

Perancangan Tabung Biogas Sebagai Upaya Distribusi Untuk Skala Rumah Tangga Menggunakan QFD

Asri Amalia Muti¹, Mustika Ratnawati Faizzah², Putri³, Tri Novita Sari⁴, Nofan Hadi Ahmad⁵

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Trunojoyo Madura University, Indonesia

⁴ Program Studi Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia

⁵ Program Studi Manajemen Logistik Industri Agro, Politeknik ATI Padang, Indonesia

Article Info

Article history:

Received May 16, 2025

Accepted June 14, 2025

Published July 1, 2025

Keywords:

Biogas

Tabung

QFD

ABSTRACT

Penggunaan biogas sebagai sumber energi alternatif di Indonesia memiliki potensi besar dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan memanfaatkan limbah organik. Namun, penggunaan energi biogas sebagai energi alternatif memiliki banyak kendala terutama dalam aspek instalasi dan pendistribusian. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penerimaan masyarakat terhadap desain tabung bejana tekan untuk pengemasan biogas skala rumah tangga serta memastikan kesesuaiannya, terutama pada bagian keamanan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Quality Function Deployment (QFD), yang diterapkan untuk menerjemahkan kebutuhan dan preferensi masyarakat menjadi spesifikasi teknis tabung yang diinginkan. Data primer dikumpulkan melalui survei dan wawancara kepada pengguna potensial, sementara analisis QFD digunakan untuk menyusun matriks House of Quality (HoQ) sebagai dasar dalam pengembangan desain yang sesuai. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai preferensi masyarakat terkait aspek desain tabung, seperti ukuran, keamanan, dan harga, serta menentukan spesifikasi teknis yang memenuhi standar keselamatan dan kenyamanan. Desain yang diusulkan diharapkan dapat menjadi solusi untuk meningkatkan aksesibilitas penggunaan biogas di tingkat rumah tangga dan mendukung upaya pemerintah dalam pengembangan energi terbarukan.



Corresponding Author:

Asri Amalia Muti,

Program Studi Teknik Industri,

Trunojoyo Madura University,

Raya Telang, Perumahan Telang Inda, Telang, Kec. Kamal, Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur 69162, Indonesia.

Email: * asri.amaliamuti@trunojoyo.ac.id

1. PENDAHULUAN

Biogas adalah energi yang dihasilkan melalui proses *anaerob* atau *anaerobic digestion* (AD) dari limbah biomassa menggunakan Teknologi Tepat Guna (TTG) [1]. Kandungan biogas bervariasi tergantung pada jenis biomassa dan proses pengolahannya, dengan komposisi utama rata-rata 50-70% metana, 25-50% karbon dioksida, 0-3% hidrogen sulfida, dan sisanya terdiri dari senyawa gas lainnya [2]. Proses anaerobik merupakan proses pencernaan atau degradasi bahan organik tanpa kehadiran oksigen bebas [3], [4]. Pemanfaatan sampah sebagai sumber biogas memiliki banyak manfaat, seperti bahan bakar pengganti LPG, solusi terhadap permasalahan sampah, sumber energi listrik, hingga bahan bakar kendaraan [5]. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, sampah menjadi permasalahan nasional yang mencakup berbagai dampak seperti kesehatan, banjir, dan bencana [6]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang komprehensif dan terpadu dalam penanganannya. Penanganan ini perlu disertai dengan pengolahan sampah menjadi bentuk yang lebih bermanfaat sebelum dikembalikan ke lingkungan [7]. Pasal 20 Ayat (2) undang-

