

MENGURANGI EMISI: MENDORONG TRANSISI KE ENERGI BERSIH UNTUK MENGATASI POLUSI UDARA

Ayunun Zubaydah¹, Azza Zauziyah Sabilah², Dyah Permata Sari^{3*}, Fania Nur Aulia Hidayah⁴

^{1,2,3,4}Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

*Corresponding author: dyahsari@unesa.ac.id

Abstrak: Polusi udara adalah masalah lingkungan yang serius dengan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. Pembakaran bahan bakar fosil merupakan sumber utama polusi udara, menghasilkan gas rumah kaca dan partikel berbahaya. Oleh karena itu, diperlukan peralihan ke sumber energi yang lebih ramah lingkungan, seperti penggunaan kendaraan listrik, energi surya, biomassa, penyimpanan karbon (Carbon Capture Storage), dan bangunan ramah lingkungan (Green Building) yang didukung oleh teknologi. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur untuk menganalisis secara mendalam dan matang solusi yang mendorong transisi ke energi bersih guna mengatasi polusi udara. Data yang dikumpulkan dan dianalisis adalah data sekunder dari berbagai sumber yang relevan seperti buku, jurnal, artikel, dan situs internet. Hasil penelitian mencakup analisis solusi berkelanjutan, penggunaan energi bersih, peran teknologi dan masyarakat, kebijakan dan regulasi, serta dampak dari emisi gas.

Kata Kunci: emisi, polusi udara, energi bersih, solusi berkelanjutan

Abstract: Air pollution is a serious environmental problem with negative impacts on human health and ecosystems. Burning fossil fuels is a major source of air pollution, producing greenhouse gases and harmful particles. Therefore, it is necessary to switch to more environmentally friendly energy sources, such as the use of electric vehicles, solar energy, biomass, carbon capture storage and green buildings supported by technology. This research uses a literature study method to analyze in depth and through solutions that encourage the transition to clean energy to overcome air pollution. The data collected and analyzed is secondary data from various relevant sources such as books, journals, articles and internet sites. The research results include analysis of sustainable solutions, use of clean energy, the role of technology and society, policies and regulations, and the impact of gas emissions.

Keywords: emissions, air pollution, clean energy, sustainable solution

PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan hasil dari limbah yang dihasilkan oleh berbagai aktivitas manusia dalam upaya memenuhi kebutuhannya, baik di sektor produksi maupun transportasi. Aktivitas ini melibatkan pembakaran bahan bakar fosil di pabrik, kendaraan bermotor, dan penggunaan produk yang mengandung bahan kimia berbahaya. Seiring dengan bertambahnya populasi, kebutuhan akan barang dan jasa meningkat, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan jumlah limbah dan emisi yang mencemari udara. Polutan utama yang dihasilkan meliputi karbon monoksida, sulfur dioksida, nitrogen oksida, partikel-partikel halus, serta senyawa organik volatil (Darmawan dkk., 2022). Penumpukan polutan-polutan ini di atmosfer dapat menyebabkan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Zat pencemar udara dapat masuk ke dalam sistem pernapasan dan sirkulasi darah, menyebabkan gangguan pernapasan, penyakit kardiovaskular, dan memperburuk kondisi kesehatan mereka yang memiliki penyakit kronis. Anak-anak, lansia, dan

individu dengan kondisi medis tertentu lebih rentan terhadap efek buruk polusi udara (Abidin & Hasibuan, 2019).

Emisi gas rumah kaca dari bahan bakar fosil menjadi semakin penting untuk diperhatikan di era modern ini. Pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam adalah kontributor utama emisi karbon dioksida (CO₂), gas rumah kaca yang paling berpengaruh. CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil menyumbang sekitar 75% dari total emisi gas rumah kaca global. Selain CO₂, pembakaran bahan bakar fosil juga melepaskan metana (CH₄) dan nitrogen oksida (NO_x), yang memiliki potensi pemanasan global jauh lebih besar daripada CO₂. Dampak dari emisi ini tidak hanya memengaruhi iklim global tetapi juga merusak kualitas udara, sehingga berkontribusi pada berbagai masalah kesehatan manusia (Setyono et al., 2021).

Selain dampak pada lingkungan, emisi gas rumah kaca dari bahan bakar fosil juga membawa implikasi serius bagi kesehatan manusia. Pembakaran bahan bakar fosil tidak hanya menghasilkan CO₂, tetapi juga partikel halus dan senyawa kimia beracun yang dapat terhirup oleh manusia. Polutan seperti sulfur dioksida (SO₂), nitrogen dioksida (NO₂), dan partikel halus (PM_{2.5}) dapat menyebabkan penyakit pernapasan seperti asma, bronkitis, dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) (Setyono et al., 2021).

Paparan jangka panjang terhadap polusi udara ini juga dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, stroke, dan bahkan kematian prematur. Oleh karena itu, mengurangi emisi dari bahan bakar fosil sangat penting untuk melindungi kesehatan masyarakat. Mengurangi emisi ini tidak hanya akan memperbaiki kualitas udara, tetapi juga akan mengurangi beban kesehatan masyarakat akibat penyakit terkait polusi udara.

METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah studi literatur. Proses studi literatur ini mencakup serangkaian kegiatan seperti pengumpulan data dari pustaka, membaca, mencatat, serta mengelola data penelitian secara objektif, sistematis, analitis, dan kritis terkait dengan upaya transisi ke energi bersih untuk mengatasi polusi udara. Penelitian studi literatur ini memerlukan persiapan yang mirip dengan penelitian lain, namun berbeda dalam hal sumber dan metode pengumpulan data, yang dilakukan melalui pengambilan data dari pustaka, membaca, mencatat, dan mengolah bahan penelitian dari artikel yang relevan dengan variabel penelitian. Tujuan dari studi literatur ini adalah melakukan analisis yang mendalam untuk menemukan solusi dalam mendorong transisi ke energi bersih guna mengatasi polusi udara. Data yang dikumpulkan dan dianalisis adalah data sekunder yang meliputi hasil-hasil penelitian seperti buku, jurnal, artikel, situs internet, dan sumber-sumber relevan lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi Bersih Sebagai Solusi

Energi bersih adalah solusi efektif untuk mengatasi masalah polusi udara yang semakin memburuk. Sumber energi bersih seperti tenaga surya, angin, hidroelektrik, dan biomassa tidak menghasilkan emisi polutan yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Dengan menggunakan energi bersih, dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang menjadi penyebab utama polusi udara melalui emisi karbon monoksida, sulfur dioksida, nitrogen oksida, dan partikel-partikel halus. Peralihan ke energi bersih untuk mengurangi jumlah polutan yang dilepaskan ke atmosfer, yang pada akhirnya akan meningkatkan kualitas udara dan kesehatan masyarakat (Estefani dkk., 2023).

Salah satu bentuk energi bersih yang telah diimplementasikan di masyarakat adalah kendaraan listrik, yang berpotensi mengurangi polusi udara di perkotaan. Inisiatif untuk mengembangkan mobil dan sepeda motor listrik bisa secara dramatis menurunkan pelepasan polutan seperti CO, NO_x, HC, SO₂, dan PM. Data menunjukkan bahwa sektor listrik, transportasi, dan perumahan menjadi penyumbang utama emisi CO₂, dengan sektor listrik memegang porsi terbesar (42%), diikuti oleh transportasi (23%), dan perumahan (6%). Upaya pemerintah, terutama melalui Peraturan Presiden No. 55/2019, tengah mendorong pertumbuhan kendaraan listrik dan pengembangan infrastruktur stasiun pengisian. Kendaraan listrik memiliki keunggulan

yang jelas dibandingkan kendaraan dengan mesin pembakaran internal (ICE) dalam menangani polusi udara dan emisi gas rumah kaca (GRK). Kendaraan listrik menghasilkan polusi udara yang sangat rendah, hampir mendekati nol, dibandingkan dengan kendaraan berbasis ICE, sehingga sangat efektif untuk mengatasi masalah polusi udara, terutama di wilayah perkotaan (Sudjoko, 2021).

Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) merupakan langkah percepatan dalam mengimplementasikan kendaraan listrik di Indonesia sesuai dengan target yang ditetapkan. Program KBLBB memberikan solusi bagi pemerintah untuk menghemat biaya energi dan mengurangi ketergantungan pada impor bahan bakar minyak (BBM), serta menyediakan alat transportasi yang bebas polusi dan ramah lingkungan. Selain itu, program ini juga berfungsi sebagai alternatif untuk mendukung upaya pengurangan emisi di Indonesia (Sudjoko, 2021).

Tantangan Dalam Transisi Energi

Transisi energi bersih merupakan langkah penting dalam mengatasi polusi udara dan mengurangi dampak perubahan iklim, tetapi dihadapkan pada beragam tantangan yang kompleks dan signifikan. Salah satu tantangan utama adalah pengembangan infrastruktur dan teknologi. Infrastruktur untuk energi bersih seperti tenaga surya dan angin membutuhkan investasi besar dan waktu yang cukup lama untuk dibangun. Selain itu, teknologi penyimpanan energi yang efisien, seperti baterai, diperlukan untuk menangani variabilitas dan intermittenasi sumber energi terbarukan. Tanpa penyimpanan yang memadai, pasokan energi tidak bisa diandalkan saat permintaan tinggi atau ketika kondisi cuaca tidak mendukung produksi energi terbarukan. Dari segi ekonomi, biaya awal yang tinggi untuk membangun infrastruktur energi bersih menjadi hambatan besar (Huda, 2023). Negara dan perusahaan sering kali ragu untuk mengalihkan dana dari proyek yang lebih menguntungkan dalam jangka pendek ke proyek energi terbarukan yang memerlukan waktu lebih lama untuk mengembalikan investasi. Selain itu, subsidi yang terus diberikan kepada bahan bakar fosil mengurangi insentif untuk beralih ke energi bersih. Penghapusan subsidi ini bisa menjadi tantangan politik dan ekonomi yang signifikan.

Di sisi kebijakan dan regulasi, kurangnya kebijakan yang kuat dan mengikat untuk mendorong transisi ke energi bersih menjadi penghambat utama. Kebijakan yang efektif diperlukan untuk memberikan insentif dan mendukung investasi dalam teknologi hijau. Perbedaan regulasi antara negara atau bahkan antara daerah dalam satu negara juga bisa menghambat perkembangan energi bersih. Regulasi yang konsisten dan harmonis diperlukan untuk memfasilitasi pengembangan teknologi dan infrastruktur energi terbarukan. Tantangan sosial dan kultural juga signifikan (Wijaya, 2022). Masyarakat dan industri yang telah lama bergantung pada energi fosil mungkin menunjukkan resistensi terhadap perubahan. Kebiasaan dan ketergantungan ini bisa membuat transisi lebih sulit dan memerlukan pendekatan yang mendidik serta partisipatif. Meningkatkan kesadaran dan pendidikan tentang manfaat energi bersih dan dampak polusi udara sangat penting. Tanpa pemahaman yang baik, masyarakat mungkin tidak mendukung atau bahkan menentang transisi ini (Rohma, 2024).

