

Pengembangan Pembangkit Biogas Dalam Kajian Sains Islam Untuk Keberlanjutan Pelestarian Lingkungan

Henny Sudibyo^{*1}, Arini Wresta²

¹*Pusat Riset Konversi dan Konservasi Energi*

²*Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih*

^{1,2}*BRIN, Gedung 720, KST BJ. Habibie Serpong Tangerang Selatan 15314*

**Corresponding author: henny.sudibyo@brin.go.id*

Submitted: 21st October 2024; **Accepted:** 21st November 2024; **Published:** 20th January 2025

Abstrak

Biogas adalah energi terbarukan yang berasal dari limbah organik yang diuraikan, seperti limbah pertanian, limbah ternak, dan lainnya. Beberapa ayat Al-Qur'an dalam agama Islam secara eksplisit mendukung pemanfaatan sumber daya alam secara bijak dan efektif; ini termasuk konsep keberlanjutan dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan. Seperti tertuang dalam ajaran Islam pada Alquran surat Thaha ayat 54. Biogas yang dibuat dari kotoran ternak adalah contoh pemanfaatan sumber daya yang bijaksana dan sejalan dengan ajaran Islam tentang tidak membuang-buang potensi alam. Menggunakan biogas sebagai sumber energi terbarukan mencerminkan konsep keberlanjutan istidamiyyah, yang sangat dianjurkan dalam Islam. Penggunaan biogas mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, memanfaatkan kembali limbah organik yang biasanya mencemari lingkungan, dan mengurangi emisi gas rumah kaca. Pembangkit biogas terkait erat dengan ajaran Islam tentang pelestarian lingkungan, pengelolaan sumber daya yang efektif, dan peran manusia sebagai khalifah di bumi. Dengan memanfaatkan energi terbarukan seperti biogas, umat Islam dapat menerapkan ajaran Al-Qur'an untuk menjaga Bumi, mencegah kerusakan, dan menjaga keseimbangan ekosistem. Perkembangan biogas di negara-negara mayoritas Islam telah menunjukkan bahwa teknologi ini diterima oleh muslim dan dapat dimanfaatkan umat manusia.

Kata Kunci: Alquran, biogas, keberlanjutan, lingkungan, negara muslim, pembangkit

Abstract

Biogas is a renewable energy derived from the degradation of organic materials, such as agricultural waste, livestock waste, and others. Several Qur'anic verses in Islam explicitly support the wise and effective utilization of natural resources; this includes the concept of sustainability and sustainable management of resources. "Eat [therefrom] and pasture your livestock. Indeed, in that are signs for those of intelligence." is an example of biogas management' relationship with the Qur'an (QS. Thaha: 54). Biogas made from livestock manure is an example of wise resource utilization and is in line with Islamic teachings about not wasting natural potential. Using biogas as a renewable energy source reflects the concept of sustainability (istidamiyyah), which is highly encouraged in Islam. The use of biogas reduces the use of fossil fuels, reuses organic waste that normally pollutes the environment, and reduces greenhouse gas emissions. Biogas generation is closely related to Islamic teachings on environmental conservation, effective resource management, and the role of humans as khalifah on earth. By utilizing renewable energy such as biogas, Muslims can apply the teachings of the Qur'an to protect the Earth, prevent damage, and maintain the balance of the ecosystem.

Keywords: Quran, biogas, sustainability, environment, moslem country, power

PENDAHULUAN

Masalah lingkungan di sekitar kita terutama sampah dari berbagai sumber saat ini menjadi hal yang penting untuk ditangani bersama yang melibatkan berbagai sektor dan pemangku kepentingan. Berkaitan dengan lingkungan dalam perspektif Islam, ajaran agama Islam mengajarkan tentang kebersihan yang

merupakan bagian dari iman. Rasulullah SAW mengajarkan bahwa menjaga kebersihan lingkungan, termasuk menangani sampah dengan baik adalah kewajiban. Tidak membuang sampah sembarangan, mengurangi limbah, serta mendaur ulang barang-barang yang bisa digunakan kembali adalah salah satu bentuk kepedulian terhadap bumi yang dianjurkan dalam Islam. Berbagai cara manusia merancang

