

PEMANFAATAN PENANGKAPAN EMISI GAS MENJADI ENERGI LISTRIK BERBASIS ELEKTROKIMIA SEBAGAI INOVASI INDUSTRI UNTUK MENCAPAI *NET ZERO* *EMISSIONS*

Abdul Rohid, Djody Rizqy Rahman, Tiffany Rachmania Darmawan, Safira

Firdaus Mujiyanti, S.T., M.T.

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Abstrak

Permasalahan penting yang dapat mengakibatkan pemanasan global yang ada di Indonesia semakin tak terkendali, dimana saat ini emisi gas merupakan komponen utama Gas Rumah Kaca (GRK) yang dihasilkan dari perindustrian. Berdasarkan Kebijakan Industri Nasional, visi Kementerian Perindustrian adalah membawa Indonesia untuk menjadi negara industri yang tangguh di dunia pada tahun 2025 dan tujuan jangka panjang pembangunan industri adalah pembangunan industri dengan konsep pembangunan yang berkelanjutan atau *sustainable development*. Penumpukan emisi gas terjadi karena bahan bakar fosil yang diambil secara berlebihan dibakar dan dikonversi secara cepat menjadi emisi gas yang terlepas ke atmosfer oleh aktivitas transportasi, tungku industri dan rumah tangga, serta pembangkit listrik. Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 29% dari skenario emisi GRK *secara business as usual* tahun 2030. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibangun sistem “Pemanfaatan Penangkapan Emisi Gas Menjadi Energi Listrik Berbasis Elektrokimia Sebagai Inovasi Industri Untuk Mencapai *Net Zero Emissions*”. Inovasi ini merupakan penggabungan sistem teknologi penangkapan emisi gas yang serupa dengan *Carbon Capture and Storage* (CCS) yang berperan sebagai *capturing system* dan tempat penyimpanan gas emisi, dengan sistem sel volta sebagai sistem konversi reaksi kimia menjadi energi listrik. Gas yang telah disimpan akan dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan metode elektrokimia (sel volta) yang memanfaatkan dua elektroda berupa lempengan tembaga sebagai anoda dengan elektrolit berupa larutan CuSO_4 , serta lempengan seng sebagai katoda dengan larutan H_2O sebagai elektrolit. Inovasi teknologi ini selain mencegah pemanasan global dan mengurangi emisi gas juga dapat menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan pada industri.

Kata Kunci : *Emisi gas, Elektrokimia, Carbon Capture and Storage (CCS)*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia mempertegas ambisi untuk mencapai *Net-Zero Emission* pada tahun 2060 atau lebih cepat. Salah satu cara yang dilakukan Indonesia untuk mencapai komitmen tersebut adalah dengan mengembangkan Nilai Ekonomi Emisi Gas. Menurut Menteri Koordinator Bidang Maritim dan Investasi, Luhut Binsar Pandjaitan, saat ini Indonesia masih berada di jalur yang tepat untuk mencapai target pengurangan emisi gas, yaitu sebesar 29% dengan upaya sendiri. Indonesia juga telah menetapkan strategi jangka panjang untuk pembangunan rendah emisi gas dan ketahanan iklim (*Long-Term Strategies for Low Gas Emissions and Climate Resilience 2050, LTS-LCCR 2050*). Strategi tersebut memungkinkan pengurangan emisi gas Indonesia secara lebih tajam mulai tahun 2030 dan mencapai *Net-Zero Emission* pada tahun 2060 atau lebih cepat. Sementara, menurut Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Arifin Tasrif, peta jalan dari sektor energi untuk mencapai *Net-Zero Emission*. Peta jalan tersebut menyiapkan peralihan penggunaan energi berbasis fosil menjadi penggunaan energi baru terbarukan. Sektor FOLU dan Energi merupakan penyumbang terbesar penurunan emisi gas di Indonesia, dengan total kontribusi lebih dari 90%. Indonesia FoLU Net Sink menyangkut kebakaran hutan, pengelolaan lahan gambut, moratorium permanen izin baru di hutan primer dan lahan gambut, konservasi lahan, program netralisasi degradasi lahan, partisipasi masyarakat dan penegakan hukum.

