogen production targets of 1.8; 5.8; and 6.3 million tonnes/year in 2040, 2050, and 2060. However, this amount is still far short of the projected domestic demand, which is expected to reach 9 million tons/year in 2030, 17 million tons/year in 2040, and 32.6 million tons/year in 2050. Global demand for low- and carbon-free hydrogen is predicted to reach 530 million tons/year in 2050 from less than 100 million tons/year in 2020. The G7 nation's hydrogen demand is expected to rise from 24.5 million tons/year in 2020 to 192 million tons/year or 36% of IEA global hydrogen demand estimation in 2050, half of which come from industrial and transportation uses. As for Indonesia, hydrogen demand is predicted to reach 32.6 million tons/year in 2060. All those numbers show possible markets for local and exporting low-and carbon-free hydrogen.

Looking at the price in 2020, the price of green hydrogen is still around US\$3–8/kg and is projected to fall to US\$1.40 to US\$2.50 in 2030 and could reach US\$1.15/kg in 2050. Meanwhile, green hydrogen in Indonesia is predicted to reach US\$1.8–4/kg in 2050. There are three main factors responsible for these costs: electrolysis CAPEX, electricity costs from renewable sources, and the level of electrolysis utilization where with the increasing global demand for hydrogen, hydrogen production cost is expected to become more affordable.

32,6 juta ton pada tahun 2060. Angka-angka tersebut menunjukkan kemungkinan pasar bagi hidrogen rendah dan bebas karbon lokal dan ekspor.

Melihat harga pada tahun 2020, harga hidrogen hijau masih berkisar US\$3~8/kg dan diproyeksikan turun menjadi US\$ 1,40 hingga US\$2,50 pada tahun 2030 dan dapat mencapai US\$1,15/kg pada tahun 2050. Sedangkan hidrogen hijau di Indonesia diperkirakan mencapai US\$1,8-4/kg pada tahun 2050. Ada tiga faktor utama yang bertanggung jawab atas biaya ini: CAPEX elektrolisis, biaya listrik dari sumber terbarukan, dan tingkat pemanfaatan elektrolisis dimana dengan meningkatnya permintaan hidrogen global, biaya produksi hidrogen diperkirakan akan menjadi lebih terjangkau.

Teknologi hidrogen mulai dikembangkan di Indonesia pada tahun 2007 dan telah berkembang pesat selama beberapa tahun terakhir, hal ini sejalan dengan pesatnya perkembangan proyek hidrogen global dengan total 1.046 proyek dengan valuasi US\$ 320 miliar, terutama yang memfasilitasi penggantian bahan bakar fosil sebagai bahan bakar di sektor-sektor di mana elektrifikasi sulit dicapai. Namun demikian, agar proyek hidrogen dapat dikembangkan dengan sukses, berbagai aspek analisis SWOT perlu dipertimbangkan. Hal ini termasuk pada perlunya mendorong ekosistem hidrogen baik lokal maupun internasional, terutama dalam hal pendanaan dalam bentuk investasi, hibah, pinjaman, khususnya dalam mengembangkan rantai pasokan hidrogen hijau. Sementara itu, kelayakan ekonomi dan nilai investasi infrastruktur produksi, penyimpanan, dan distribusi hidrogen, serta kemudahan administrasi dan regulasi merupakan faktor yang harus dipertimbangkan dalam proses pengambilan keputusan investasi sebagaimana infrastruktur produksi, penyimpanan, dan distribusi hidrogen memerlukan investasi yang signifikan.