teknologi untuk menghasilkan energi yang bersumber dari energi terbarukan yang sekaligus dapat memanfaatkan untuk mengatasi sampah lingkungan yaitu menggunakan teknologi biogas. Biogas disini sebagai pemanfaatan sumber daya. Untuk memenuhi kebutuhan energi, kita masih bergantung pada energi fosil seperti batu bara, minyak bumi dan gas. Pemanfaatan sumber energi terbarukan yang berasal dari sumber non-fosil seperti sampah perkotaan, kotoran ternak, limbah pertanian dan sumber biomasa lainnya saat ini menjadi semakin penting. Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang dihasilkan oleh fermentasi anaerobik dari bahan organik. Biogas dapat diproduksi dari limbah kotoran hewan, air limbah organik dari berbagai sumber, dan limbah padat. Teknologi biogas ini telah digunakan di seluruh dunia untuk menghasilkan energi terbarukan dan untuk mengolah limbah organik. Biogas dapat digunakan secara efisien untuk mengelola pupuk kandang, sampah makanan, sampah tanaman dan limbah lainnya. Biogas memiliki komposisi yang berbeda tergantung pada sumbernya. Meskipun demikian, biasanya mengandung antara 50 dan 70 persen CH_4 , 25 dan 50 persen CO_2 , 1–5 persen H_2 , 0,3–3 persen N_2 , dan H_2S (Sitthikhankaew et al., 2011) (Tien et al., 2010). Biogas adalah sumber energi yang menarik untuk daerah pedesaan, terutama di negara berkembang (Jawurek et al., 1987). Hal ini karena biogas dapat diproduksi tepat di titik konsumsi, yang membuatnya ideal untuk pembangkit listrik terdesentralisasi di daerah pedesaan terpencil. Di sisi lain, biogas dapat diproduksi pada skala yang lebih besar dari bahan limbah perkotaan dan digunakan untuk menghasilkan listrik bagi masyarakat setempat (Guo et al., 2010). Biogas adalah salah satu cara pengelolaan sampah organik yang bermanfaat. Sampah organik, seperti sisa makanan, kotoran ternak, atau dedaunan, bisa diolah menjadi energi yang bersih dan terbarukan dalam bentuk biogas. Dalam perspektif Islam, pemanfaatan sumber daya secara bijak termasuk dalam konsep khilafah (kepemimpinan manusia di bumi) di mana manusia dituntut untuk menjaga dan memanfaatkan sumber daya alam dengan baik serta tidak melakukan pemborosan. Dalam kaitannya dengan etika lingkungan dalam Islam, Islam menekankan pentingnya menjaga alam dan tidak merusaknya. Dalam konteks pengelolaan sampah dan energi terbarukan seperti biogas, hal ini sejalan dengan ajaran Islam yang mengajarkan keseimbangan (mizan) dan larangan terhadap perbuatan fasad (kerusakan) di bumi. Penggunaan teknologi ramah lingkungan seperti biogas adalah bentuk tanggung jawab manusia dalam menjaga kelestarian lingkungan.

Sementara dalam hal kesejahteraan sosial dan ekonomi, pengembangan biogas dapat menjadi salah satu solusi. Pengelolaan sampah yang baik melalui

teknologi biogas juga dapat meningkatkan kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat. Dalam Islam, ada kewajiban untuk meningkatkan kemaslahatan umat dan mengurangi beban yang dapat merusak kehidupan manusia. Pemanfaatan biogas dari sampah organik membantu menyediakan energi bersih, mengurangi polusi, serta bisa menjadi sumber penghasilan bagi komunitas. Beberapa keuntungan pemanfaatan teknologi biogas adalah pengurangan potensi pencemaran lingkungan, pengurangan emisi gas rumah kaca, dan diperolehnya sumber energi terbarukan sebagai alternatif dari energi fosil. Teknologi biogas telah berkembang sejak lama namun aplikasi penggunaannya sebagai sumber energi alternatif belum berkembang secara luas. Pengembangan pembangkit biogas bagus diterapkan di daerah-daerah yang dinilai terbelakang. Pada dasarnya membuat biogas itu tidak sulit untuk pengerjaannya. Utama dalam pembuatan biogas yaitu adanya bahan baku yang kaya bahan organik dan sebuah kontainer kedap udara (Tanto & Budhijanto, 2018).

Tujuan penulisan makalah ini adalah mengungkap keterkaitan pengembangan biogas dalam ajaran agama Islam di negara Indonesia dan negara-negara muslim lainnya. Pengembangan teknologi biogas diharapkan sejalan dengan semangat ajaran untuk melestarikan lingkungan, menjaga alam dengan sebaik-baiknya. Pada tulisan ini dipaparkan tentang potensi biogas, tentang teknologi biogas saat ini, kaitan pengembangan teknologi biogas dalam Alquran yaitu ayat-ayat tentang perintah menjaga lingkungan serta melihat perkembangan biogas di negara Indonesia serta negara muslim lainnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif deskriptif, pengumpulan datanya dilakukan dengan menggunakan teknik review artikel. Kajian ini mengungkapkan konsep pengembangan pembangkit tenaga biogas yang ditinjau dari segi agama dan masyarakat Islam serta kelestarian lingkungan. Kajian ini menggunakan metode penelitian kualitatif. Data-data dalam penelitian ini bersumber dari bahan yang bersifat pustaka seperti buku-buku, jurnal-jurnal, website internet dan pengalaman penulis dalam ikut kegiatan pembangunan pembangkit tenaga biogas serta sumber-sumber lain yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas. Teknik pengumpulan data yaitu dengan membaca, menelaah, dan memahami bahan-bahan yang sudah dikumpulkan berkaitan dengan ayat-ayat Al-Quran tentang lingkungan dan energi terbarukan biogas. Dari hasil pengumpulan data juga disajikan perkembangan biogas dinegara-negara Islam diantaranya di Iran, Kairo, Bangladesh, Turki dll.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Biogas