undang tersebut, dijelaskan bahwa pemerintah dan pemerintah daerah memiliki kewajiban untuk memfasilitasi penerapan teknologi ramah lingkungan [6]. Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk, kebutuhan energi terus meningkat, menyebabkan krisis energi di Indonesia [8]. Pencarian solusi mengatasi hal ini, dibutuhkan energi alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah menetapkan target penggunaan energi alternatif sebesar 23% pada tahun 2025. Hal tersebut mengindikasikan bahwa masih belum optimalnya pemanfaatan penggunaan energi biomassa untuk seluruh lapisan masyarakat khususnya masyarakat Indonesia. Dikutip dari Kumparan.com terdapat beberapa hambatan dalam perkembangan energi terbarukan berdasarkan paradigma masyarakat yakni ketergantungan pada sumber energi konvensional, kondisi keuangan dan investasi, infrastruktur dan kesiapan teknis, serta regulasi dan kebijakan yang tidak konsisten [9]. Dalam hal infrastruktur dan kesiapan teknis dalam proses produksi biogas sudah banyak penelitian yang telah dilakukan seperti penelitian oleh Kasinath, A dkk yang membahas terkait singkronisasi metodologi yang diperlukan untuk memahami kelebihan dan kekurangan pemanfaatan metode yang dipilih dalam produksi biogas [10]. Kemudian penelitian dari Mishra, A dkk juga membahas terkait eksplorasi secara kritis pada teknologi peningkatan biogas serta kelebihan dan kekurangannya [11]. Selain itu Devi, K dkk tinjauannya berfokus pada pra-pengolahan, penggunaan limbah, metode produksi dan penerapannya selain merangkum kemajuan terkini dalam produksi biogas [12]. Sedangkan Zhao dkk membahas terkait kombinasi antara HPAD dan teknologi penambahan H₂ yang sangat menonjol karena teknologi penambahan H₂ mampu meningkatkan hambatan gas-ke-cair yang rendah yang dihadapi oleh teknologi penambahan H₂ pada produksi biogas [13], dan masih banyak lagi. Namun penelitian terkait infrastruktur dan kesiapan teknis dalam mendukung proses pendistribusian baik dari segi proses maupun metode dari produk biogas masih jarang dilakukan. Penelitian terkait infrastruktur dan kesiapan teknis dalam mendukung proses pendistribusian masih sangat minim. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Fauziah dimana dengan menambahkan 2 kg arang aktif ke dalam tabung biogas berkapasitas 19 L penyimpanan, massa biogas, volume ekuivalen biogas dan kalor pembakaran dapat meningkat sebesar 40,8%, sedangkan peningkatan pada nilai kalor pemanasan air sebesar 94,8% dan nilai efisiensi biogas saat memanaskan air dapat meningkat sebesar 39% [14]. Kemudian Song, S dkk melakukan penelitian terhadap kapasitas device pada tabung pengumpul biogas yang mana pada bagian head device perlu dilakukan pertimbangan komposisi biogas [15]. Penelitian oleh Imamovich, B dkk melakukan penelitian terkait pengoprasian pada internal combustion engines of gas-cylinder pada mobil dengan bahan bakar biogas dengan hasil bahwa diperoleh aspek positif dan negatif bahan bakar gas berpengaruh terhadap parameter teknis dan ekonomisnya operasi dibandingkan dengan bahan bakar asal minyak dipertimbangkan [16]. Penelitian Oleh Fadli, D dkk terkait metode penyimpanan pengompresan dan pendinginan pada tabung, yang mana banyaknya massa yang disimpan pada suhu 10°C sebanyak 36 gram komposisi tersebut ternyata efektif untuk meningkatkan kepadatan biogas [17]. Selain itu penelitian oleh Abdurrakhman, A dan Tiyas, A terkait perancangan sistem pengendalian biogas bertekanan pada Biogas Storage Tank System Hasil Purifikasi yang mana dari penelitian ini dihasilkan bahwa dari pengujian karakteristik statik sensor adalah histerisis sebesar 0,00078 % dan error sebesar 0,90 % [18].

Kementerian ESDM mencatat bahwa hingga 29 Mei 2020, telah terpasang 47.505 unit biogas rumah tangga di berbagai wilayah Indonesia, termasuk di 20 pesantren yang tersebar di 10 provinsi, serta Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) [19]. Selain itu, Program Biogas Rumah Biru melaporkan bahwa hingga 30 Juni 2022, telah terbangun 27.909 unit rumah biogas di 16 provinsi, dengan pengurangan emisi mencapai 370.000 ton CO₂ [20]. Berbagai penelitian dan implementasi biogas telah dilakukan, terutama oleh perusahaan dan lembaga tertentu. Pemanfaatan energi biogas secara luas untuk mendukung peralihan dari energi konvensional ke energi biogas masih menghadapi sejumlah tantangan. Seperti penelitian oleh Meidiana yang mengidentifikasi beberapa kendala dalam pemanfaatan biogas sebagai sumber energi alternatif, antara lain persyaratan teknis dan spesifik untuk instalasi biogas, seperti ketersediaan bahan baku, kesesuaian lahan, dan data geografis yang mendetail [21]. Selain itu, distribusi biogas hanya efektif dalam jarak 12 meter dari lokasi instalasi, sehingga untuk jarak yang lebih jauh diperlukan infrastruktur tambahan, seperti pembongkaran jalan [22].