Indonesia mempunyai potensi untuk menjadi pusat produksi hidrogen hijau dengan potensi signifikan dalam mengurangi emisi karbon dan berkontribusi terhadap transisi energi global. Terlebih Indonesia mempunyai potensi menghasilkan energi terbarukan sebesar 3.686GW, secara spesifik potensi energi surya yang dapat dihasilkan sebesar 3.295GW, namun saat ini hanya 0,34% dari total potensi tersebut yang termanfaatkan. Energi terbarukan dan listrik terbarukan dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara, namun harus disederhanakan agar transisi ke energi terbarukan menjadi lebih mudah dan berkelanjutan. Pemanfaatan jaringan listrik

Hydrogen technology was developed in Indonesia in 2007 and has been rapidly developing over the past few years due to the rapid development of hydrogen global projects with total of 1,046 projects recorded with a valuation of US\$320 billion, particularly those that facilitate the replacement of fossil fuels in sectors where electrification is difficult to achieve. However, for a successful hydrogen project to be developed, various aspects of the SWOT analysis need to be considered, including the need to encourage both the local and international hydrogen ecosystem, especially in terms of funding in the form of investment, grants, loans, especially in developing the green hydrogen supply chain. Meanwhile, the economic feasibility and investment value of hydrogen production, storage, and distribution infrastructure, as well as ease of administration and regulation, are factors that must be considered in the decision-making process for investment as hydrogen production, storage, and distribution infrastructure require significant investments.

Indonesia has the potential to become a green hydrogen production hub with significant potential to reduce carbon emissions and contribute to the global energy transition. Moreover, Indonesia has the potential to produce clean, renewable energy of 3,686GW, specifically, the potential for solar energy that can be produced is 3,295GW, but only 0.34% of this total potential has been utilized. Renewable energy and renewable electricity can be utilized in a variety of ways, but it must be simplified in order to make the transition to renewable energy more convenient and sustainable. The use of the national electricity grid to facilitate electricity transmission from renewable sources has the potential to simplify and expand the selection of locations to produce green hydrogen.

In order to develop an ecosystem for green hydrogen, a wide range of stakeholders are required, including regulators, state-owned companies, multinationals, local companies, associations, research institutions, and others since green hydrogen has a very wide range of applications, it must be viewed as a priority to ensure the national energy security and meet national demand. The following factors contribute to green hydrogen project success: establishing policies, roadmaps, and regulations to facilitate the development of green hydrogen in Indonesia; establishing access transmission and logistics connecting all resources; potential markets with price and reserve controls; establishing standards and certifications for the management, health, safety, environment, quality, quantity, and price control of the supply chain; Availability of hydrogen utilization technologies for sustainable use on the domestic market; financial assistance throughout the entire supply chain.

nasional untuk memfasilitasi transmisi listrik dari sumber terbarukan berpotensi menyederhanakan dan memperluas pemilihan lokasi produksi hidrogen hijau.

Untuk mengembangkan ekosistem hidrogen hijau, diperlukan peran berbagai pemangku kepentingan, termasuk regulator, perusahaan milik negara, perusahaan multinasional, perusahaan lokal, asosiasi, lembaga penelitian, dan lain-lain karena hidrogen hijau mempunyai kegunaan yang sangat luas, maka hidrogen hijau harus dipandang sebagai prioritas untuk menjamin keamanan energi nasional dan memenuhi kebutuhan nasional. Faktor-faktor berikut berkontribusi terhadap keberhasilan proyek hidrogen hijau: penetapan kebijakan, peta jalan, dan peraturan untuk memfasilitasi pengembangan hidrogen hijau di Indonesia; membangun transmisi akses dan logistik yang menghubungkan seluruh sumber daya; pasar potensial dengan kendali harga dan cadangan; menetapkan standar dan sertifikasi untuk manajemen, kesehatan, keselamatan, lingkungan, kualitas, kuantitas, dan pengendalian harga rantai pasokan; ketersediaan teknologi pemanfaatan hidrogen untuk pemanfaatan berkelanjutan di pasar dalam negeri; bantuan keuangan di seluruh rantai pasokan.

Sehubungan dengan kebijakan regulasi, meskipun tidak ada peraturan khusus mengenai produksi dan penggunaan hidrogen di Indonesia, namun pemerintah dapat memberikan insentif fiskal berupa belanja dan pungutan pajak bagi pengembang energi terbarukan termasuk hidrogen hijau berdasarkan UU No. 30 Tahun 2007 tentang energi serta meningkatkan peran pemerintah pusat dan daerah dalam mendukung dan mendorong penggunaan energi terbarukan. Dalam melakukan percepatan pengembangan produksi hidrogen dan hidrogen hijau di Indonesia, Indonesia dapat merujuk pada 32 negara dunia yang telah mengembangkan strategi hidrogen nasional untuk menciptakan kerangka kebijakan dan peraturan yang mendorong pengembangan hidrogen dan hidrogen hijau. Dengan demikian, Indonesia akan mampu mencapai NZE tanpa menghilangkan potensi lainnya, termasuk bahan bakar fosil.