Potensi biogas dunia sangat besar, terutama sebagai sumber energi terbarukan yang dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil serta mengurangi emisi gas rumah kaca. Biogas dapat dihasilkan dari berbagai jenis bahan organik seperti limbah pertanian, kotoran ternak, limbah makanan, dan limbah domestik lainnya. Sumber daya ini ada hampir di setiap negara di dunia, yang berarti bahwa potensi biogas tersedia secara global. Beberapa sumber utama biogas meliputi: Limbah pertanian (sisa tanaman, jerami, dedaunan), Kotoran ternak (sapi, ayam, babi), Limbah industri pangan (pengolahan makanan dan minuman), Sampah organik dari tempat pembuangan akhir (TPA). Produksi biogas tidak hanya menyediakan sumber energi terbarukan, tetapi juga membantu mengurangi emisi gas rumah kaca. Limbah organik yang terurai secara alami di TPA atau kotoran ternak yang tidak dikelola dengan baik dapat melepaskan metana (CH_4), salah satu gas rumah kaca yang memiliki efek lebih kuat daripada karbon dioksida. Dengan mengubah limbah organik ini menjadi biogas dan kemudian mengkonversinya menjadi CO_2 dan H_2O melalui pembakaran (penggunaan sebagai bahan bakar), emisi metana dapat dikendalikan sehingga memberikan manfaat lingkungan yang signifikan.

Negara-negara seperti Jerman, Denmark, dan Swedia memimpin dunia dalam produksi biogas. Jerman, misalnya, memiliki lebih dari 9.000 pabrik biogas yang mampu menghasilkan energi listrik dan panas. Di Asia seperti India dan Cina memiliki potensi besar untuk pengembangan biogas. Kedua negara ini sudah lama menggunakan biogas untuk rumah tangga di pedesaan, dengan jutaan digester biogas kecil yang digunakan di tingkat rumah tangga. Di Benua Afrika seperti Kenya, Uganda, dan Tanzania juga mulai mengadopsi teknologi biogas untuk memenuhi kebutuhan energi pedesaan serta mengatasi masalah sanitasi. Di negara Amerika Latin salah satunya Brasil, sebagai salah satu produsen terbesar hasil pertanian, memiliki potensi besar dalam memanfaatkan limbah pertanian untuk produksi biogas. Potensi biogas dapat digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk untuk pembangkit listrik. Biogas dapat dibakar di mesin pembangkit listrik seperti gen-set untuk menghasilkan listrik. Biogas juga sebagai bahan bakar transportasi dimana setelah proses pemurnian, biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar transportasi (bio-CNG) untuk menggantikan bahan bakar fosil. Biogas juga sebagai panas industri: gas ini bisa digunakan untuk memanaskan air atau untuk keperluan pemanas di sektor industri. Dan yang lebih umum digunakan adalah pemanfaatan biogas sebagai bah-

an bakar untuk memasak. Potensi ekonomi biogas sangat besar, terutama di negara berkembang yang memiliki banyak limbah organik tetapi menghadapi masalah dalam pengelolaan limbah dan penyediaan energi bersih. Investasi dalam teknologi biogas dapat menciptakan lapangan kerja, menyediakan sumber energi terjangkau, serta mengurangi biaya impor bahan bakar. Menurut beberapa laporan, biogas memiliki potensi untuk menyediakan hingga 20% dari kebutuhan energi global pada masa depan jika dioptimalkan sepenuhnya (Kabeyi & Olanrewaju, 2022).

Saat ini, biogas menyumbang sebagian kecil dari energi terbarukan global, tetapi perkembangan teknologi, kebijakan yang mendukung, dan investasi akan terus memperluas potensi ini. Secara keseluruhan, biogas adalah salah satu solusi energi terbarukan yang dapat diandalkan, yang tidak hanya membantu mengatasi masalah limbah organik tetapi juga menawarkan solusi terhadap tantangan energi dan lingkungan global.

Pembangkit Listrik Tenaga Biogas dan Teknologinya

Pembangkit listrik biogas memanfaatkan panas hasil pembakaran biogas untuk membangkitkan listrik. Pembangkitan listrik bisa menggunakan bermacam-macam peralatan seperti generator-set berbahan bakar solar (compressed ignition generator-set) dan bensin (spark-ignition generator set). Pemanfaatan gen-set solar untuk bahan bakar biogas tidak bisa menggunakan bahan bakar biogas 100% karena perbedaan titik nyala solar dan biogas. Umumnya bahan bakar yang digunakan adalah campuran solar dan biogas (dual fuel) untuk menjaga gen set tetap menyala. Pada penggunaan gen-set bensin, biogas dapat menggantikan bensin 100%. Hal ini karena penyalaan menggunakan busi yang tidak tergantung pada titik nyala bahan bakar yang digunakan. Modifikasi peralatan yang diperlukan juga menjadi lebih mudah. Genset bensin hanya memerlukan modifikasi katub untuk bahan bakar gas sehingga dapat digunakan untuk bahan bakar biogas. Bahkan, telah terdapat genset bensin yang menyertakan katub gas di peralatannya sehingga dapat digunakan untuk bahan bakar biogas tanpa modifikasi. Gambar 1 menyajikan skema peralatan pembangkitan listrik menggunakan biogas.

Sebelum digunakan sebagai bahan bakar pada gen-set, biogas dikondisikan tekanannya dulu pada unit pengkondisi gas. Pada unit ini terdapat beberapa tangki untuk mengkondisikan biogas pada tekanan yang berbeda-beda, sehingga biogas dapat disimpan dalam jumlah yang cukup banyak dan diatur tekanannya sehingga biogas yang masuk ke gen-set sudah memiliki tekanan sesuai spesifikasi yang diinginkan

oleh gen-set. Dengan demikian, listrik yang dihasilkan diharapkan cukup stabil. Dari unit pengkondisi tekanan, biogas kemudian digunakan sebagai bahan bakar untuk gen-set, menggerakkan generator dan menghasilkan daya listrik. Laju konsumsi biogas oleh gen-set diukur menggunakan flowmeter biogas. Efisiensi genset bensin dengan modifikasi katub gas dapat mencapai di atas 40% (Wresta et al., 2017).