Dari pemaparan latar belakang diatas belum ada penelitian yang membahas terkait model packaging, model distribusi atau proses pengemasannya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah penerapan teknologi anaerobik untuk menghasilkan energi alternatif berupa biogas. Penelitian ini berfokus pada perancangan tabung untuk pengemasan biogas yang dapat digunakan dalam skala rumah tangga, terutama sebagai pengganti LPG. Tujuan penelitian ini diantaranya adalah:

1. Mengidentifikasi karakteristik teknis yang sesuai untuk desain tabung biogas guna mendukung distribusi dalam skala rumah tangga.

- Menentukan karakteristik prioritas pada desain tabung biogas untuk mendukung upaya distribusi di tingkat rumah tangga.

Melalui penelitian ini implikasi terhadap desain tabung biogas sangat penting dalam berbagai hal seperti terhadap aspek teknis, keselamatan, dan keberlanjutan energi. Desain tabung yang tepat dapat mempengaruhi efisiensi, keamanan, dan fungsionalitas alat atau struktur yang menggunakan tabung [23] sebagai media pengemasan biogas, sehingga memerlukan pendekatan khusus dalam penyimpanan dan distribusinya. Adapun implikasi desain tabung pengemasan biogas terhadap penelitian ini yakni pertimbangan keselamatan dalam desain tabung dimana beberapa atribut yang di pilih berkaitan dengan komponen tabung biogas yang mempertimbangkan keselamatan seperti katup dan penutup otomatis mata tabung bertekanan. Kemudian implikasi terhadap standarisasi dan regulasi dalam desain tabung yang mana seluruh atribut yang dipilih telah menyesuaikan standar bejana tekan berdasarkan ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) for *Boiler and Pressure Vessel*. Selanjutnya implikasi terhadap keberlanjutan dan dampak lingkungan dimana atribut pemilihan material menggunakan Carbon steel SA 516 Gr 70, material ini aman dan menggunakan prinsip *Deposit Return System (DRS)* pada proses bisnisnya nanti.

2. METODE PENELITIAN

Secara umum atribut dari desain tabung pengemasan biogas yang direncanakan pada penelitian ini berdasarkan *preliminary study* seperti pada Tabel 1.

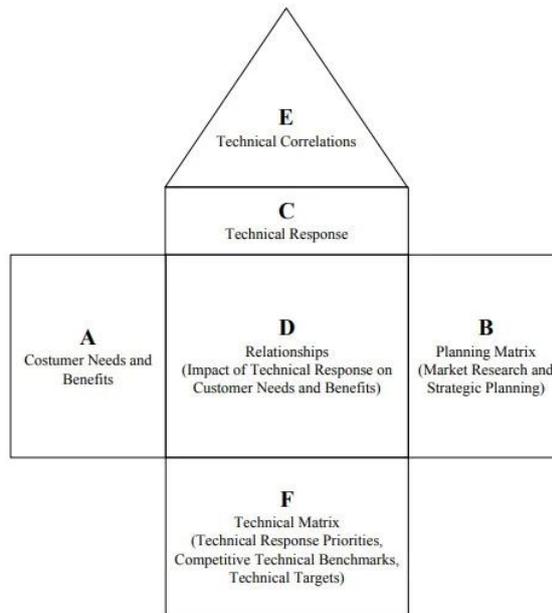
Tabel 1. Rencana desain tabung pengemasan biogas

Atribut	Spesifikasi Desain
Material	Carbon steel SA 516 Gr 70
Tegangan tarik minimum	485 MPa
Tegangan Yield minimum	260 MPa
Tegangan yang diijinkan	138 MPa (pada suhu -30 – 40 °C)
Kapasitas	20 liter
Tekanan	8 bar
<i>Biogas Density</i>	1,2 kg/m ³
D _{in}	300 mm (rencana)
L	500 mm (rencana)