Untuk mencapai target penurunan emisi gas ini, Wakil Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) Alue Dohong memaparkan Pemerintah Indonesia menyadari bahwa dukungan dari seluruh pemangku kepentingan sangat penting, terutama dari pihak swasta, termasuk BUMN. Indonesia telah belajar untuk mengembangkan strategi dan pengaturan kelembagaan untuk mengurangi emisi dari kehutanan dan penggunaan lahan melalui pengalaman panjang, baik di masa sulit maupun menyenangkan, bekerja sama dengan pemangku kepentingan yang lebih luas dan mendapatkan dukungan keahlian dan bantuan teknis dari masyarakat internasional (Wamen Alue). Menkeu mengatakan, untuk memenuhi target penurunan emisi sebesar 41% pada 2060, sektor FoLU ditargetkan menurunkan emisi sebesar 700 juta ton CO₂ dengan biaya Rp90 Triliun. Sementara, sektor energi dengan kontribusi menurunkan 450 juta ton CO₂ membutuhkan dana hingga Rp3.500 Triliun. Sangat jauh berbeda. Energi adalah sektor yang *very expensive and costly*, tapi penting buat rakyat dan penting untuk menurunkan CO₂ dengan peran nomor dua setelah FoLU (Sri Mulyani). Sementara itu, Sekretaris Jenderal Kementerian ESDM Ego Syahrial mengatakan Indonesia telah

menetapkan penurunan emisi gas dari sektor energi sebesar 314 juta CO₂ dengan upaya sendiri dan 466 juta ton CO₂ dengan bantuan internasional. Pada 2020, total emisi energi Indonesia mencapai 586,8 juta ton CO₂. Implementasi dan strategi menuju *net-zero emissions* diharapkan dapat menekan emisi sektor energi menjadi hanya 401 juta ton CO₂ pada 2060. Sedangkan, apabila tidak melakukan apapun atau *business as usual*, maka emisi sektor energi diperkirakan mencapai 2.039 juta ton CO₂. Pertamina telah mempersiapkan transisi energi melalui Rencana Jangka Panjang Perusahaan (RJPP) 2020-2024 dengan target menurunkan emisi CO₂ sebesar 29% pada 2030. Hingga 2020, Pertamina telah memberikan kontribusi penurunan emisi sebesar 27,08% dari *baseline* pada 2010 atau cukup signifikan apabila dibandingkan dengan target nasional sebesar 26%.

Carbon capture storage, yang mana sering disebut sebagai *carbon capture and sequestration*, mencegah CO₂ dalam jumlah banyak terlepas ke dalam atmosfer. Teknologi ini mencakup penangkapan CO₂ yang diproduksi oleh pabrik industri yang besar, mengkompresinya untuk transportasi dan kemudian memasukannya ke dalam formasi batuan yang sangat dalam dengan hati-hati, dimana itu adalah penyimpanan permanen (Global CCS Institute, 2011). Pertama, CO₂ akan dihilangkan, atau dipisahkan, dari pabrik batubara dan pembangkit listrik, dan dari pembuatan baja dan semen. Ada tiga jenis *capture*, yaitu pasca pembakaran, pra pembakaran II-2 dan pembakaran *oxyfuel*. Cara ini disebut CO₂ *capture* dan dapat menangkap 90% dari emisi CO₂ kemudian dikompresi dan diangkut ke sebuah lapangan penyimpanan yang sesuai. Transportasi umumnya dilakukan di pipa. Transportasi kapal juga merupakan pilihan untuk transportasi CO₂ lepas pantai yang disuntikkan ke dalam lapangan penyimpanan yang sesuai jauh di bawah tanah. Lapangan penyimpanan harus formasi geologi yang menjamin penyimpanan yang aman dan permanen. Penyimpanan dapat mengambil tempat di bekas ladang minyak & gas (*depleted*), atau formasi garam dalam (*deep saline*) (CCSassociation.org). CCS melibatkan penangkapan CO₂ dari emisi industri (bahan bakar fosil pembangkit listrik) untuk menghasilkan aliran CO₂ yang relatif murni melalui berbagai teknik.

Dari latar belakang tersebut, dengan bangga kami menciptakan Inovasi berbasis teknologi dengan judul “Pemanfaatan Penangkapan Emisi Gas Menjadi Energi Listrik Berbasis Elektrokimia Sebagai Inovasi Industri Untuk Mencapai *Net- Zero Emissions*”. Inovasi akan dilakukan di *holding* maupun *subholding* yang telah dibentuk untuk beroperasi menjalankan bisnisnya dengan optimal. Digitalisasi serta *research and development* menjadi kunci kesuksesan sebuah perusahaan kelas dunia di tengah tantangan perubahan *landscape* bisnis secara global.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang akan diselesaikan yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana mengoptimalkan sebuah perancangan sistem pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi listrik berbasis elektrokimia sebagai inovasi industri untuk mencapai *net-zero emissions*?
2. Bagaimana perancangan gagasan inovasi bangun sistem pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi listrik berbasis elektrokimia sebagai inovasi industri untuk mencapai *net-zero emissions*?
3. Bagaimana merumuskan konsep sistem pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi listrik berbasis elektrokimia sehingga konsep tersebut dapat direalisasikan dan membantu terwujudnya program Indonesia untuk menjadi negara industri yang tangguh di dunia pada tahun 2025 serta tujuan jangka panjang pembangunan industri?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan karya tulis ilmiah ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui perancangan sistem pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi listrik berbasis elektrokimia yang efisien dan efektif agar memberikan hasil yang optimal.
2. Untuk mengetahui usulan gagasan inovasi perancangan bangun sistem pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi listrik berbasis elektrokimia sebagai inovasi industri untuk mencapai *net-zero emissions*.
3. Untuk mengetahui konsep teknologi yang tepat guna menciptakan program *sustainable development* yang terintegrasi, berjalan otomatis, dan memberikan analisis yang akurat.