Pembangkit Listrik Biogas dan Ajaran Islam

Dalam banyak penelitian, alternatif biogas sebagai bahan bakar sudah banyak dimanfaatkan. Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar alternatif telah membuka peluang baru solusi kelangkaan energi. Namun, penggunaan biogas secara massal, masih menemukan kendala. Salah satunya, perspektif masyarakat bahwa biogas adalah najis. Biogas sebagai bahan bakar adalah metana (CH_4). Proses perubahan materi tinja menjadi cuka merupakan proses takhallul bi nafsih yang mengubah materi najis menjadi materi suci. Karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen (H_2) merupakan materi yang suci. Metana dihasilkan melalui asam asetat (cuka), Karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen (H_2) semuannya suci. Metana (CH_4) yang dihasilkan dari tinja manusia adalah suci dan digester biogas tinja manusia perlu memiliki instalasi pemurnian untuk memisahkan metana dari gas-gas lainnya dengan cara menambahkan satu wahana berupa instalasi penyerapan gas dengan air bervolume lebih dari dua qullah atau air mengalir atau memancar. Instalasi ini selain menghasilkan metana murni dari kontaminasi gas lain, juga menjamin kesucian metana yang dihasilkan (Khoiriyah & Khatib, 2012). Pandangan Islam dalam memanfaatkan kotoran sapi menjadi biogas adalah sah, itupun hanya sebatas secukupnya saja. Salah satu sumber referensi yang memungkinkan terdapat di QS; Al-A'raf ayat: 157. Pemanfaatan biogas dapat dioptimalkan karena saat ini potensi biogas terutama limbah ternak yang begitu besar (Sugiono et al., 2023). Oleh karena itu dalam penyediaan pasokan gas perlu dilakukan pengembangan energi terbarukan serta adanya bantuan permodalan dan peningkatan sarana dan prasarana pendukung agar lebih sistematis dan kompleks. Perlunya juga sosialisasi dari berbagai pihak untuk menggunakan biogas. Sebagai pengganti tabung gas yang semakin langka dan mahal (Sugiono et al., 2023). Dalam Islam, ada beberapa ayat Al-Qur'an yang berkaitan dengan pentingnya menjaga lingkungan dan mendukung konsep yang dapat diterapkan dalam pengembangan biogas dan energi terbarukan. Meskipun Al-Qur'an tidak secara spesifik menyebutkan biogas, ajaran-ajaran mengenai keseimbangan, pemanfaatan sumber daya alam secara bijaksana, dan tanggung jawab manu-

sia atas bumi sangat relevan dengan konsep energi berkelanjutan. Berikut beberapa ayat yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan dan pengembangan energi terbarukan seperti biogas (Faizin, 2023).

Islam sangat mendorong manusia untuk memelihara bumi dan menggunakan sumber daya alam dengan bijaksana. Konsep energi terbarukan, seperti biogas, sangat relevan dengan ajaran-ajaran Al-Qur'an yang mengajarkan tentang tanggung jawab manusia dalam menjaga keseimbangan alam, tidak merusak bumi, dan memanfaatkan nikmat Allah secara bijak.

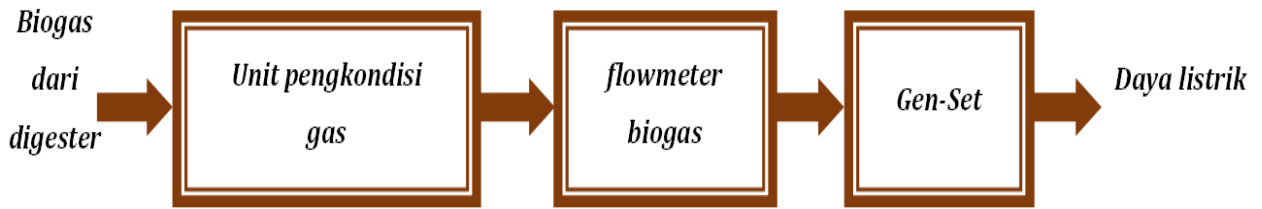
Pengembangan Pembangkit Tenaga Biogas di Negara-Negara Muslim

Pembangkit tenaga biogas telah berkembang di negara-negara muslim di dunia, berikut ini merupakan ringkasan perkembangan pembangkit tenaga biogas di berbagai negara muslim.

Indonesia

Potensi pemanfaatan biogas di Indonesia sangat besar, mencapai 32 gigawatt (GW). Tapi kapasitas pembangkit listrik bioenergi yang terbangun baru 1.896,5 megawatt (MW) (Setiawan, V., N., 2020). Untuk potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan dari sumber energi biogas berbahan baku kotoran sapi di Indonesia adalah sebesar 27.208,68 GWh per tahun. Nilai ini mencapai 14,83% produksi listrik total PLN pada tahun 2011 sebesar 183.420,93 GWh. Potensi terbesar diperkirakan dapat dihasilkan dari Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Timur, dan Lampung (Wresta & Sudibyo, 2013). Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pengembangan biogas di Indonesia merupakan tantangan sekaligus peluang bagi Indonesia.