Selain itu, pembangunan infrastruktur energi terbarukan juga bisa memiliki dampak lingkungan. Misalnya, perubahan ekosistem lokal akibat pembangunan turbin angin atau panel surya perlu diperhatikan. Oleh karena itu, perlu perencanaan yang matang untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. Penempatan infrastruktur energi bersih membutuhkan lahan yang cukup luas, yang bisa bersaing dengan kebutuhan lahan untuk pertanian, pemukiman, dan konservasi alam. Ketergantungan pada bahan baku tertentu, seperti logam tanah jarang yang diperlukan untuk teknologi hijau, juga menjadi tantangan. Pasokan bahan baku ini terbatas dan proses penambangannya bisa merusak lingkungan. Ketergantungan pada bahan baku ini perlu diatasi dengan pengembangan teknologi yang lebih efisien dan metode daur ulang yang efektif (Huda, 2023). Mengatasi tantangan-tantangan ini, diperlukan pendekatan yang komprehensif dan terkoordinasi yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, industri, akademisi, dan masyarakat. Upaya bersama ini diharapkan dapat mempercepat transisi energi bersih dan mengurangi polusi udara secara signifikan.

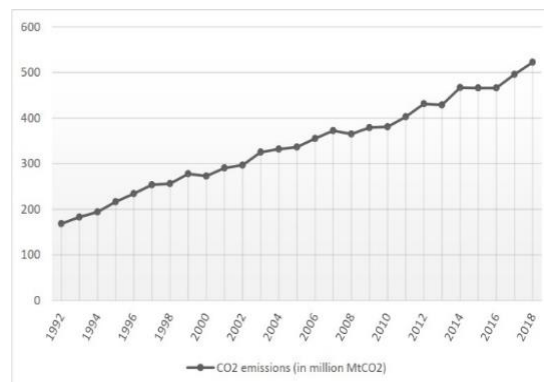
Solusi berkelanjutan untuk emisi yang semakin mencuat

Di tengah pesatnya perkembangan industri dan urbanisasi, emisi gas telah menjadi masalah global yang mendesak. Dampak buruk dari emisi ini tidak hanya memengaruhi lingkungan, tetapi juga kesehatan manusia dan stabilitas ekonomi. Pemanasan global yang diakibatkan oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan perubahan iklim ekstrem, sementara polusi udara dari pembakaran bahan bakar fosil memicu berbagai penyakit pernapasan dan kardiovaskular. Kondisi ini memerlukan solusi berkelanjutan yang dapat secara signifikan mengurangi emisi tanpa mengorbankan pertumbuhan ekonomi dan kualitas hidup manusia. Pendekatan berkelanjutan untuk mengatasi peningkatan emisi harus mencakup inovasi teknologi, kebijakan yang mendukung, serta perubahan perilaku dan kesadaran masyarakat. Berikut adalah solusi berkelanjutan untuk permasalahan emisi yang kian mencuat:

1. Penggunaan kendaraan listrik demi mengurangi emisi karbon

Menurut IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), aktivitas manusia telah mempercepat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Penumpukan gas-gas ini menyebabkan gas rumah kaca menyerap lebih banyak panas. Panas yang terperangkap tersebut kemudian mengakibatkan peningkatan suhu bumi. Penyebab perubahan iklim, utamanya yaitu efek gas rumah kaca. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup, gas rumah kaca (GRK) terdiri dari beberapa, contohnya termasuk CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs, dan SF_6 . Dari semua jenis gas tersebut, yang utama adalah CO_2 , CH_4 , dan N_2O , dengan CO_2 (karbon dioksida) memiliki konsentrasi tertinggi di atmosfer (Sudjoko, 2021).

Kendaraan listrik memiliki peran penting dalam mengatasi polusi udara di kota-kota yang seringkali menjadi permasalahan yang serius. Namun, ada harapan dalam pengembangan kendaraan listrik seperti mobil dan sepeda motor. Ini dapat secara signifikan mengurangi emisi polutan seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), sulfur dioksida (SO_2), dan partikulat materi (PM). Sektor listrik, transportasi, dan perumahan adalah penyumbang utama emisi gas rumah kaca, dengan sektor listrik memegang porsi terbesar sebesar 42%, diikuti oleh transportasi sebesar 23%, dan perumahan sebesar 6%. Saat ini, pemerintah mempromosikan pengembangan kendaraan listrik dan infrastruktur stasiun pengisian daya melalui Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019. Kendaraan listrik berbasis baterai mempunyai kelebihan daripada kendaraan menggunakan mesin pembakaran dalam (ICE) di hal pengurangan polusi udara dan emisi gas rumah kaca (GRK). Kendaraan listrik hampir tidak menghasilkan polusi udara dibandingkan dengan kendaraan ICE. Kendaraan listrik sangat efisien dalam mengurangi polusi udara, terutama di daerah perkotaan. Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (KBLBB) adalah upaya untuk mempercepat penerapan kendaraan listrik di Indonesia sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Dengan adanya KBLBB, pemerintah dapat menekan biaya energi dan mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan bakar minyak, menyediakan transportasi yang ramah lingkungan dan bebas polusi, serta mendukung upaya pengurangan emisi di Indonesia (Sudjoko, 2021).



Gambar 1. Intensitas Emisi CO₂ di Indonesia (Enerdata, 2019).

Menurut grafik pada gambar 1, terlihat jelas tingginya emisi CO₂ menunjukkan bahwa sumber utama emisi ini masih didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar fosil memberikan kontribusi signifikan terhadap kerusakan lingkungan

Dengan bertambahnya jumlah pengguna kendaraan, kualitas udara di perkotaan semakin menurun akibat polusi dari Nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO₂), dan polutan lainnya. Menurut laporan Uni Eropa, hampir 28% dari total emisi karbon dioksida (CO₂) berasal dari sektor transportasi, di mana transportasi jalan raya menyumbang lebih dari 70% dari angka tersebut. Dengan demikian, dibutuhkan opsi transportasi alternatif untuk mengurangi emisi karbon. Peran subsektor transportasi memiliki signifikansi besar dalam mendukung pencapaian target emisi nol di Indonesia, menjadi faktor kunci dalam rencana jangka panjang yang disusun oleh Pemerintah Indonesia. Kendaraan listrik menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan kendaraan berbahan bakar fosil. Dengan menggunakan energi listrik, kendaraan ini dapat menghemat energi 3-5 kali lebih banyak dibandingkan kendaraan konvensional (Sudjoko, 2021).