D. Manfaat Penelitian

Berikut adalah manfaat yang di dapatkan dari pengimplementasian ide dan gagasan "Pemanfaatan Penangkapan Emisi Gas Menjadi Energi Listrik Berbasis Elektrokimia Sebagai Inovasi Industri Untuk Mencapai *Net-Zero Emissions*" diantaranya :

1. Bagi Pemerintah

Manfaat yang dapat diperoleh pemerintah, yaitu khususnya lingkungan dan pekerjaan umum, berupa rekomendasi peralatan dan sistem pengonversian emisi gas

menjadi energi listrik.

2. Bagi Masyarakat

Manfaat yang di dapat oleh masyarakat, yaitu sangat bermanfaat dan sangat penting terutama bagi mereka yang tinggal di perkotaan atau dekat dengan industri. Sistem ini dapat menghancurkan pencemaran udara yang disebabkan oleh emisi gas.

3. Bagi Industri

Manfaat yang diperoleh industri, yaitu mencapai *Net-Zero Emissions* pada 2060 atau lebih cepat membutuhkan kebijakan pembangunan rendah emisi gas yang lebih ambisius, mencakup intervensi hijau pada berbagai sektor ekonomi utama diantaranya energi, pengelolaan lahan, limbah dan industri.

4. Bagi Penulis

Bagi penulis sendiri manfaat dari ide dan gagasan tersebut terletak pada kemampuannya untuk mengembangkan sistem pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi listrik berbasis elektrokimia yang efisien dan ramah lingkungan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. State of The Art (Teknologi Serupa Yang Telah Ada)

Berikut adalah penelitian-penelitian yang berkaitan dengan teknologi tersebut :

Tabel 2. 1 State of The Art

Tahun	Peneliti	Hasil
2021	(Satyo JatiPrakoso, dan Jaka Windarta, 2021)	Penelitian ini mengulas metode - metode penangkapan karbon yang ada juga kelebihan dan kekurangannya. Metode penangkapan paska pembakaran dianggap layak untuk dipertimbangkan karena lebih mudah diterapkan pada pembangkit yang sudah ada. Penelitian lebih jauh diperlukan untuk menurunkan kebutuhan energi dan biaya dari teknologi penangkapan karbon.

2021	(Fiqya Fairuz Zaemil, dan Rian Cahya Rohmana, 2021)	Penelitian ini bertujuan untuk melihat peluang, tantangan, efek terhadap lingkungan serta pengaruh CCUS terhadap pembangunan berkelanjutan di industri migas Indonesia. Data yang digunakan adalah data yang sudah dipublikasikan, karena CCUS masih dalam tahap penelitian berbagai pihak di Indonesia. Potensi Indonesia menerapkan CCUS khususnya dalam penangkapan dan penyimpanan CO ₂ sangat baik.
------	---	---

B. Elektrokimia

Elektrokimia adalah ilmu kimia yang mempelajari mengenai perpindahan elektron yang terjadi dalam sebuah media pengantar listrik (elektroda). Elektroda terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif. Hal ini ditimbulkan karena elektroda tersebut dialiri oleh arus listrik sebagai sumber tenaga pada pertukaran elektron. Konsep elektrokimia didasari oleh reaksi reduksi-oksidasi (redoks) dan larutan elektrolit. Reaksi redoks adalah campuran dari reaksi reduksi dan oksidasi yang berlangsung secara bersamaan. Pada reaksi reduksi terjadi peristiwa penangkapan elektron sedangkan reaksi oksidasi adalah peristiwa pelepasan elektron yang terjadi pada media pengantar dalam sel elektrokimia (Harahap, 2016).