Ada beberapa aspek yang masih perlu ditinjau ulang seperti, akses pendanaan, pemanfaatan langsung, teknologi, koordinasi, pengembangan berkelanjutan, tata kelola, investasi dan kebijakan. Kementerian ESDM mencatat biogas rumah tangga yang sudah terpasang mencapai 47.505 unit di seluruh wilayah Indonesia dengan menghasilkan biogas sebanyak 75.044,2 m³/hari atau sekitar 26,72 juta m³/tahun. Meskipun demikian pemanfaatan biogas belum maksimal dan masih banyak hal yang perlu dibenahi, namun Kementerian ESDM akan terus mengejar target Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) mencapai 5.5 GW pada tahun 2025 (Humas EBTK, 2020) (Benergi.com, 2020). Dengan potensi yang besar dan dukungan yang terus meningkat, biogas bisa menjadi solusi yang lebih diandalkan untuk masa depan energi terbarukan di Indonesia.



Gambar 1: Skema pembangkitan listrik menggunakan biogas

No	Surat	Ayat	Keterangan
1	Al-A'raf	56	Larangan merusak lingkungan
2	Al-Baqarah	30	Manusia ikut berperan dalam memelihara alam dan dilarang merusak Pemanfaatan sumber daya alam dan mengembangkan teknologi, ramah lingkungan bagian nikmat Allah secara bertanggung jawab
3	Al Baqarah	164	
4	Al Maidah	32	
5	Albaqarah	205	Tidak boleh merusak bumi dan menggunakan sumberdaya alam melampaui batas Allah SWT tidak menyukai perusak tanaman dan ternak
6	Al Isra	70	Allah SWT memberikan rejeki yang baik
7	Shad	27	Langit bumi dan isinya diciptakan tidak ada yang sia-sia
8	Shad	28	Larangan berbuat kerusakan di bumi
9	Rum	41	Akibat merusak alam
10	Al Araf	58	Tanda tanda kebesarNya pada tanaman dan tanah
11	Al Qashas	77	Menggunakan sumber daya secara efisien dan mencegah perusakan lingkungan

Turki

Pemerintah Turki telah menempatkan energi terbarukan sebagai prioritas dalam kebijakan energinya. Strategi Energi Nasional Turki dan Rencana Aksi Energi Terbarukan menetapkan target untuk meningkatkan kontribusi yaitu energi terbarukan, termasuk biogas, sebagai bagian dari transisi energi negara tersebut. Regulasi Feed-in-Tariff (FiT) tersebut telah diterapkan pada energi terbarukan juga mencakup insentif untuk pembangkit listrik berbasis biogas. Melalui kebijakan ini, pemerintah Turki memberikan harga subsidi bagi produsen energi terbarukan, termasuk energi dari biogas, yang mendorong investasi dalam sektor ini (Akyüz et al., 2019). Negara Turki telah membangun sejumlah pembangkit biogas dalam berbagai skala, baik untuk rumah tangga, pertanian, maupun industri. Banyak pembangkit biogas di Turki didirikan di peternakan besar, terutama di wilayah barat dan tengah negara ini. Proyek-proyek ini menggunakan limbah dari peternakan sapi dan unggas untuk memproduksi biogas, yang kemudian digunakan untuk kebutuhan energi di peternakan itu sendiri atau dijual ke jaringan listrik. Di daerah perkotaan, seperti Istanbul, Ankara, dan Izmir, beberapa proyek biogas telah dibangun untuk memanfaatkan limbah organik dari pengelolaan

sampah kota. Proyek ini memproses limbah makanan dan limbah rumah tangga organik untuk menghasilkan listrik dan panas (Avcioğlu & Türker, 2012).

Biogas power plant di Turki, terdapat 82 pabrik biogas yang bersumber dari hewan, pertanian, limbah minyak. Kapasitas terpasang pabrik-pabrik ini adalah 378MW. Untuk tahun 2017, total daya biomassa adalah 634 MW dan pembangkitan daya adalah 2.796,6 GWh. Target biomassa Turki untuk tahun 2023 diproyeksikan menjadi 1000MW.

Pakistan

Pakistan merupakan negara agraris dengan sektor peternakan dan pertanian yang besar, yang menghasilkan limbah organik dalam jumlah besar setiap hari. Limbah ini, terutama kotoran ternak, merupakan bahan baku yang ideal untuk produksi biogas. Pakistan Domestic Biogas Programme (PDBP) diluncurkan pada 2009 dengan dukungan dari SNV (Netherlands Development Organisation) dan Rural Support Programmes Network (RSPN). Program ini bertujuan untuk membangun unit biogas skala rumah tangga yang menggunakan kotoran hewan sebagai sumber utama untuk memproduksi gas yang digunakan un-

tuk memasak dan penerangan. Hingga kini, ribuan instalasi biogas kecil telah dibangun di seluruh Pakistan, terutama di daerah pedesaan di Punjab, Sindh, dan Khyber Pakhtunkhwa. Unit-unit biogas ini membantu mengurangi ketergantungan masyarakat pada bahan bakar tradisional, sekaligus mengurangi emisi gas rumah kaca. biogas diproyeksikan akan memainkan peran yang semakin penting dalam sektor energi Pakistan di masa depan. Pemerintah Pakistan terus mengupayakan kebijakan yang mendukung pengembangan energi bersih dan terbarukan, serta memperluas infrastruktur biogas untuk skala rumah tangga dan industri. Salah satu implementasi biogas di Pakistan yaitu jaringan mikro surya-biogas off-grid untuk masyarakat pedesaan di distrik Lakki Marwat di Khyber Pakhtunkhwa (Nawab et al., 2022).