Namun demikian, terdapat sejumlah tantangan yang harus dihadapi dalam produksi dan pemanfaatan hidrogen hijau di Indonesia yang harus dipertimbangkan dan diatasi, antara lain kurangnya investasi, kurangnya kesadaran masyarakat, belum memadai regulasi dan sertifikasi, rendahnya laba atas investasi, dan tingginya biaya produksi. Penerapan

As a matter of regulatory policy, despite the absence of specific regulations regarding hydrogen production and use in Indonesia, the government can provide fiscal incentives in the form of spending and tax levies for renewable energy developers, including green hydrogen under Law no. 30 of 2007, which concerns energy, enhances the central and regional government's role in supporting and encouraging the use of renewable energy. To promote the development of accelerated hydrogen and green hydrogen production in Indonesia, Indonesia can refer to 32 world countries that have developed national hydrogen strategies to create policy and regulatory frameworks that promote the development of hydrogen and green hydrogen. By doing so, Indonesia will be able to achieve NZE without eliminating the use of its other potential, including fossil fuels.

Nevertheless, there are a number of challenges faced in the production and use of green hydrogen in Indonesia that must be considered and overcome, including the lack of investment, the lack of public awareness, the lack of regulation and certification, the low return on investment, and the high cost of production. Implementing green hydrogen projects requires the development of policies, the acquisition of resources, the identification of potential markets, the standardization and certification of technologies, and the provision of financial support. This may also be addressed by referring to and conducting comparative studies in other countries regarding investment, development production facilities, infrastructure for utilization, and supporting regulations and administrative procedures.

Take a lesson from India, a developing country that positions itself as a technology center, a producer, and an exporter of hydrogen. The Government of India has collaborated and invested heavily in the production of green hydrogen as well as the development of hydrogen infrastructure facilities. In addition, India is actively establishing cooperative relationships and establishing agreements to open up export markets. Furthermore, to support all of these efforts, India has developed a policy framework for all supply chains, including natural resources, labor, markets and technology.

Make use of the lessons that South Africa has to offer. A developing country that is willing to take risks to move forward and position itself as a producer and exporter of green hydrogen. South Africa has defined export target countries and has proposed collaboration in technology and opening up investment opportunities to these countries as well as to global investors. While South Africa has not yet established a policy framework in relation to

proyek hidrogen hijau memerlukan pengembangan kebijakan, perolehan sumber daya, identifikasi pasar potensial, standardisasi dan sertifikasi teknologi, serta penyediaan dukungan keuangan. Hal ini juga dapat diatasi dengan merujuk dan melakukan studi banding di negara lain mengenai penanaman modal, pengembangan sarana produksi, prasarana pemanfaatan, serta peraturan dan prosedur administrasi pendukungnya.

Menjadikan negara India sebagai percontohan, negara berkembang yang memposisikan dirinya sebagai pusat teknologi, produsen, dan eksportir hidrogen. Pemerintah India telah berkolaborasi dan melakukan investasi dalam skala besar untuk produksi hidrogen hijau serta pengembangan fasilitas infrastruktur hidrogen. Selain itu, India juga aktif menjalin hubungan kerja sama dan melakukan perjanjian untuk membuka pasar ekspor. Lebih lanjut, dalam mendukung seluruh upaya yang telah dilakukan, India telah mengembangkan kerangka kebijakan untuk semua rantai pasokan, termasuk sumber daya alam, tenaga kerja, pasar, dan teknologi.