C. Teknologi *Carbon Capture and Storage* (CCS)

Teknologi penangkapan dan penyimpanan karbon atau *Carbon Capture and Storage* (CCS) merupakan satu-satunya teknologi yang bisa memitigasi lepasnya emisi gas rumah kaca (GRK) berdasarkan kegiatan pemanfaatan bahan bakar fosil dalam industri dan pembangkit listrik skala besar. Teknologi ini pada prinsipnya menangkap kembali karbondioksida (CO₂) yang terlepas berdasarkan berbagai kegiatan penggunaan bahan bakar fosil untuk kemudian disimpan kembali ke dalam perut bumi pada sumur-sumur migas yang telah kering. Meskipun memakan biaya yang sangat besar, biaya berdasarkan CCS bisa diturunkan bila telah diimplementasikan pajak karbon (Pojok Iklim, 2017).

D. Gas Emisi

Gas Emisi merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan maupun industri. Gas buang kendaraan adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan. Emisi gas buang kendaraan bermotor diukur dalam gram per kendaraan per km dari suatu perjalanan dan terkait dengan beberapa faktor seperti tipe kendaraan, umur kendaraan, ambang temperatur dan ketinggian (Yuliastuti, 2008).

E. Net-Zero Emissions (NZE)

Net-zero emissions (NZE) merupakan keadaan dimana kita masih diperbolehkan untuk mengeluarkan emisi dengan syarat mengkompensasi emisi tersebut. Berbeda halnya dengan *Zero Carbon* yang mana kita tidak boleh sama sekali menggunakan fosil. Pada saat ini fokus tujuan secara global adalah menuju *Net-Zero Emissions* yang berarti kita masih diberi kesempatan untuk menghasilkan emisi namun emisi tersebut tidak boleh sampai ke lapisan atmosfer dengan cara di injeksikan melalui hutan atau rekayasa teknologi (Dirjen Migas, 2021).

F. Energi Listrik

Energi Listrik yang dibutuhkan bagi peralatan listrik untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan ataupun untuk menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain. Satuan daya sama dengan 1 joule/sekon sering disebut sebagai watt dan satuan energi dinyatakan dalam watt, yaitu watt-jam atau Wh.

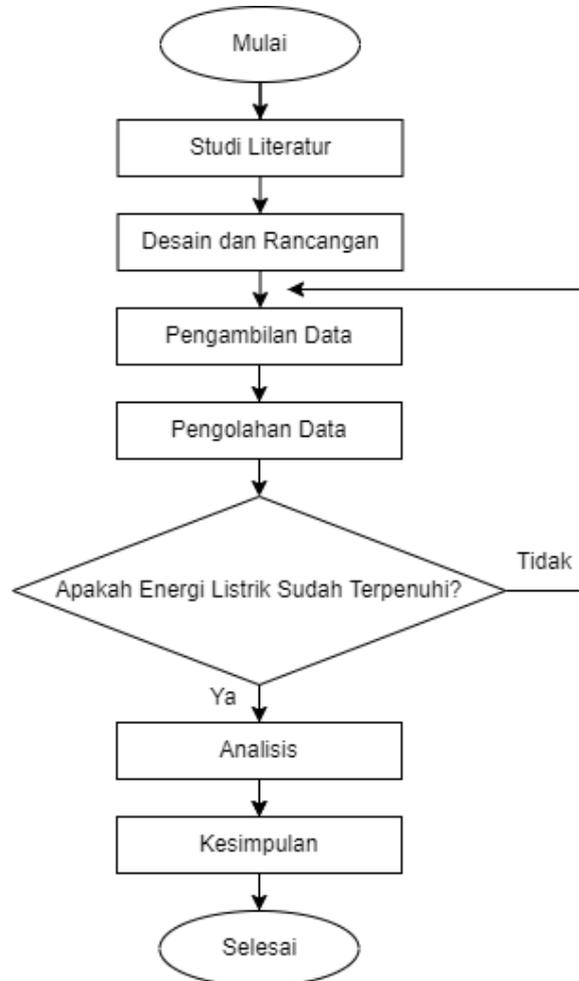
Pengertian energi listrik adalah kemampuan untuk melakukan atau menghasilkan usaha listrik (kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain), dilambangkan dengan W (NugrahiniDwie's, 2010).

G. Karbondioksida (CO₂)

Emisi karbondioksida (CO₂) adalah salah satu jenis emisi gas rumah kaca yang menjadi faktor utama timbulnya fenomena pemanasan global. Produksi emisi gas karbondioksida (CO₂) erat kaitannya dengan aktivitas manusia (*anthropogenic activities*) (Rypdal, dkk., 2006).