Bangladesh

Biogas di Bangladesh dimulai pada tahun 1970-an dengan proyek-proyek percontohan skala kecil. Teknologi biogas di Bangladesh terus berkembang, terutama untuk memenuhi kebutuhan energi di daerah pedesaan yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik. Tahun 2000-an, pemerintah Bangladesh bersama dengan lembaga donor internasional seperti SNV (Netherlands Development Organisation) dan World Bank meluncurkan National Domestic Biogas and Manure Programme (NDBMP). Program ini bertujuan untuk memperluas akses ke energi bersih di pedesaan melalui pembangunan instalasi biogas rumah tangga. Saat ini 100.000 unit lebih biogas skala kecil telah dibangun di Bangladesh, terutama digunakan untuk memasak dan penerangan (Das & Hoque, 2014).

Infrastructure Development Company Limited (IDCOL) sebuah lembaga pembiayaan energi terbarukan yang didukung oleh pemerintah, mendanai dan mempromosikan proyek-proyek biogas di Bangladesh. GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), USAID, dan SNV juga berkolaborasi dengan Bangladesh untuk memperluas infrastruktur biogas, meningkatkan keterampilan teknis, dan mendukung penyebaran teknologi biogas di tingkat masyarakat. Bangladesh menjadi salah satu contoh sukses dalam penerapan teknologi biogas di Asia Selatan, berkat dukungan pemerintah dan kemitraan internasional yang kuat. Salah satu implementasi biogas di Bangladesh yaitu memanfaatkan potensi biogas dari limbah kota dan residu pertanian di daerah Hazaribagh (Hasan & Ammenberg, 2019).

Oman

Oman masih berada dalam tahap awal pengembangan biogas, dan informasi terkait pembangkit biogas skala besar yang telah dibangun di negara ini cukup

terbatas. Beberapa inisiatif yang telah berjalan di Oman lebih banyak berfokus pada proyek percontohan (pilot project) atau skala kecil untuk memanfaatkan limbah organik dan ternak. Vision 2040, pemerintah Oman memprioritaskan transisi ke energi bersih, termasuk biogas, dalam rangka mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Oman saat ini lebih dikenal dengan proyek energi terbarukan berbasis tenaga surya dan angin, namun biogas berpotensi tumbuh sebagai salah satu sumber energi alternatif di masa depan. Di Oman total listrik sebesar 2651,81 GWh/tahun dapat diproduksi dari kotoran hewan dan air limbah, yang setara dengan 10% dari total konsumsi listrik (Umar, 2017).

Maroko

Maroko telah berkomitmen untuk mengembangkan sektor energi terbarukan dalam rangka mencapai target 52% energi bersih pada tahun 2030, dengan sebagian dari energi ini berasal dari sumber seperti tenaga surya, angin, dan biogas. Beberapa proyek biogas berskala kecil dan menengah telah didirikan, terutama di daerah pedesaan. Biogas ini umumnya dihasilkan dari limbah pertanian, peternakan, dan limbah organik rumah tangga (Allouhi et al., 2021), (El Hafdaoui et al., 2024). Proyek-proyek ini membantu mendukung ketahanan energi di daerah terpencil yang belum terhubung ke jaringan listrik nasional. Pemerintah Maroko, melalui Moroccan Agency for Sustainable Energy (MASEN), telah memberikan dukungan terhadap inisiatif energi terbarukan, termasuk biogas. Negara Maroko juga mengembangkan sistem pembangkitan biomassa fotovoltaik hibrida terdistribusi untuk merancang perumahan pedesaan mandiri (Allauhi dkk, 2021).

Iran

Biogas di Iran awalnya digunakan di pemandian umum di Esfahan oleh Sheikh Bahai (1530-1622). Saat ini, ada lima provinsi di Iran yang menggunakan biogas untuk menghasilkan panas atau listrik. Sistem produksi biogas pertama di Iran menggunakan kotoran sapi. Pengembangan biogas di Iran telah dimulai sejak pertengahan tahun 1970-an. Saat ini sekitar 70 proyek biogas pedesaan masih aktif. Pengembangan biogas di Iran meliputi empat proyek ekstraksi gas TPA kota, dua proyek pembangkit listrik dan beberapa pabrik pengolahan anaerobik di pabrik pengolahan makanan industri. Perbedaan yang cukup besar antara penggunaan biaya biogas dan biaya energi fosil di Iran menjadi penghalang utama pengembangan biogas (Maghanaki et al., 2013).