Manfaatkan pembelajaran yang ditawarkan Afrika Selatan. Negara berkembang yang berani mengambil risiko untuk maju dan memposisikan diri sebagai produsen dan pengeksportir hidrogen hijau. Afrika Selatan telah menetapkan negara-negara target ekspor dan telah mengusulkan kolaborasi di bidang teknologi dan membuka peluang investasi bagi negara-negara tersebut serta investor global. Meskipun Afrika Selatan belum menetapkan kerangka kebijakan terkait produksi hidrogen hijau dan pemanfaatan hidrogen, seperti halnya Indonesia, Afrika Selatan mempersiapkan diri untuk menggunakan sumber energi terbarukan untuk produksi hidrogen hijau guna memenuhi ambisinya.

Contoh lain diambil dari Singapura, sebuah negara kecil yang maju, negara ini memposisikan dirinya sebagai pusat dalam teknologi hidrogen. Meminimalkan investasi dalam produksi hidrogen hijau, namun berinvestasi besar-besaran dalam pembangunan fasilitas infrastruktur untuk penggunaan hidrogen. Selain itu, Singapura memposisikan diri sebagai importir hidrogen, dan secara aktif menjalin kerjasama dan investasi dalam memenuhi proyeksi kebutuhan hidrogen dalam negeri.

Pembelajaran selanjutnya dapat diambil dari negara Jerman, negara maju di Eropa yang kerap dianggap sebagai panutan dalam penggunaan energi ramah

green production and hydrogen utilization, like Indonesia, it is prepared to employ renewable energy sources for green hydrogen production to fulfill its ambitions.

Taking a cue from Singapore, a small developed country, this country is positioning itself as a center of hydrogen technology. Minimize investments in the production of green hydrogen, but invest heavily in the construction of infrastructure facilities for hydrogen usage. Furthermore, Singapore positions itself as a hydrogen importer, and actively collaborates and invests in meeting projected domestic hydrogen needs.

Learn from Germany, a developed country in Europe that is often regarded as a role model for clean energy use. Similar Singapore, Germany has developed a reputation as a center of hydrogen technology, producing hydrogen as well as preparing to become a hydrogen importer due to the limited availability of land and renewable energy sources. In addition to implementing a policy framework for the entire hydrogen supply chain, Germany is actively pursuing cooperation and investment, particularly in countries with large renewable energy resources that will later be able to supply low-emission hydrogen, particularly green hydrogen, to Germany.

In conclusion, Indonesia can become an important player in the green hydrogen sector, by examining the practices of other countries, including India, South Africa, Singapore, and Germany. By developing and establishing a national hydrogen strategy tailored to Indonesia's capabilities and ambitions and outlined in a policy and regulatory framework that is clear throughout the supply chain for green hydrogen production and hydrogen utilization, Indonesia is able to achieve its goals. In addition, all stakeholders, including the government, must work together in order to maximize the potential of renewable energy by using green hydrogen in Indonesia.

lingkungan. Serupa dengan Singapura, Jerman telah mengembangkan reputasi sebagai pusat teknologi hidrogen, memproduksi hidrogen serta bersiap menjadi importir hidrogen karena terbatasnya ketersediaan lahan dan sumber energi terbarukan. Selain menerapkan kerangka kebijakan untuk seluruh rantai pasokan hidrogen, Jerman secara aktif mengupayakan kerja sama dan investasi, khususnya di negara-negara dengan sumber daya energi terbarukan yang besar yang nantinya mampu memasok hidrogen rendah emisi, khususnya hidrogen hijau, ke Jerman.

Kesimpulan yang dapat diambil dari beberapa negara tersebut adalah, Indonesia dapat menjadi pemain penting di sektor hidrogen hijau, dengan menelaah praktik negara lain, termasuk India, Afrika Selatan, Singapura, dan Jerman. Melalui pengembangan dan penetapan strategi hidrogen nasional yang disesuaikan dengan kemampuan dan ambisi Indonesia untuk kemudian dituangkan dalam kerangka kebijakan dan peraturan yang jelas di seluruh rantai pasokan produksi, serta pemanfaatan hidrogen hijau, maka Indonesia mampu mencapai tujuannya. Selain itu, perlunya kerjasama seluruh pemangku kepentingan termasuk pemerintah guna memaksimalkan potensi energi terbarukan melalui penggunaan hidrogen hijau di Indonesia.