BAB III METODOLOGI

A. Flowchart



Gambar 3. 1 Flowchart

Berdasarkan *flowchart* tersebut, penelitian dimulai dengan mencari studi literatur yang dibutuhkan melalui beberapa sumber. Setelah studi literatur didapatkan, maka dilanjutkan ke pembuatan desain dan rancangan alat. Selanjutnya pengambilan data proses penangkapan dan penyaringan Gas Emisi yang telah dilakukan. Setelah itu, pengolahan data dibuat berdasarkan pengambilan data. Jika data sudah diolah, maka perlu dipastikan apakah energi sudah terpenuhi. Jika ya, maka dilanjutkan ke tahap berikutnya dan jika tidak, maka pengambilan data diulangi kembali. Setelah tahap pengolahan data selesai, dilanjutkan ke analisis data dan sistem alat lalu membuat kesimpulan dan selesai.

B. Data dan Informasi Inovasi Alat

Inovasi “Pemanfaatan Penangkapan Emisi Gas menjadi Energi Listrik berbasis Elektrokimia sebagai Inovasi Industri untuk mencapai *Net-Zero Emissions*” terbagi

menjadi beberapa tahapan yaitu *input*, proses dan juga output, berikut masing-masing tahapannya :

1. Input

a) Filter

Berfungsi untuk menyaring gas emisi di udara hasil tangkapan yang digunakan pada tahapan selanjutnya agar tidak terkontaminasi dengan debu, kotoran, atau zat kotor lainnya.

b) Inlet

Berfungsi sebagai tempat masuknya udara yang diperlukan untuk terjadinya suatu pembakaran di burner.

c) Fan

Berfungsi untuk menangkap dan memicu masuknya gas emisi ke dalam sistem.

2. Proses

a) Storage

Berfungsi untuk tempat penyimpanan gas emisi yang akan dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan proses elektrokimia sel volta.

b) Trafo

Berfungsi untuk mentransfer energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya.

3. Output

c) Listrik AC

Berfungsi sebagai output dimana tahapan proses akan menghasilkan listrik AC yang telah siap digunakan.

C. Teknik Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini adalah studi literature sehingga dilakukan teknik pengumpulan data studi literature melalui beberapa tahapan, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Studi Pustaka

Pada tahap ini, proses pemeriksaan data diawali dengan klasifikasi kebutuhan jenis pustaka yang dibutuhkan sesuai dengan topik penelitian dan kerangka penelitian.

2. Pemeriksaan Data

Setelah jenis pustaka yang dibutuhkan telah didapatkan, maka pemeriksaan data diproses yang diperoleh dari segi kelengkapan data, kesesuaian data, hingga kejelasan data sesuai dengan klasifikasi kebutuhan jenis pustaka yang telah dilakukan sebelumnya.

3. Analisis Lanjutan

Tahap analisis lanjutan dilakukan berdasarkan proses pemeriksaan data apakah benar- benar telah sesuai dengan kaidah atau syarat yang telah ditentukan. Apabila telah sesuai, maka hasil jawaban dari pertanyaan kebutuhan telah ditemukan dan penulis dapat menggunakan jenis pustaka berdasarkan kebutuhan penelitian.

D. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini ada 3, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data dan Informasi

Pengumpulan data dan informasi dilakukan menggunakan studi literature berdasarkan teknik pengumpulan data yang ditentukan di penelitian ini. Dalam penelitian ini, data dan informasi yang harus didapatkan harus direduksi, dirangkum, dan difokuskan pada kebutuhan penelitian.

2. Penyajian Data dan Informasi

Tahap ini merupakan tahapan dimana data dan informasi akurat yang telah diperoleh dari hasil teknik pengumpulan data dan informasi disajikan dan digunakan sebagai pacuan untuk menjelaskan analisis hasil dan rancangan desain alat berdasarkan inovasi yang diciptakan

3. Analisis Hasil dan Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dianalisis sehingga cara kerja alat dapat dijelaskan dan kesimpulan berdasarkan hasil analisa dapat diperoleh.

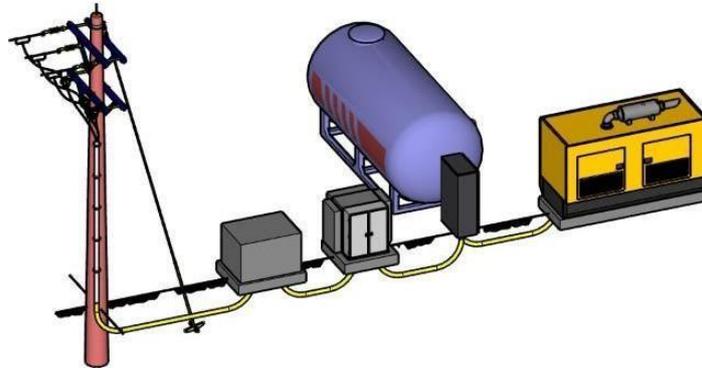
BAB IV

HASIL ATAU PEMBAHASAN

A. Rancangan Desain

Perancangan desain inovasi “Pemanfaatan Penangkapan Emisi Gas menjadi Energi Listrik berbasis Elektrokimia sebagai Inovasi Industri untuk mencapai *Net- Zero Emissions*” menggunakan sistem teknologi penangkapan emisi gas yang serupa dengan *Carbon Capture Storage (CCS)* yang digabungkan dengan sistem sel volta (sistem