Berdasarkan *preliminary study* sebelumnya guna mengidentifikasi kebutuhan konsumen pada produk pengemasan biogas ini, maka penelitian ini menggunakan metode *Quality Function Deployment (QFD)*. QFD merupakan sebuah konsep yang berfungsi untuk *identification customer needs* dengan produk atau jasa yang dikembangkan oleh pengembang perusahaan [24]. Pada tahun 1996 Dr. Yoji menggunakan metode QFD untuk membuat perkembangan produk atau jasa sesuai dengan ekspektasi konsumen untuk mencapai target yang dituangkan dalam desain [25]. Konsep ini sangat efektif untuk digunakan karena ada nilai berasal dari konsumen dalam pengerjaannya [26]. Menurut Cohen (1995), QFD terdiri dari beberapa tahapan perencanaan dan pengembangan menggunakan matriks [19], sebagai berikut:

- Matriks perencanaan produk yaitu *House of Quality (HoQ)*. Bagian tahap awal berupa HoQ berisi tentang kebutuhan *customer*, *corelationship*, *technical requirements*, *relationship*, *competitive technical* dihadapi perusahaan yang didapat dari *assessment* dan *atrgets*, *customer competitive evaluation*.
- Matriks perencanaan atau *part deployment*, matriks ini berguna untuk identifikasi faktor teknik apa saja yang kritis untuk pengembangan produk.
- Matriks perencanaan proses atau *planning*, matrik ini berisi identifikasi dari pengembangan proses pembuatan sebuah produk.
- Matriks perencanaan *manufacturing/produksi* atau *manufacturing production planning*.

House of Quality (HoQ) juga disebut rumah kualitas yang mana merupakan tahap dan secara garis besar berupa matriks yang digunakan untuk mengidentifikasi karekteristik teknis dari produk atau jasa yang dihasilkan [27]. Matriks HOQ digunakan untuk menghubungkan sisi kiri yang merupakan kebutuhan pelanggan dengan sisi atas matrik yang merupakan kebutuhan atau *technical response* [28], matriks HOQ seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Matriks HOQ (sumber: ref [18] & [19])

Populasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu masyarakat yang menggunakan energi bahan bakar masak baik LPG, minyak tanah, maupun bahan bakar lainnya serta lokasi pengambilan sampel berada di area kecamatan kamal. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*, dimana jumlah sampel ini digunakan untuk keterbatasan waktu dan kondisi serta distribusi jumlah sampel ini mendekati normal.

5. HASIL DAN ANALISIS

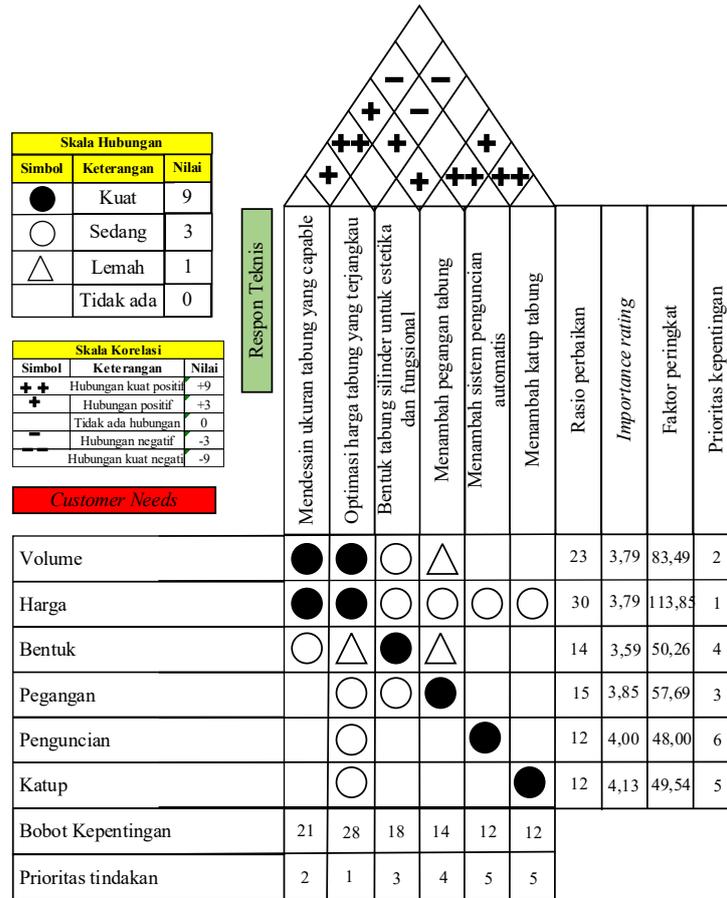
Identifikasi kebutuhan konsumen dilakukan dengan melakukan observasi untuk pembuatan kuesioner. Kuesioner disebar kepada masyarakat luas yang berjumlah 39 responden melalui kuesioner tertutup. Karakteristik responden berdasarkan usia dan pekerjaan yaitu terdiri dari dominan 74% berusia 20-30 tahun dan kebanyakan sebesar 66% sebagai ibu rumah tangga. Atribut dari kuesioner ditunjukkan pada Tabel 2 dan Respon teknis ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Desain atribut

Atribut	Indikator
Desain	Kapasitas volume
	Harga
	Bentuk tabung
	Pegangan tabung
	Penguncian otomatis
	Fitur katup tabung

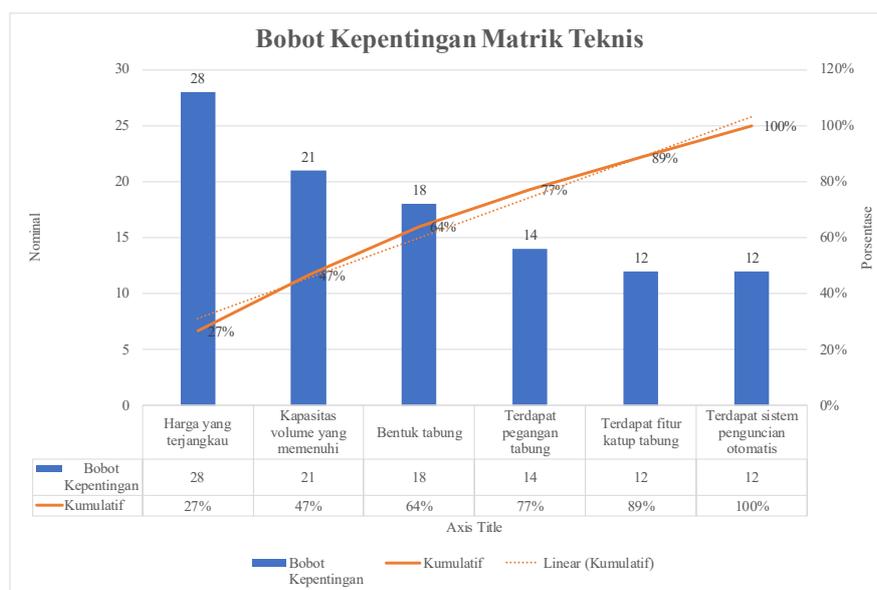
Tabel 3. Desain Respon teknis

	Respon Teknis
Atribut	Mendesain ukuran tabung yang capable
	Optimasi harga yang terjangkau
	Mendesain tabung silinder agar menarik, mudah digunakan dan sesuai kapasitas
	Menambah pegangan tabung
	Menambah sistem penguncian pada tabung agar lebih aman
	Menambah katup tambahan pada tabung



Gambar 3. Matriks hubungan kebutuhan konsumen dengan respon teknis

Berdasarkan hasil perhitungan importance rating menunjukkan 3 atribut tertinggi yaitu katup 4,13 penguncian 4,00 dan pegangan 3,85. Selain itu, prioritas kepentingan menunjukkan dari peringkat 1 hingga 5 yakni harga, volume, pegangan, bentuk, katup, dan penguncian. Selanjutnya hasil diolah menggunakan diagram pareto untuk menuntukan jumlah prioritas perbaikan yang perlu diperbaiki atau didesain seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram pareto bobot kepentingan matrik teknis.

Hasil pareto dengan minimal 80% dari nilai keseluruhan prioritas [31], menunjukkan bahwa perbaikan atau desain dilakukan pada harga yang terjangkau, kapasitas volume yang dapat memenuhi, bentuk tabung yang aman dan nyaman, terdapat pegangan tabung serta terakhir terdapat penguncian otomatis atau fitur katup. Katup diutamakan sesuai keselamatan dan inovasi produk maka 5 utama yang dipakai. Tiga aspek pertama (Harga, Kapasitas, dan Bentuk tabung) menyumbang 64% dari total kepentingan teknis. Berdasarkan prinsip Pareto (80/20), fokus utama sebaiknya diarahkan ke:

1. Harga yang terjangkau
2. Kapasitas volume yang memadai
3. Bentuk tabung

Ini menunjukkan bahwa memperbaiki/mengoptimalkan tiga elemen ini akan memberikan dampak paling besar terhadap pemenuhan kebutuhan pelanggan.

6. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat di tarik melalui hasil dan pembahasan pada penelitian ini diantaranya adalah:

1. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik teknis dalam perancangan tabung pengemasan biogas sesuai kebutuhan konsumen yang ditunjukkan berdasarkan nilai atau tingkat kepentingan dengan nilai tertinggi 4,13 katup, 4,00 penguncian, 3,85 pegangan.
2. Kemudian karakteristik prioritas perencanaan desain menghasilkan 5 respon teknis utama yang perlu dilakukan yaitu dari nomor 1 hingga 5 diantaranya adalah harga terjangkau, kapasitas volume memenuhi kebutuhan sehari-hari, bentuk tabung yang aman dan nyaman, terdapat pegangan tabung dan katup pengaman.

Saran untuk penelitian selanjutnya yakni perlu adanya perhitungan desain secara spesifik untuk desain tabung biogas. Selanjutnya belum ada perancangan desain bisnis untuk tabung biogas ini. Serta belum terdapat analisis dalam segi *cost and benefit* dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA (10 PT)

- [1] K. Ridhuan, "Pengolahan limbah cair tahu sebagai energi alternatif biogas yang ramah lingkungan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [2] D. Luthfianto, "Pengaruh macam limbah organik dan pengenceran terhadap produksi biogas dari bahan biomassa limbah peternakan ayam," 2011.
- [3] A. Alkhalidi, M. K. Khawaja, K. A. Amer, A. S. Nawafleh, and M. A. Al-Safadi, "Portable biogas digesters for domestic use in Jordanian Villages," *Recycling*, vol. 4, no. 2, p. 21, 2019.
- [4] R. Elizabeth, "Biogas, renewable energy mendukung pertanian bioindustri," *J. Sci. Res. Dev.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–15, 2021.
- [5] F. N. Rahmat, "Analisis pemanfaatan sampah organik menjadi energi alternatif biogas," *J. Energi Baru Dan Terbarukan*, vol. 4, no. 2, pp. 118–122, 2023.
- [6] P. R. Indonsia, "Undang-undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah," *Jakarta Sekr. Negara Republik Indones.*
- [7] A. A. Damayanti, Z. N. Fuadina, N. N. Azizah, Y. Karinta, and I. K. Mahardika, "Pemanfaatan sampah organik dalam pembuatan biogas sebagai sumber energi kebutuhan hidup sehari-hari," *Eksergi J. Tek. Energi*, vol. 17, no. 3, pp. 182–190, 2021.
- [8] D. G. Ambina, "Tinjauan Pemilahan Sampah Menurut Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah," *Bina Huk. Lingkung.*, vol. 3, no. 2, pp. 171–185, 2019.
- [9] SolarKita, "Hambatan Perkembangan Energi Baru Terbarukan Di Indonesia," *Kumparan.com*. 2023, [Online]. Available: <https://kumparan.com/solar-kita/hambatan-perkembangan-energi-baru-terbarukan-di-indonesia-20tIKtD9AeQ/full>.
- [10] A. Kasinath *et al.*, "Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 150, p. 111509, 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.111509.
- [11] A. Mishra, M. Kumar, N. S. Bolan, A. Kapley, R. Kumar, and L. Singh, "Multidimensional approaches of biogas production and up-gradation: Opportunities and challenges," *Bioresour. Technol.*, vol. 338, no. May, p. 125514, 2021, doi: 10.1016/j.biortech.2021.125514.
- [12] M. Keerthana Devi *et al.*, "Recent advances in biogas production using Agro-Industrial Waste: A comprehensive review outlook of Techno-Economic analysis," *Bioresour. Technol.*, vol. 363, p. 127871, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127871>.
- [13] J. Zhao, Y. Li, and R. Dong, "Recent progress towards in-situ biogas upgrading technologies," *Sci. Total Environ.*, vol. 800, 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149667.
- [14] I. R. Fauziah, A. W. Harto, and R. Budiarto, "ANALISIS SISTEM PENYIMPANAN BIOGAS

- MENGGUNAKAN METODE ADSORPSI ARANG AKTIF LOKAL PADA TABUNG GAS KEMASAN IKA RIZQI FAUZIAH, Dr. Ir. Andang Widi Harto, M.T.; Dr. Rachmawan Budiarto, S.T., M.T.,” *repository.ugm.ac.id*, pp. 39–40, 2016.
- [15] S. Song, M. P. Ginige, K. Y. Cheng, T. Qie, C. S. Peacock, and A. H. Kaksonen, “Dynamics of gas distribution in batch-scale fermentation experiments: The unpredictable distribution of biogas between headspace and gas collection device,” *J. Clean. Prod.*, vol. 400, no. November 2022, p. 136641, 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.136641.
- [16] S. Suvanqulov, “Features of Operation of Internal Combustion Engines of Gas-Cylinder Cars on Biogas,” no. January, 2023.
- [17] D. Fadli, M. Irsyad, and M. D. S. E.S., “Kaji Eksperimental Sistem Penyimpanan Biogas Dengan Metode Pengkompresian dan Pendinginan pada Tabung Gas Sebagai Bahan Bakar Pengganti Gas LPG,” *Fema*, vol. 1, no. 4, pp. 42–48, 2013.
- [18] A. Abdurrahman and A. Wahyumulyaning Tiyas, “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Biogas Bertekanan pada Biogas Storage Tank System Hasil Purifikasi dengan Metode Water Scrubber System,” *JTT (Jurnal Teknol. Ter.)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–7, 2017, doi: 10.31884/jtt.v2i2.13.
- [19] Kompas, “Ditjen EBTKE Target PLTBG Capai Kapasitas 5,5 GW pada tahun 2025.” 2020, [Online]. Available: <https://nasional.kompas.com/read/2020/07/06/18455311/pada-2025-ditjen-ebtke-target-pltbg-capai-kapasitas-55-gw>.
- [20] BIRU, “Biogas untuk Mengurangi Emisi Gas Rumah Kaca,” *Biru.or.Id*. 2017, [Online]. Available: <https://www.biru.or.id/2017/02/09/3267/biogas-untuk-mengurangi-emisi-gas-rumah-kaca.html>.
- [21] C. Meidiana, Z. A. Perdasari, and D. Dinanti, “Pemanfaatan Kotoran Ternak sebagai Energi Terbarukan Melalui Pembangunan Biodigester Komunal,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 383–393, 2020.
- [22] Adminaksansi, “Rehabilitasi Biogas di Kota Yogyakarta _ Aksansi.” .
- [23] K. A. Wiyanto, “Perancangan dan Pembuatan Food Waste Processing dengan Skala Rumah Tangga Kapasitas 25 Kg/jam.” Universitas Islam Indonesia, 2024.
- [24] J. L. Bossert, *Quality Function Deployment: The Practitioner’s Approach*. CRC Press, 2021.
- [25] P. Katias and N. Muttaqi’in, “Strategies to Improve Service Quality With House of Quality at Hotel X Surabaya,” *Bus. Financ. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 65–70, 2021, doi: 10.33086/bfj.v6i1.1979.
- [26] L. Olga and L. Rudihartati, “Implementasi Quality Function Deployment (QFD) dalam Upaya Peningkatan Kualitas Produk Udang Beku,” pp. 194–205, 2020.
- [27] C. Fajri, “Perancangan Shelter Bus Mebidang Dengan Menggunakan Quality Function Deployment (QFD),” *J. Sist. Tek. Ind.*, vol. 22, no. 1, pp. 77–89, 2020.
- [28] J. Longshore, A. Cheatham, and J. Gibson, *Quality Function Deployment and Systems Supportability: Achieving Key Performance Parameters and Ensuring Functional Alignment*. Taylor & Francis, 2023.
- [29] “Sutoni, A., Setyawan, W., Munandar, T.: Total productive maintenance (TPM) analysis on lathe machines using the overall equipment effectiveness method and six big losses. In Journal of Physics: Conference Series, Vol. 1179, No. 1, p. 012089. IOP Publishin.” .
- [30] L. Cohen and L. Cohen, “Quality function deployment: how to make QFD work for you,” 1995.
- [31] A. R. Putra *et al.*, *MANAJEMEN PENGEMBANGAN PRODUK*. Bandung: CV WIDINA MEDIA UTAMA, 2022.