2. Potensi energi surya sebagai solusi untuk energi yang bersih dan berkelanjutan

Dalam beberapa dekade terakhir, pentingnya energi yang bersih, berkelanjutan, dan ramah lingkungan semakin meningkat di seluruh dunia. Keterbatasan sumber daya energi fosil, permasalahan perubahan iklim, dan konsekuensi negatif lainnya dari penggunaan bahan bakar fosil telah mendorong upaya pencarian alternatif yang lebih berkelanjutan. Energi surya telah mendapatkan perhatian besar sebagai salah satu solusi utama untuk memenuhi kebutuhan energi global. Di beberapa negara, PLTS telah menjadi sumber energi yang dominan, berperan penting sebagai upaya untuk menurunkan emisi gas rumah kaca dan meningkatkan keberlanjutan energi, berbagai langkah diambil untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengadopsi energi yang lebih ramah lingkungan serta dapat diperbaharui menjadi prioritas utama. Terlebih lagi, dengan kemajuan teknologi dan penurunan harga panel surya, PLTS menjadi lebih terjangkau dan kompetitif dibandingkan dengan sumber energi konvensional. Ini menjadikan PLTS sebagai alternatif yang menarik secara ekonomi, dengan potensi pengembalian investasi yang tinggi dalam jangka panjang. Meski begitu, meskipun memiliki potensi dan manfaat yang jelas, masih ada beberapa tantangan yang perlu dihadapi untuk meningkatkan penerapan PLTS secara luas. Salah satunya adalah biaya investasi awal yang masih cukup tinggi, meskipun harga panel surya terus menurun. Diperlukan insentif dan dukungan kebijakan yang tepat untuk merangsang investasi dalam PLTS. Penggunaan PLTS sebagai solusi energi bersih juga berdasar pada aspek analisis ekonomi, aspek sosial, dan bagi pengambil keputusan dan pemangku kepentingan dalam mendorong penggunaan PLTS secara efektif dan berkelanjutan (Suripto dkk., 2021).

Analisis ekonomi menunjukkan bahwa, meskipun biaya investasi awal yang diperlukan untuk menerapkan PLTS mungkin cukup tinggi, manfaat dalam penghematan biaya operasional dan pengurangan biaya energi listrik dalam jangka panjang dapat menghasilkan pengembalian investasi yang menguntungkan. Dalam skenario terbaik, proyek PLTS dapat mencapai tingkat pengembalian investasi yang tinggi dan memiliki nilai sekarang bersih yang positif, menunjukkan kelayakan finansial yang baik. Hal ini menandakan bahwa meskipun ada biaya awal yang signifikan, investasi dalam PLTS memiliki potensi untuk memberikan keuntungan finansial jangka panjang yang substansial. Keuntungan utama dari pembangkit listrik tenaga surya adalah bahwa sebagian besar bagian sistemnya tidak memerlukan perawatan yang mahal, sehingga mengurangi biaya untuk pemeliharaan dan perbaikan. Dalam dimensi sosial, interaksi dengan warga setempat dan pihak-pihak yang memiliki kepentingan terungkap bahwa tingkat kesadaran dan penerimaan terhadap PLTS memiliki peran yang signifikan dalam memengaruhi adopsi teknologi ini. Dengan demikian, pendekatan yang mencakup strategi edukasi dan sosialisasi yang efektif menjadi kunci dalam meningkatkan penerimaan dan penggunaan PLTS. Potensi besar terdapat pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai solusi untuk energi yang bersih dan berkelanjutan. Dengan merancang strategi implementasi yang tepat, mengatasi tantangan sosial dan kebijakan, serta

memaksimalkan manfaat ekonomi, penerapan PLTS bisa memberikan kontribusi yang signifikan dalam mewujudkan peralihan ke sistem energi yang lebih berkelanjutan (Silpiawan, 2022).

3. Pemanfaatan biomassa sebagai sumber energi bersih dan ramah lingkungan

Pemanfaatan sumber energi primer berbasis fosil untuk keperluan energi akhir, seperti listrik dan transportasi, Seringkali, hal ini berdampak buruk pada lingkungan, seperti peningkatan emisi karbon dioksida, hujan asam, penipisan lapisan ozon, dan meningkatnya efek rumah kaca. Dampak-dampak ini bisa berkontribusi pada perubahan iklim yang ekstrem. Pada tahun 2000, jumlah emisi karbon dioksida mencapai 60,1 juta ton, namun meningkat menjadi 97,9 juta ton pada tahun 2016. Pencemaran udara ini dapat memicu perubahan iklim yang ekstrem dan menyebabkan bencana alam seperti tornado (BPS, 2018).

Salah satu metode untuk mengurangi ketergantungan pada energi primer yang berasal dari fosil serta mengurangi efek buruknya terhadap lingkungan adalah dengan menggunakan sumber energi alternatif yang inovatif dan dapat diperbarui. Contohnya adalah penggunaan energi dari biomassa. Perkembangan teknologi pengolahan biomassa telah mengalami kemajuan pesat, terutama dengan penerapan sukses B10 oleh pemerintah untuk produksi biodiesel. Bukan hanya digunakan sebagai sumber energi nabati untuk kendaraan, biodiesel juga sukses diaplikasikan dalam pembangkit listrik dengan mencampurkan 10% biodiesel ke dalam bahan bakar solar (Pramudiyanto dkk., 2020).

Penanganan yang tidak optimal terhadap sampah bisa menyebabkan pelepasan gas rumah kaca, yang menjadi sorotan global. Menurut Bank Dunia, estimasi mereka menunjukkan bahwa sampah yang terakumulasi menyebabkan emisi GRK mencapai 1,6 miliar ton karbon dioksida pada tahun 2016, menyumbang Sekitar 5% dari total emisi global saat ini berasal dari Indonesia. Proyeksi menunjukkan bahwa angka ini diperkirakan akan terus meningkat, mencapai 2,6 miliar ton emisi karbon dioksida pada tahun 2050. Pemerintah Indonesia telah menunjukkan kepedulian terhadap isu manajemen pengelolaan sampah dengan menerapkan kebijakan yang tercantum dalam Perpres Nomor 35 tahun 2018. Kebijakan ini bertujuan untuk meningkatkan percepatan pembangunan instalasi pengolahan sampah menjadi sumber energi listrik berbasis teknologi ramah lingkungan, yang telah dimulai oleh pemerintah Republik Indonesia. Tindakan ini dimaksudkan untuk konversi limbah menjadi tenaga listrik melalui inisiatif yang disebut Waste To Energy. Sebagai ilustrasi, di Jatibarang Semarang, telah dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Sampah yang memanfaatkan Teknologi Landfill Gasifikasi sebagai cara untuk menghasilkan energi. Landfill Gasifikasi merupakan metode pengolahan sampah yang melibatkan konversi sampah menjadi gas melalui proses metananasasi. Gas yang dihasilkan dari proses ini kemudian dimanfaatkan untuk menggerakkan Turbin Gas Generator (Pramudiyanto dkk., 2020). Pengembangan energi primer biomassa merupakan langkah yang tepat Sebagai solusi energi masa depan yang berkelanjutan, fokus pada mengurangi ketergantungan terhadap sumber energi fosil seperti minyak, gas, dan batubara. Ini berarti menciptakan beragam alternatif energi yang ramah lingkungan serta mengurangi jejak karbon, sehingga membantu mengurangi Efek Gas Rumah Kaca.

4. Penerapan Teknologi Penangkapan dan Penyimpanan *Carbon Capture Storage (CCS)*

Indonesia mempunyai cadangan bahan bakar fosil yang cukup besar dan diperkirakan akan tetap menjadi sumber energi utama untuk beberapa tahun ke depan. Namun, penggunaan bahan bakar fosil ini menghasilkan emisi CO₂ dan gas lainnya yang dapat meningkatkan konsentrasi CO₂ di atmosfer, yang berkontribusi pada masalah pemanasan global. Perubahan iklim terutama dipicu oleh tindakan pembakaran bahan bakar fosil, yang mengakibatkan pelepasan karbon dioksida ke atmosfer sebagai faktor utama yang bertanggung jawab. Carbon Capture Storage, Teknologi ini terlibat dalam menangkap gas CO₂ yang dihasilkan oleh industri besar, mengompresinya untuk pengangkutan, dan kemudian menyuntikkannya ke dalam lapisan batuan yang sangat dalam secara hati-hati, di mana gas tersebut dapat disimpan secara permanen (Prasetyo dkk., 2022).

Teknologi Penyimpanan Karbon (CCS) adalah satu-satunya solusi teknologi yang mampu mengurangi pelepasan emisi gas rumah kaca (GRK) dari penggunaan bahan bakar fosil dalam

industri dan pembangkit listrik berskala besar. Konsepnya sederhana, yakni menangkap karbon dioksida (CO_2) yang dilepaskan dari beragam kegiatan yang menggunakan bahan bakar fosil, lalu menyimpannya kembali di dalam bumi, seperti dalam sumur-sumur migas yang tak aktif. Meskipun memerlukan investasi besar, biaya implementasi CCS dapat ditekan dengan menerapkan pajak karbon. Di negara-negara maju seperti Norwegia, CCS telah menjadi hal umum, sehingga biaya implementasinya bisa diminimalisir secara signifikan. Mengingat pentingnya CCS, ada kemungkinan besar bahwa di masa depan, negara-negara maju akan mengharuskan implementasinya secara global, penting untuk mempelajari dan memahami implementasi CCS saat ini (Prasetyo dkk., 2022).

CCS memiliki manfaat signifikan dalam meningkatkan akses masyarakat terhadap energi yang terjangkau, handal, berkelanjutan, dan modern. Ini akan menghasilkan kesetaraan sosial, menciptakan pekerjaan baru, memperpanjang umur infrastruktur yang ada, mengurangi biaya operasional pembangkit listrik, dan memfasilitasi pengetahuan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi inovatif. Implementasi CCS yang sukses merupakan langkah awal yang vital dalam upaya mengurangi emisi CO_2 di Indonesia (Prasetyo dkk., 2022).

5. Meminimalisir polusi efek gas rumah kaca dengan *Green Building*

Aktivitas manusia telah menyebabkan kerusakan pada iklim global secara menyeluruh. Penyebabnya adalah peningkatan konsentrasi gas-gas tertentu yang menghambat pantulan energi matahari dari permukaan bumi. Akibatnya, terjadi fenomena efek rumah kaca yang meningkatkan suhu global dan menyebabkan pencemaran di planet ini. Tanda-tanda kerusakan pada sistem fisik dan ekologi bumi juga tampak dari menipisnya lapisan ozon di stratosfer, penurunan keanekaragaman hayati, degradasi lahan, dan perubahan dalam siklus air. Dampak dari kerusakan fisik dan ekologi ini juga mempengaruhi perubahan iklim global serta peningkatan polusi.

Penerapan Green Building adalah salah satu solusi untuk menangani polusi udara. Green Building didesain dengan mempertimbangkan efisiensi penggunaan sumber daya, pengurangan limbah, dan penggunaan material yang ramah lingkungan. Selain itu, Green Building sering kali dilengkapi dengan sistem filtrasi udara canggih yang membantu mengurangi masuknya partikel polutan ke dalam bangunan, mengurangi paparan polusi udara di dalam ruangan. Dampaknya tidak hanya bermanfaat bagi penghuninya, tetapi juga mengurangi emisi karbon selama proses pembangunan dan operasionalnya, karena biasanya menggunakan material yang lebih ramah lingkungan dan energi yang lebih efisien. Dengan demikian, Green Building dapat menjadi solusi efektif dalam menanggulangi polusi udara dan mendukung lingkungan yang lebih bersih dan sehat (Wahyudin dkk., 2020).

Green Building memiliki kemampuan untuk mengurangi emisi dengan beberapa metode. Pertama, desain bangunan yang efisien dalam penggunaan energi dapat mengurangi kebutuhan energi, yang pada akhirnya mengurangi emisi karbon dari pembangkit listrik. Selain itu, penggunaan bahan bangunan yang ramah lingkungan pada bangunan hijau dapat mengurangi jejak karbon karena biasanya material tersebut diproduksi dengan tingkat emisi karbon yang lebih rendah. Banyak bangunan ramah lingkungan mengadopsi energi terbarukan seperti matahari dan angin untuk mengurangi penggunaan energi fosil dan meminimalkan jejak karbon mereka dengan mengurangi emisi. Manajemen limbah yang efisien dan penerapan teknologi ramah lingkungan dalam operasional bangunan juga dapat membantu mengurangi emisi karbon secara keseluruhan (Widyawati, 2019).

Namun, usaha untuk mengurangi emisi dengan Green Building belum menghasilkan dampak yang berarti. Ini karena beberapa alasan, seperti biaya operasional yang tinggi dan kebutuhan akan bahan bangunan khusus untuk konstruksi gedung berkonsep Green Building. Selain itu, sampai sekarang, belum ada peraturan yang memberikan insentif kepada pengembang yang menerapkan konsep Green Building, sementara mereka yang tidak melakukannya tidak mendapatkan sanksi. Dalam hal pemantauan, kerjasama dengan pihak lain yang terlibat dalam Green Building, terutama dalam menyediakan data tentang penghematan energi, sangat penting (Ansori dkk., 2020).

Kebijakan dan Regulasi

Dalam merencanakan dan menjalankan program untuk mengendalikan polusi udara, diperlukan perencanaan yang komprehensif berdasarkan informasi yang tepat dan relevan. Rencana dan strategi pengendalian polusi udara dibuat sesuai dengan regulasi yang berlaku untuk memastikan bahwa program-program yang dilaksanakan didasarkan pada informasi yang akurat guna mencapai tujuan yang diinginkan. Strategi ini meliputi langkah-langkah untuk memulihkan dan menanggulangi polusi udara di lingkungan sekitar serta upaya untuk meningkatkan dan menjaga kualitas udara tersebut. Tujuannya adalah untuk mengatasi dan memulihkan mutu udara yang sudah tercemar, sekaligus meningkatkan dan menjaga kualitas udara agar tetap baik.

Peran teknologi dalam transisi energi bersih

Peran teknologi dalam mendorong peralihan menuju energi bersih telah menjadi fokus perhatian yang cukup besar akhir-akhir ini. Pengembangan teknologi energi terbarukan telah secara signifikan mempercepat transisi energi di berbagai negara. Selain kemajuan teknologi dalam sektor pembangkit listrik, penyimpanan, dan distribusi energi, perkembangan teknologi informasi dan analisis data juga memiliki peran yang tidak kalah penting dalam mendukung adopsi energi bersih.

Peran teknologi dalam peralihan menuju energi bersih tanpa emisi memiliki kebermaknaan yang luar biasa, menjadi poin sentral dalam agenda global untuk menurunkan dampak buruk dari perubahan iklim serta meningkatkan kelestarian lingkungan. Pertama-tama, teknologi energi terbarukan, seperti tenaga surya, angin, dan hidro, menawarkan kemampuan untuk menyebabkan energi tanpa meningkatkan emisi karbon, menurunkan ketergantungan pada bahan bakar fosil yang menjadi pendorong utama perubahan iklim. Hal ini memberikan kesempatan bagi negara-negara untuk beralih dari sumber energi tradisional yang merusak lingkungan menuju solusi yang lebih ramah lingkungan.

Pengembangan teknologi penyimpanan energi juga memiliki peran yang tak terbantahkan dalam peralihan menuju energi bersih. Inovasi dalam sistem penyimpanan energi memungkinkan penggunaan sumber energi terbarukan yang bersifat tidak konsisten, seperti tenaga surya dan angin, untuk disimpan dan digunakan sesuai kebutuhan. Hal ini menjadi solusi untuk mengatasi tantangan ketidakpastian dalam pasokan energi terbarukan, memungkinkan penggunaan energi terbarukan secara lebih efektif dan efisien (Fauzy, 2023).

Demikian pula, teknologi grid pintar atau jaringan listrik cerdas memegang peranan sentral dalam transisi energi bersih. Infrastruktur ini memfasilitasi integrasi yang lebih baik dari sumber energi terbarukan ke dalam jaringan listrik, memungkinkan manajemen yang lebih efisien dan responsif terhadap permintaan energi. Dengan demikian, teknologi grid pintar menciptakan kondisi yang lebih kondusif bagi penggunaan energi bersih secara luas, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan keberlanjutan sistem energi. Pengembangan mobil listrik dan teknologi baterai juga berperan penting dalam peralihan menuju energi bersih. Mobil listrik memanfaatkan energi listrik sebagai sumber daya penggerak, menurunkan ketergantungan bahan bakar fosil dalam sektor transportasi dan mengurangi jejak emisi gas rumah kaca (Sudjoko, 2021).

Selain sektor energi dan transportasi, teknologi digital juga memiliki dampak yang signifikan dalam memfasilitasi transisi menuju energi bersih. Teknologi informasi dan data analitik memungkinkan pengoptimalan operasi sumber energi terbarukan, pengelolaan jaringan listrik yang lebih efisien, dan pelacakan penggunaan energi untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan. Peran teknologi juga terlihat dalam pengembangan infrastruktur untuk mendukung energi bersih. Investasi dalam jaringan transmisi dan distribusi yang modern dan efisien memfasilitasi transportasi energi terbarukan dari tempat produksi ke konsumen dengan lebih efektif, sehingga mendukung pertumbuhan energi bersih yang lebih berkelanjutan.

Teknologi juga memainkan peran penting dalam memfasilitasi adaptasi dan mitigasi terhadap dampak perubahan iklim. Sistem peringatan dini dan teknologi pemodelan iklim membantu negara-negara dalam mempersiapkan dan merespons dampak perubahan iklim yang semakin sering terjadi. Secara keseluruhan, peran teknologi dalam transisi menuju energi bersih tanpa emisi adalah sangat penting. Dengan terus mendorong inovasi teknologi di berbagai bidang

energi dan lingkungan, kita dapat mengatasi tantangan perubahan iklim serta membangun masa depan yang lebih baik (Fauzy, 2023).

Peran teknologi dalam transisi energi bersih

Peran masyarakat sangat penting dalam mendorong transisi ke energi bersih untuk mengatasi polusi udara. Kesadaran dan pendidikan tentang dampak polusi udara serta manfaat energi bersih adalah langkah awal yang perlu diperhatikan, karena dengan memahami isu ini, masyarakat lebih cenderung mendukung dan terlibat dalam inisiatif hijau. Masyarakat dapat berkontribusi dengan mengadopsi teknologi hijau seperti penggunaan panel surya di rumah dan kendaraan listrik, yang secara langsung mengurangi emisi karbon. Selain itu, mengurangi konsumsi energi melalui praktik efisiensi dan konservasi, seperti menggunakan peralatan hemat energi dan meminimalkan penggunaan listrik, juga sangat membantu (Kinasti dkk., 2019).

Partisipasi dalam proses kebijakan publik merupakan langkah signifikan lainnya. Masyarakat dapat mendesak pemerintah untuk menerapkan kebijakan yang mendukung energi terbarukan melalui petisi, kampanye, dan partisipasi dalam konsultasi publik. Mendukung bisnis yang berkomitmen pada praktik ramah lingkungan dengan memilih produk mereka, dapat mengubah pasar ke arah yang lebih hijau. Bekerja sama dalam proyek komunitas energi terbarukan, seperti pembentukan koperasi energi, juga memperkuat upaya transisi energi bersih di tingkat local (Wijaya, 2022).

Inovasi dan kewirausahaan di bidang teknologi hijau memainkan peran penting. Masyarakat yang berpartisipasi dalam mengembangkan solusi teknologi baru dapat menciptakan produk dan layanan yang mendukung energi terbarukan dan efisiensi energi. Dengan keterlibatan aktif masyarakat dalam berbagai aspek ini, transisi ke energi bersih dapat berjalan lebih cepat dan efektif, sehingga membantu mengatasi polusi udara dan melindungi lingkungan (Herlambang, 2010).

Peran teknologi dalam transisi energi bersih

Transisi ke energi bersih untuk mengatasi polusi udara memiliki dampak signifikan baik pada ekonomi maupun lingkungan. Dari segi ekonomi, transisi ini dapat menciptakan banyak peluang kerja baru di sektor energi terbarukan. Pekerjaan ini termasuk produksi dan instalasi panel surya serta turbin angin, yang pada gilirannya dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi. Investasi dalam infrastruktur energi bersih, seperti jaringan distribusi listrik dan fasilitas penyimpanan energi, juga dapat menarik investasi asing dan domestik, menciptakan pasar baru, dan mendorong inovasi teknologi. Selain itu, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dapat menstabilkan harga energi dan meningkatkan keamanan energi nasional, karena negara tidak terlalu bergantung pada impor bahan bakar fosil yang rentan terhadap fluktuasi harga global (Wibowo dkk., 2022).

Dari sudut pandang lingkungan, beralih ke energi bersih secara signifikan mengurangi emisi gas rumah kaca dan polutan udara lainnya, yang berkontribusi pada peningkatan kualitas udara dan kesehatan masyarakat. (Candrasari dkk., 2023). Pengurangan emisi ini dapat mengurangi insiden penyakit pernapasan dan kardiovaskular yang terkait dengan polusi udara. Penggunaan energi terbarukan juga membantu dalam konservasi sumber daya alam, karena energi terbarukan seperti angin, matahari, dan air tidak menguras sumber daya alam yang terbatas seperti bahan bakar fosil. Selain itu, beralih ke energi bersih mengurangi degradasi lingkungan yang sering diakibatkan oleh ekstraksi dan pembakaran bahan bakar fosil, seperti deforestasi, pencemaran air, dan kerusakan ekosistem (Pratama dkk., 2019).

KESIMPULAN

Polusi udara merupakan masalah lingkungan serius yang memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan ekosistem, yang disebabkan oleh pembakaran bahan bakar fosil yang menghasilkan gas rumah kaca dan partikel berbahaya. Transisi ke sumber energi bersih, seperti penggunaan kendaraan listrik, energi surya, biomassa, penyimpanan karbon, dan bangunan ramah lingkungan, didukung oleh teknologi, merupakan langkah penting dalam mengatasi polusi udara.

Solusi berkelanjutan untuk mengatasi emisi gas yang semakin meningkat memerlukan inovasi teknologi, kebijakan yang mendukung, serta perubahan perilaku dan kesadaran masyarakat. Penggunaan kendaraan listrik dapat membantu mengurangi emisi polutan seperti CO, NO_x, HC, SO₂, dan PM, serta memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi emisi karbon dan mendukung zero emission di Indonesia. Semua pihak, termasuk pemerintah, industri, masyarakat, dan individu, memiliki tanggung jawab bersama dalam melindungi lingkungan, mengurangi emisi, dan mendorong transisi ke energi bersih untuk menciptakan masa depan yang lebih bersih, hijau, dan berkelanjutan bagi generasi mendatang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih atas kontribusi dan dukungan dari semua pihak terutama mahasiswa yang telah turut serta dalam penulisan artikel ini. Terima kasih yang tidak terhingga kepada Ibu Dyah Permata Sari, S.Pd., M.Pd. atas bimbingan dalam artikel ini. Semoga artikel ini dapat memberikan inspirasi dan manfaat bagi pembaca.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, J., & Hasibuan, F. (2019). Pengaruh Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan Untuk Menambah Pemahaman Masyarakat Awam Tentang Bahaya Dari Polusi Udara. *Prosiding SNFUR-4*.
- Ansori, A., & Wahyudin, D. (2020). Upaya Penurunan Emisi GRK Melalui "Green Building". *Jurnal Reformasi Administrasi*, 7(1), 1–8.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia (SLHI) 2018*. Badan Pusat Statistik/BPS–Statistics Indonesia, 1–43. <https://doi.org/3305001>
- Candrasari, S., Eleane, C. C., Kusumawardani, F., Cristabel, G., Pattymahu, H., Eugenia, F., Larissa, C., Belva, N., Syabanera, D., & Silvian, V. (2023). Pemulihan Dampak Pencemaran Udara Bagi Kesehatan Masyarakat Indonesia. *Jurnal Komunikasi Dan Administrasi Publik*, 10(2), 849–854.
- Darmawan, S. M., Cholissodin, I., & Adikara, P. P. (2022). Klasifikasi Pengaruh Polusi Udara di Indonesia terhadap Kesehatan menggunakan Algoritme Kernel Modified K-Nearest Neighbor. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(6), 2617–2624. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Enerdata. (2019). *Electricity Final Consumption*. Diakses dari <https://eneroutlook.enerdata.net/>
- Estefani, Y., Simarmata, N. P. E., Bahri, B. S., & Sibarani, S. S. (2023). Penggunaan Energi Bersih Menggunakan Panel Surya Di India. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 4(3), 274–284. <https://doi.org/10.14710/jebt.2023.21518>
- Fauzy, P. R. (2023). Peluang Dan Tantangan Transisi Energi: Implikasi Kebijakan Pasca Presidensi G20 Indonesia. *Jurnal of Tax Policy, Economics, and Accounting*, 1(1).
- Herlambang, A. (2010). Peran Teknologi Dalam Pengendalian Pencemaran Lingkungan Hidup. *Jurnal JRL*, 6(2), 131–137.
- Huda, A. K. N. Al. (2023). Transisi Energi Di Indonesia : Overview & Challenges. *Jurnal Pertamina Energi Institute*, 9(2). <https://www.researchgate.net/publication/374417692>
- Kinasti, R. M. A., Putri, D., Lestari, E., Sofyan, M., Kustanrika, I. W., Hidayawanti, R., & Sangadji, I. B. (2019). Sosialisasi dan Instalasi Panel Surya Sebagai Energi Terbarukan Menuju Kesadaran Lingkungan Indonesia Bebas Emisi. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri*, 2(1), 16–24. <https://doi.org/10.33322/terang.v2i1.488>
- Peraturan Presiden No. 55 tahun 2019. (2019). *Tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai (Battery Electric Vehicle) untuk Transportasi Jalan*. Pemerintah Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2018 tentang Percepatan Pembangunan Instalasi Pengolah Sampah Menjadi Energi Listrik Berbasis Teknologi Ramah Lingkungan* (p. 18).
- Pramudiyanto, A. S., & Suedy, S. W. A. (2020). Energi Bersih dan Ramah Lingkungan dari Biomassa untuk Mengurangi Efek Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim yang Ekstrim.

- Jurnal Energi Baru dan Terbarukan, 1(3), 86-99. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.9990>
- Prasetyo, A. W., & Windarta, J. (2022). Pemanfaatan Teknologi Carbon Capture Storage (CCS) dalam Upaya Mendukung Produksi Energi yang Berkelanjutan. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 3(3), 231-238. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14509>
- Pratama, R., & Kunci, K.-K. (2019). Efek Rumah Kaca Terhadap Bumi. *Jurnal Buletin Utama Teknik*, 14(2), 1410–4520.
- Rohma, M. N. (2024). Analisis Diskursus Pembangunan Berkelanjutan dalam Upaya Transisi Energi Indonesia Tahun 2015-2022. *Jurnal Hubungan Internasional Peradaban*, 03(01).
- Saly, J. N., & Metriska, C. (2023). Kebijakan Pemerintah Dalam Pengendalian Pencemaran Udara di Indonesia Berdasarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009. *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(2).
- 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>
- Silpiawan, A. (2022). Menggali Potensi Plts Sebagai Solusi Energi Bersih Dan Berkelanjutan. *Jurnal Repoteknologi*, 2(4).
- Sudjoko, C. (2021). Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon. 2(2), 54–68.
- Suripto, H., & Fathoni, A. (2021). Analisis Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Ekonomi; Sebuah Review Berdasarkan Studi Literatur di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Teknologi*, 13(1), 33–41. <http://journal.upp.ac.id/index.php/aptek>
- Wibowo, E. W., Susilastuti, D., & Meirinaldi, M. (2022). Valuasi Ekonomi Degradasi Dalam Mewujudkan Kota Hijau Di Jakarta. *Yudishtira Journal : Indonesian Journal of Finance and Strategy Inside*, 2(3), 363–368. <https://doi.org/10.53363/yud.v2i3.47>
- Widyawati, R. L. (2019). Green Building Dalam Pembangunan Berkelanjutan Konsep Hemat Energi Menuju Green Building Di Jakarta. *Jurnal KaLIBRASI - Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 2(1). <https://doi.org/10.37721/kal.v13i0.463>
- Wijaya, A. (2022). DAMPAK LINGKUNGAN DAN KESEHATAN PADA MASA TRANSISI ENERGI. *Jurnal Pertamina Energi Institute*, 8(2). https://www.pertamina.com///Media/File/PEI%20Buletin%20Vol.%208%20No.%203%20-%202022%20Ver.%20Web_reduced.pdf