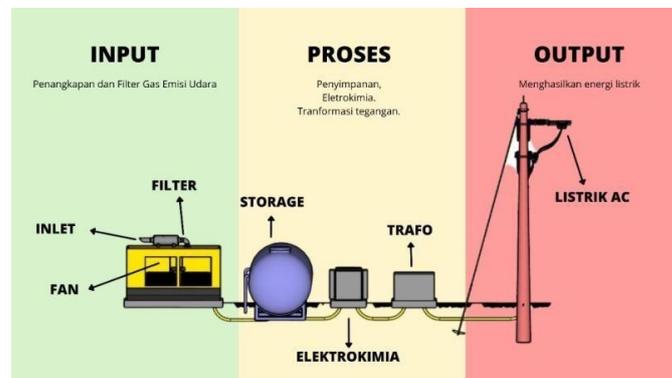
konversi reaksi kimia menjadi energi listrik). Gambaran desain pengaplikasian inovasi ini ditampilkan pada gambar 4.1 berikut :



Gambar 4. 1 Desain Pengaplikasian Alat

B. Cara Kerja

Secara umum, inovasi “Pemanfaatan Penangkapan Emisi Gas menjadi Energi Listrik berbasis Elektrokimia sebagai Inovasi Industri untuk mencapai *Net- Zero Emissions*” terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu *input*, proses dan juga output yang memiliki fungsi dan peran masing-masing. Tahapan *input* berfungsi untuk proses penangkapan dan penyaringan Gas Emisi, sedangkan tahapan proses berperan sebagai proses penyimpanan Gas Emisi yang sudah melewati proses penyaringan, proses konversi reaksi kimia menjadi energi listrik serta proses transformasi tegangan listrik (listrik AC) untuk dialirkan pada tahapan *ouput*.

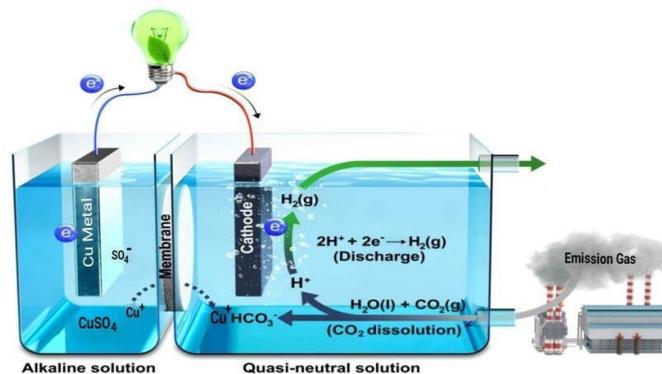


Gambar 4. 2 Tahapan Input, Proses, dan Output pada alur kerja

Cara kerja inovasi “Pemanfaatan Penangkapan Emisi Gas menjadi Energi Listrik berbasis Elektrokimia sebagai Inovasi Industri untuk mencapai *Net-Zero Emissions*” bermula pada tahapan *input* yang terdiri dari komponen Inlet, Fan dan Filter. Proses *input* (penangkapan gas) diawali dengan adanya gas emisi yang masuk pada bagian *inlet* dengan bantuan *fan*. Gas emisi tersebut kemudian dialirkan melalui komponen filter untuk mendapatkan gas emisi yang terbebas dari debu dan zat pengotor lain (basa) yang berpotensi mengganggu proses selanjutnya.

Pada tahapan proses, gas emisi (asam) yang telah melalui proses filtrasi disimpan pada komponen *storage* berupa tank. Kemudian gas tersebut akan dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan metode elektrokimia yang memanfaatkan dua elektroda berupa lempengan tembaga sebagai Anoda dengan elektrolit berupa larutan CuSO_4 serta lempengan seng sebagai Katoda dan larutan H_2O sebagai elektrolit.

Proses konversi diawali dengan menginjeksikan gas emisi pada elektrolit katode yang berupa larutan H_2O sehingga menimbulkan penyebaran Gas emisi. Setelah kandungan asam pada gas emisi menyebar, terjadi proses reaksi kimia antara senyawa H_2O dengan CO_2 (atau senyawa asam lain yang terkandung pada gas emisi) sehingga menghasilkan senyawa H_2CO_3 (asam karbonat). Semakin tinggi tingkat keasaman suatu larutan, maka semakin meningkat pula jumlah proton. Hal ini tentunya membuat proton pada katode dan elektron pada anode menjadi saling tarik-menarik, sehingga menghasilkan suatu energi listrik yang nantinya akan dialirkan pada komponen trafo. Penggunaan trafo bertujuan untuk mentransformasikan dan menguatkan sinyal tegangan listrik hasil proses elektrokimia agar sesuai dengan standar dan layak untuk digunakan.



Gambar 4. 3 Cara Kerja Sistem Konversi

C. Pembahasan

Penerapan inovasi teknologi ini tidak hanya mengurangi emisi terutama CO_2 tetapi juga berpotensi untuk memisahkan pertumbuhan ekonomi dari CO_2 . Menurut penelitian Best, et al. (2011) yang bekerja sama dengan LEMIGAS, melakukan penelitian mengenai status perkembangan teknologi CCS di Indonesia. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa peraturan dan aspek hukum mengenai pengoperasian dan pengelolaan proyek CCS dalam jangka panjang harus dipertimbangkan oleh Pemerintah Indonesia. Namun, untuk mewujudkan potensi ini dibutuhkan balok dengan panjang dan dana yang besar dan membuat regulasi dari pemerintah.

Disisi lain, Indonesia berada dalam posisi yang baik untuk berperan aktif dalam penerapan teknologi yang serupa dengan CCS/CCUS dengan potensi penangkapan sumber CO_2 dan kapasitas penyimpanan CO_2 . Industri gas alam Indonesia menawarkan

potensi CCS/CCUS sebagai alat untuk mengurangi emisi CO₂ khususnya emisi yang berasal dari sektor minyak dan gas, listrik dan industri. CCS/CCUS berfokus pada emisi CO₂ dengan sumber pada pembangkit listrik dan hasil produksi migas dan dekat dengan lokasi penyimpanan CO₂.

Kami telah merancang inovasi ini dengan memanfaatkan CO₂ sebagai sumber daya yang berguna. Sistem baru ini memiliki keunggulan yang khas yaitu sistem yang diusulkan memiliki keuntungan besar yang belum pernah terjadi sebelumnya yaitu tidak meregenerasi CO₂ saat mendaur ulang logam Na melalui proses pengisian. Oleh karena itu, inovasi ini benar-benar memenuhi tujuan teknologi CCS/CCUS yang sebenarnya, karena mengonsumsi CO₂ secara efisien selama proses berlangsung. Sistem baru ini berpotensi berfungsi sebagai teknologi pemanfaatan CO₂ baru dan batu loncatan untuk pemanfaatan energi terbarukan di masa depan teknologi.

Manfaat inovasi teknologi seperti ini untuk pembangunan berkelanjutan di antaranya dapat menciptakan lapangan pekerjaan, memperpanjang umur infrastruktur yang ada, berkurangnya biaya operasional penyediaan listrik dan memberikan pengetahuan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi berbasis inovasi. Keberhasilan teknologi seperti ini merupakan langkah awal dalam mengurangi emisi CO₂ di Indonesia (ESDM, 2021). CCUS dapat berkontribusi pada keamanan energi yang lebih luas dengan tujuan lingkungan, sosial dan ekonomi (Asian Development Bank, 2019)

1. Memungkinkan keragaman energi yang lebih besar, termasuk penggunaan energi baru terbarukan dan lebih bersih.
2. Mempertahankan kesempatan kerja dan investasi jangka panjang di industri padat energi.
3. Melindungi nilai investasi substansial dalam energi dan infrastruktur industri lainnya yang telah dibuat.
4. Memperluas pilihan teknologi untuk pembangkit listrik.
5. Memungkinkan investasi dalam sumber dan energi alternatif.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari gagasan inovasi yang dibuat adalah sebagai berikut :

1. Perancangan sistem pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi

listrik berbasis elektrokimia sebagai inovasi industri untuk mencapai *net-zero emissions* memberikan dampak berupa peningkatan teknologi sehingga bisa beroperasi lebih efisien dan pada akhirnya mampu melakukan pengurangan emisi gas serta menjadi pilar pencapaian *net-zero emissions*.

2. Perancangan sistem yang didesain dapat menjadi solusi pencemaran udara maupun lingkungan dan dapat diterapkan guna menjadi lingkungan yang bebas emisi gas.
3. Perumusan konsep sistem pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi listrik merupakan konsep teknologi yang tepat guna menciptakan program *sustainable development* yang terintegrasi, berjalan otomatis, dan memberikan analisis yang akurat sehingga konsep tersebut dapat direalisasikan serta membantu terwujudnya program Indonesia untuk menjadi negara industri yang tangguh di dunia pada tahun 2025 serta tujuan jangka panjang pembangunan industri.

B. Saran

Sistem dalam pembuatan bangun sistem pemanfaatan penangkapan emisi gas menjadi energi listrik berbasis elektrokimia sebagai inovasi industri untuk mencapai *net zero emissions* diharapkan mampu menjadi solusi dalam menyikapi pencemaran udara maupun lingkungan. Saran yang dapat diberikan penulis terhadap gagasan inovasi ini adalah kedepannya dapat disempurnakan dengan baik secara konsep, desain maupun realisasi alat seperti memperbanyak parameter yang dikendalikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Chapter 1 Introduction to the 2006 guidelines - iges." [Online]. Available: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_1_Ch1_Introduction.pdf. [Accessed: 18-Jul-2022].
- [2] "Energi Dan Daya Listrik," NugrahiniDwie's, 02-Jun-2010. [Online]. Available: <https://nugrahiniwijayanti.wordpress.com/ipa-3/energi-dan-daya-listrik/>. [Accessed: 18-Jul-2022].
- [3] F. F. Zaemi and R. C. Rohmana, "Carbon capture, utilization, and storage (CCUS) Untuk Pembangunan Berkelanjutan: Potensi Dan Tantangan di industri migas Indonesia," Prosiding SATU BUMI. [Online]. Available: <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/satubumi/article/view/6231>. [Accessed: 17-Jul-2022].

- [4] “Kedutaan Besar republik Indonesia di London, Merangkap Irlandia Dan Imo Kerajaan Inggris,” Kementerian Luar Negeri Republik Indonesia. [Online]. Available: <https://kemlu.go.id/london/id/news/17148/indonesia-berambisi-kurangi-emisi-gas-rumah-kaca-untuk-pengendalian-perubahan-iklim>. [Accessed: 17-Jul-2022].
- [5] M. R. Harahap, “Sel Elektrokimia: Karakteristik Dan Aplikasi,” CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro, vol. 2, no. 1, 2016.
- [6] P. T. P. (Persero), “Menkeu: Pertamina Jadi Pilar Pencapaian target net zero emissions Indonesia,” Pertamina. [Online]. Available: <https://www.pertamina.com/id/news-room/news-release/menkeu-pertamina-jadi-pilar-pencapaian-target-net-zero-emissions-indonesia>. [Accessed: 17-Jul-2022].
- [7] “Potensi Dan Tantangan implementasi teknologi carbon capture storage untuk Mengurangi Emisi Karbon,” Pojok Iklim. [Online]. Available: <http://pojokiklim.menlhk.go.id/read/potensi-dan-tantangan-implementasi-teknologi-carbon-capture-storage-untuk-mengurangi-emisi-karbon#:~:text=Teknologi%20penangkapan%20dan%20penyimpanan%20karbon,dan%20pembangkit%20listrik%20skala%20besar>. [Accessed: 17-Jul-2022].
- [8] Ppid, “Indonesia berambisi kurangi emisi gas rumah Kaca Untuk Pengendalian Perubahan Iklim,” PPID. [Online]. Available: <http://ppid.menlhk.go.id/berita/siaran-pers/6265/indonesia-berambisi-kurangi-emisi-gas-rumah-kaca-untuk-pengendalian-perubahan-iklim>. [Accessed: 17-Jul-2022].
- [9] R. Ubaidillah, “Analisa Perbandingan emisi gas Buang Dengan menggunakan catalytic converter berbahan baja, Kuningan Dan Tembaga,” UMM Institutional Repository, 01-Aug-2018. [Online]. Available: <https://eprints.umm.ac.id/47566/>. [Accessed: 18-Jul-2022].
- [11] S. J. Prakoso and J. Windarta, “Tinjauan metode Penangkapan Karbon Untuk PLTU batubara,” Jurnal Energi Baru dan Terbarukan, vol. 2, no. 1, pp. 27–35, 2021.
- [12] Y. Arba, I. Syahtaria, and S. Thamrin, “Journal Review: Perbandingan Pemodelan perangkat lunak life cycle assesstment (LCA) untuk Teknologi Energi,” Citizen : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia. [Online]. Available: <https://journal.das-institute.com/index.php/citizen-journal/article/view/75>. [Accessed: 18-Jul-2022].