Iran memiliki potensi besar dalam hal energi terbarukan, termasuk biogas, yang dapat dihasilkan dari

limbah pertanian, industri, dan limbah organik domestik. Iran menghadapi tantangan infrastruktur dan investasi, proyek-proyek biogas masih relatif sedikit dibandingkan dengan potensi yang ada. Ada upaya untuk meningkatkan pengetahuan dan penerapan teknologi biogas, baik melalui proyek percontohan maupun kolaborasi internasional.

dan janganlah kamu melupakan bahagiamu dari kenikmatan duniawi dan berbuat baiklah kepada orang lain sebagaimana Allah telah berbuat baik kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di muka bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang berbuat kerusakan.” (Q.S. Al-Qashash: 77). Islam sangat mendorong umatnya untuk menjaga keseimbangan alam, menghindari pemborosan, dan memanfaatkan sumber daya alam secara bijak. Pengembangan biogas sebagai sumber energi terbarukan sangat sejalan dengan prinsip-prinsip ini. Biogas dihasilkan dari proses penguraian limbah organik seperti kotoran hewan dan sisa tanaman melalui teknologi biodigester. Ini membantu mengurangi limbah yang mencemari lingkungan, sekaligus menghasilkan energi yang bersih dan terbarukan. Dengan biogas, masyarakat dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang tidak ramah lingkungan. Salah satu manfaat besar biogas adalah mengurangi emisi metana, gas rumah kaca yang berbahaya, yang dilepaskan dari limbah organik jika tidak diolah. Ini sangat relevan dalam upaya memerangi perubahan iklim. Islam mengajarkan bahwa manusia adalah khalifah (pengelola) di bumi, yang bertugas menjaga dan melestarikan alam. QS. Al-Baqarah (2:30) menyebutkan tanggung jawab manusia untuk mengelola bumi dengan baik. Pembangunan biogas sejalan dengan peran ini, karena mendukung penggunaan sumber daya secara bertanggung jawab dan berkelanjutan. QS. Al-Qashash (28:77) menekankan pentingnya tidak melakukan kerusakan di bumi.

Biogas dan Keberlanjutan Lingkungan

Lingkungan menurut Islam mencakup semua usaha kegiatan manusia dalam sudut ruang dan waktu. Lingkungan ruang, mencakup bumi, air, hewan dan tumbuh-tumbuhan serta semua yang ada di atas dan di dalam perut bumi, yang semuanya diciptakan Allah untuk kepentingan umat manusia untuk menunjang kelangsungan hidupnya. Lingkungan alam di bumi ini sebagai tempat manusia untuk melangsungkan kehidupan dengan baik. Sebagai khalifah, manusia diberi tanggung jawab pengelolaan alam semesta untuk kesejahteraan umat manusia. Bumi beserta dan alam semesta merupakan ciptaan Allah untuk digunakan manusia. Pengelolaan sumber daya yang ada di bumi ini tentunya musti berdasarkan aturan aturan yang telah Allah berikan petunjuk. Manusia sebagai khalifah musti berinteraksi dengan sesamanya dan terhadap alam. Kekhalifahan diartikan juga sebagai pemeliharaan, perlindungan atau pengayoman. Seperti dalam firman Allah yang berbunyi “Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu



Gambar 2: Biogas di Istanbul, Turki



Gambar 3: Biogas di Isfahan, Iran

KESIMPULAN

Pengembangan teknologi biogas membantu mengurangi pencemaran dan menjaga keseimbangan ekosistem dengan mengelola limbah organik secara efisien. Alquran juga mengajarkan umat Islam untuk tidak berlebihan dan boros dalam penggunaan sumber daya. Biogas sebagai alternatif energi terbarukan yang murah dan efisien membantu mengurangi pemborosan energi yang terjadi akibat penggunaan bahan bakar fosil. Pengembangan pembangkit tenaga biogas ini bukan hanya bermanfaat untuk lingkungan, tetapi juga selaras dengan ajaran kebersihan dalam Islam. Islam menyebutkan pentingnya menjaga keseimbangan alam. Biogas, sebagai bagian dari energi terbarukan, mendukung upaya menjaga keseimbangan ekosistem dengan mengurangi polusi dan meman-

faatkan sumber daya alam yang terbarukan. Pengembangan biogas tidak hanya relevan secara ilmiah dan teknis, tetapi juga mendukung prinsip-prinsip Islam mengenai tanggung jawab terhadap lingkungan. Pengembangan biogas telah meluas diberbagai negara mayoritas warganya muslim seperti di Indonesia, Iran, Bangladesh, Pakistan, Turki dsb. Perkembangan biogas diberbagai negara muslim tersebut menunjukkan biogas menjadi peran penting untuk menghasilkan energi yang dapat bermanfaat untuk kehidupan bernegara serta sesuai dengan ajaran ajaran Islam yang berkelanjutan. Dengan memanfaatkan sumber daya alam secara bijaksana dan mengurangi pencemaran, teknologi biogas merupakan wujud nyata dari ajaran Islam tentang menjaga bumi sebagai amanah dari Allah.

Pustaka

- Akyüz, A. Ö., Kumaş, K., Temiz, D., & Güngör, A. (2019). Biomass to energy: the potential of biogas in Turkey and World. *Mesleki Bilimler Dergisi (MBD)*, 8(2):70–77.
- Allouhi, A., Rehman, S., & Krarti, M. (2021). Role of energy efficiency measures and hybrid PV/biomass power generation in designing 100% electric rural houses: A case study in Morocco. *Energy and Buildings*, 236:110770, DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.1107.
- Avcioglu, A. O. & Türker, U. (2012). Status and potential of biogas energy from animal wastes in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3):1557–1561, DOI: 10.1016/j.rser.2011.11.006.
- Benergi.com (2020). <https://environment-indonesia.com/articles/energi-biogas-alternatif-ramah-lingkungan/>.
- Das, B. K. & Hoque, S. N. (2014). Assessment of the Potential of Biomass Gasification for Electricity Generation in Bangladesh. *Journal of Renewable Energy*, 2014:1–10, <https://doi.org/10.1155/2014/429518>.
- El Hafdaoui, H., Khallaayoun, A., & Ouazzani, K. (2024). Long-term low carbon strategy of Morocco: A review of future scenarios and energy measures. *Results in Engineering*, page 101724, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101724>.
- Faizin, M. (2023). 9 Ayat Alquran tentang menjaga lingkungan. <https://nu.or.id/ilmu-al-quran/9-ayat-al-qur-an-tentang-menjaga-lingkungan-x4Acv>.
- Guo, J., Qin, C., & Schmitz, G. (2010). Numerical Investigation on the Performance of Spark Ignition Engine Used for Electricity Production Fuelled by Natural Gas/Liquefied Petroleum Gas-Biogas Blends with Modelica. In *in Proceeding of 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET) 2010 Vol , 16-18 April 2010*, pages 682–687.
- Hasan, A. S. M. M. & Ammenberg, J. (2019). Biogas potential from municipal and agricultural residual biomass for power generation in Hazaribagh, Bangladesh – A strategy to improve the energy system. *Renewable Energy Focus*, 29:14–23, DOI: 10.1016/j.ref.2019.02.001.
- Humas EBTKE (2020). <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/07/06/2579/strategi-pengembangan-biogas-kejar-target-bauran.energi>.
- Jawurek, H. H., Lane, N. W., & Rallis, C. J. (1987). Biogas/petrol dual fuelling of SI engine for rural third world use. *Biomass*, 12:87–103.
- Kabeyi, M. J. B. & Olanrewaju, O. A. (2022). Biogas Production and Applications in the Sustainable Energy Transition. *Journal of Energy*, 2022(1):1–43, <https://doi.org/10.1155/2022/8750221>.
- Khoiriyah, U. & Khatib, W. (2012). Biogas Tinja Manusia Dalam Perspektif Fiqih-Kimia. *Islamica: Jurnal Studi Keislaman*, 6(2):389–402, <https://islamica.uinsa.ac.id/index.php/islamica/article/view/155>.
- Maghanaki, M. M., Ghobadian, B., Najafi, G., & Galogah, R. J. (2013). Potential of biogas production in Iran. *Renewable and sustainable energy reviews*, 28:702–714, DOI: 10.1016/j.rser.2013.08.021.

- Nawab, F., Abd Hamid, A. S., Arif, M., Khan, T. A., Naveed, A., Sadiq, M., Imad Ud din, S., & Ibrahim, A. (2022). Solar–Biogas Microgrid: A Strategy for the Sustainable Development of Rural Communities in Pakistan. *Sustainability*, 14:11124, <https://doi.org/10.3390/su141811124>.
- Setiawan, V., N. (2020). Potensinya Besar, Pemanfaatan Biogas di Indonesia Masih Minim. <https://katadata.co.id/ekonomi-hijau/energi-baru/5fa14500b8d63/potensinya-besar-pemanfaatan-biogas-di-indonesia-masih-minim>.
- Sitthikhankaew, R., Predapitakkun, S., Kiattikomol, R., Pumhira, S., Assabumrungrat, S., & N.Laosiripojana (2011). Performance of commercial and modified activated carbons for hydrogen sulfide removal from simulated biogas. In *2011 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CET), 2011, 27-29 June 2011*, pages 135–139.
- Sugiono, S., Wargo, W., & Marwendi, R. O. (2023). Pemanfaatan Limbah Ternak Sapi Sebagai Biogas Renewable Energy. *Zabags International Journal Of Engagement*, 1(1):1–7, <https://doi.org/10.61233/zijen.v1i1.1>.
- Tanto, D. & Budhijanto, W. (2018). *Menembus pagar baja: dimensi sosial dalam proses difusi teknologi biogas*. UGM PRESS.
- Tien, S. T. M., Mai, P. X., Hung, N. D., & Cong, H. T. (2010). A Study on Power Generation System Using Biogas Generated from the Waste of Pig Farm. In *International Forum on Strategic Technology (IFOST) 2010, 1-15 Oct 2010*, pages 203–207.
- Umar, T. (2017). Towards a sustainable energy: the potential of biomass for electricity generation in Oman. In *Proceedings of the institution of civil engineers-engineering Sustainability*, volume 171, pages 1–5. DOI: 10.1680/jensu.17.00001.
- Wresta, A., Saepudin, A., Santosa, A., Sudibyo, H., Andriani, D., & Kusnadi, K. (2017). Efficiency Analysis of Spark Ignition Giogas Genset for Electricity Power Generation. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, 9(1-5):67–70.
- Wresta, A. & Sudibyo, H. (2013). Potensi Energi Listrik Yang Dapat Dihasilkan Dari Digester Biogas Berbahan Baku Kotoran Sapi Di Berbagai Daerah Di Indonesia. In *Seminar Nasional Rekayasa Energi, Mekatronik, dan Teknologi Kendaraan*.

THIS PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK