

BAB 1

ANALISIS KEBUTUHAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sampah organik merupakan salah satu masalah lingkungan yang serius di banyak negara, terutama di perkotaan yang padat penduduknya. Meskipun sampah organik memiliki potensi besar untuk diolah menjadi biogas, namun masih banyak sampah organik yang belum termanfaatkan secara optimal. Hal ini disebabkan oleh kurangnya infrastruktur dan sistem pengelolaan sampah yang memadai, kurangnya kesadaran masyarakat akan manfaat dan cara mengelola sampah organik, serta keterbatasan teknologi dan sumber daya untuk melakukan pengolahan biogas. Dampak dari belum termanfaatkannya sampah organik ini meliputi peningkatan volume sampah, peningkatan emisi gas rumah kaca, dan hilangnya potensi energi terbarukan yang berharga. Oleh karena itu, diperlukan upaya yang lebih serius dan komprehensif dalam membangun sistem pengelolaan sampah organik yang efektif dan meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya memanfaatkan sampah organik sebagai sumber energi terbarukan melalui produksi biogas.

Indonesia saat ini sedang mengalami krisis kepedulian masyarakat akan sampah, sehingga sampah organik maupun anorganik tidak dapat dikelola dengan maksimal dan mengakibatkan pencemaran lingkungan. Kota Bandung sendiri terletak di provinsi Jawa Barat dan memiliki jumlah penduduk sekitar 2,5 Juta jiwa, berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022. Krisis Krisis energi daerah yang terjadi akan mengakibatkan krisis energi nasional. Hal ini seiring dengan UU No. 30 tahun 2007 tentang energi, maka tiap daerah perlu Menyusun perencanaan energi dan kelistrikan daerah dengan memanfaatkan potensi energi daerah [1]. Tujuan dari penggunaan energi terbarukan ataupun energi alternatif agar mampu mengurangi kebutuhan akan bahan bakar konvensional serta mengendalikan pencemaran limbah organik yang mencemari lingkungan.

Bandung memiliki curah hujan yang cukup tinggi saat musim hujan dan terkadang air hujan tersebut hanya mengalir ke saluran pembuangan dan terbuang begitu saja. Air hujan memiliki sifat asam dengan nilai PH dibawah 7 sehingga dapat ditampug untuk dimanfaatkan sebagai campuran limbah organik pada proses

pembuatan biogas. Tjasyono mendefinisikan presipitasi sebagai bentuk air cair dan padat (es) yang jatuh ke permukaan bumi. Hujan adalah bentuk endapan yang sering dijumpai, dan di Indonesia yang dimaksud dengan endapan adalah curah hujan [2]. Hujan secara alami bersifat asam (pH 5,6) karena karbondioksida (CO_2) di udara dapat larut dalam air hujan dan menghasilkan senyawa yang bersifat asam [2].

Hujan asam terjadi karena tingginya gas sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen dioksida (NO_2), Zat-zat ini apabila berdifusi ke atmosfer dan bereaksi dengan air akan membentuk asam sulfat dan asam nitrat dan kemudian jatuh bersama air hujan.

Sampai saat ini, sampah sering kali dianggap sebagai permasalahan yang sering dijumpai di daerah perkotaan. Salah satu bentuk energi alternatif yang sedang dikembangkan adalah energi yang diperoleh dari bahan-bahan organik. Alasan di balik ini adalah karena senyawa organik tersebut termasuk dalam sumber energi yang dapat diperbaharui. Bahan-bahan organik ini mudah diperoleh dan memiliki kelanjutan yang terjamin, serta yang terpenting, mereka juga ramah lingkungan. Inilah faktor utama mengapa keberadaan bahan-bahan organik dipertimbangkan sebagai energi masa depan, dengan tujuan mewujudkan teknologi hijau (green technology). Dalam konteks ini, gas metana (CH_4) merupakan yang digunakan karena memiliki nilai kalor atau panas yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Dalam proses produksi biogas, tujuannya adalah untuk menghasilkan gas dengan kandungan metana (CH_4) sebanyak mungkin. Fokus utama dalam proses metanisasi adalah pengolahan sampah. Selain itu, juga penting untuk memperhatikan jenis cairan yang dihasilkan dari sampah tersebut, seperti asam asetat (CH_3COOH), serta gas H_2 dan CO_2 .

Menurut Tchobanoglous pada tahun 1993, umumnya sampah organik dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme, seperti sisa makanan, sisa sayuran, sisa buah-buahan, kotoran, kain, karet, kulit dan sampah halaman [3]. Secara alami, bahan-bahan tersebut dengan mudah dapat terurai oleh berbagai faktor seperti pengaruh fisik, kimia, serta enzim yang ada dalam sampah itu sendiri dan juga enzim yang dihasilkan oleh organisme yang hidup di dalam sampah. Menurut Simamora, Biogas adalah campuran beberapa gas, tergolong bahan bakar gas yang

merupakan hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerob dan gas yang dominan adalah gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida (CO_2) [3].

Secara alami, gas biogas terbentuk melalui proses pembusukan limbah peternakan, kotoran manusia, tumpukan sampah, dasar danau, atau rawa. Biogas memiliki beberapa manfaat, antara lain mengurangi volume sampah yang tidak terpakai, mengurangi pencemaran lingkungan, dan sebagai sumber bahan bakar alternatif. Jumlah dan kualitas biogas yang dihasilkan dapat bervariasi tergantung pada jenis dan jumlah bahan baku yang digunakan, komposisi masukan, dan lamanya waktu fermentasi.

Kehadiran gas metana dalam kadar yang tinggi memiliki potensi bahaya bagi manusia, karena dapat mengurangi kadar oksigen di atmosfer. Kekurangan oksigen ini dapat menyebabkan kehilangan kesadaran dan berpotensi fatal. Ambang batas maksimum konsentrasi gas metana yang aman adalah 50% LEL (*Lower Explosive Limit*), melebihi nilai ini dapat menyebabkan ledakan atau kebakaran. Untuk mengurangi dampak negatif gas metana, salah satu solusinya adalah dengan mendeteksi kadar gas metana yang ada di dalam sistem produksi biogas menggunakan perangkat deteksi khusus.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Anisa (2017), untuk mendeteksi gas metana dapat dilakukan dengan menggunakan sensor MQ-4, Sensor ini bertujuan untuk mendeteksi gas metana pada lahan gambut [4]. Sensor akan mengirim hasil pengukuran gas metana yang akan ditampilkan pada *Smartphone*. Penggunaan telepon seluler bertujuan untuk mengontrol gas pada telepon seluler maupun data yang ditampilkan. Pengiriman sms dengan kata "Cek" pada modem yang dimiliki oleh alat akan memberikan balasan yang nantinya akan menyampaikan atau menuliskan hasil kadar gas metana yang didapatkan.

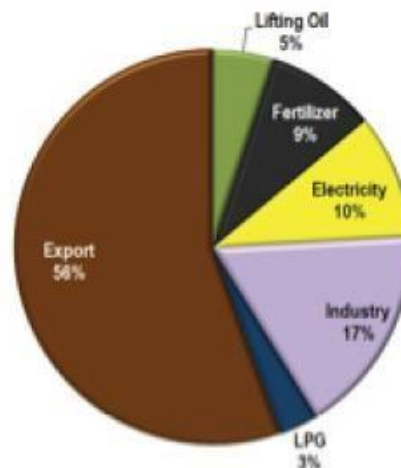
Pada penelitian ini, akan memanfaatkan limbah organik serta air hujan yang berada disekitar kota Bandung untuk diubah menjadi energi alternatif berupa biogas. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang telah ada mengenai produksi biogas, dimana pada penelitian ini akan menggunakan air hujan sebagai percepatan pembentukan bakteri pada limbah organik dan disematkan fitur

monitoring konsentrasi gas guna memantau kadar gas metana yang terbentuk pada alat pembuatan biogas.

1.2 Informasi Pendukung

Saat ini, sektor industri mengonsumsi sekitar 1720,9 juta standar kaki kubik per hari (MMFSCD) dari total gas domestik yang tersedia sebanyak 4509,3 MMFSCD. Konsumsi gas alam oleh sektor industri telah mencapai level yang sangat tinggi, tetapi masih belum dapat memenuhi kebutuhan industri sepenuhnya. Terjadi kekurangan pasokan gas sebesar 1629 MMSCF yang perlu segera diatasi. Selain itu, kebijakan energi nasional telah mendorong upaya diversifikasi dalam penggunaan sumber energi.

Selain kebijakan tersebut, terdapat kenyataan bahwa sektor industri, khususnya industri pupuk di Indonesia, sangat bergantung pada gas alam sebagai bahan baku dan sumber energi. Walaupun biogas dianggap sebagai sumber energi terbarukan yang potensial, produksi biogas saat ini masih terbatas, dan dibutuhkan waktu untuk memastikan kelangsungan pasokannya sebagai alternatif yang berkelanjutan.



Gambar 1.1 Alokasi gas bumi 2012

Berdasarkan dari gambar 1.1, terlihat alokasi gas bumi 2012 untuk industri adalah 18,26%. Nilai persentase 21% dari angka alokasi gas bumi 2012 tersebut merupakan input untuk pembuatan plastik, pupuk, kain dan produk-produk anti beku [5]. Dari kategori industri terdapat 5 industri pengguna gas terbesar yaitu:

1. Industri Pupuk
2. Industri Keramik

3. Industri Gelas
4. Industri Kaca
5. Industri Makanan

Industri pupuk menggunakan gas alam sebagai bahan baku dalam proses pembuatan pupuk, sedangkan pada keempat industri lainnya, gas alam digunakan sebagai sumber energi. Menurut Peraturan Menteri No. 3 Tahun 2010 Pasal 6 Ayat 3 yang mengatur alokasi dan pemanfaatan gas alam, industri pupuk mendapatkan prioritas dalam alokasi gas alam, yang berarti alokasi untuk industri lain mungkin dapat digantikan dengan sumber energi lain



Gambar 1.2 Kondisi gas bumi

Saat ini, sektor industri secara intensif mengonsumsi sekitar 1720,9 juta standar kaki kubik per hari (MMFSCD) dari total pasokan gas domestik yang mencapai 4509,3 MMFSCD. Konsumsi gas alam oleh sektor industri mencerminkan tingginya ketergantungan pada sumber daya ini untuk memenuhi berbagai kebutuhan produksi dan operasional. Namun, meskipun jumlah konsumsi tersebut mencapai tingkat yang signifikan, volume gas alam yang tersedia belum mampu mengakomodasi sepenuhnya kebutuhan industri yang terus berkembang.

Di Indonesia, upaya pengembangan bioenergi sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada gas alam telah menjadi fokus perhatian. Pengembangan bioenergi di Indonesia melibatkan tiga jenis utama. Pertama,

terdapat bioenergi cair yang menggunakan bahan bakar nabati seperti biodiesel, yang berasal dari bahan baku seperti CPO (crude palm oil), jarak pagar, dan nyamplung. Selain itu, ada bioetanol yang diproduksi dari sumber daya seperti molase, singkong, dan sorghum.

Kedua, terdapat bioenergi gas yang mencakup produksi biogas, yang dihasilkan dari berbagai sumber seperti kotoran ternak, limbah sampah kota, limbah industri, dan juga melalui proses gasifikasi biomassa. Bioenergi gas menjadi solusi yang menarik untuk memitigasi kekurangan pasokan gas alam yang terjadi.

Terakhir, ada jenis bioenergi padat yang memanfaatkan berbagai macam sumber daya seperti pelet dan briket, biomassa, limbah industri pertanian, industri kayu, dan sampah kota. Pengembangan beragam sumber daya ini dalam bentuk bioenergi padat memberikan kesempatan untuk mengurangi tekanan terhadap pasokan gas alam dan sekaligus mengurangi dampak lingkungan negatif. Dengan menggali potensi berbagai jenis bioenergi ini, Indonesia berupaya untuk mengurangi ketergantungan pada gas alam, meningkatkan ketahanan energi, serta mempromosikan sumber-sumber energi terbarukan yang lebih berkelanjutan dalam rangka mendukung kebijakan energi nasional.

1.3 Constraint

Penelitian ini menghadapi beberapa constraint yang relevan dengan perancangan prototipe alat produksi biogas dengan sistem monitoring. Pertama, batasan utama adalah kapasitas biodigester yang telah ditetapkan sebesar 1000 liter. Kapasitas ini dapat mempengaruhi jumlah bahan organik yang dapat diolah dan, oleh karena itu, jumlah biogas yang dapat diproduksi dalam biodigester. Selain itu, pemilihan bahan plastik sebagai material biodigester dengan lapisan jeruji besi pada bagian luarnya dapat memengaruhi suhu dalam biodigester serta potensi korosi yang mungkin terjadi. Selanjutnya, penggunaan hanya dua jenis sensor, yaitu sensor tekanan dan konsentrasi gas, dapat membatasi cakupan monitoring biogas. Ini berarti bahwa parameter lain yang mungkin relevan untuk monitoring biogas, seperti suhu dan kelembaban, mungkin tidak dapat diukur secara akurat. Terakhir, keterbatasan sumber daya, baik dalam hal anggaran maupun waktu, juga menjadi constraint yang perlu dipertimbangkan dalam mengembangkan prototipe ini.

Dengan memahami dan mengatasi constraint ini, penelitian ini dapat menghasilkan prototipe alat produksi biogas yang sesuai dengan tujuan penelitian dan sumber daya yang tersedia.

1.3.1 Aspek Ekonomi

Penerapan teknologi biogas memiliki sejumlah manfaat yang signifikan bagi para petani. Biogas, sebagai sumber energi alternatif, memberikan solusi berkelanjutan dengan dampak positif yang dapat dirasakan dalam berbagai aspek pertanian. Berikut adalah beberapa manfaatnya yang lebih rinci:

1. Penggantian LPG dan Produksi Pupuk Organik Cair (POC)

Salah satu keuntungan utama adalah penggunaan biogas sebagai pengganti LPG untuk keperluan memasak. Petani dapat menghubungkan instalasi biogas langsung ke kompor gas, menghasilkan nyala api yang berwarna biru, yang merupakan sumber energi yang efisien dan ramah lingkungan. Selain itu, dalam proses ini juga dihasilkan POC sebagai produk sampingan yang sangat berharga. POC adalah pupuk organik cair yang kaya akan nutrisi dan dapat digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman pertanian.

2. Ekonomi Biaya Bahan Bakar

Penggunaan biogas sebagai pengganti LPG dapat menghemat biaya bahan bakar secara signifikan, dengan potensi penghematan mencapai sekitar 30%. Ini adalah keuntungan finansial yang penting bagi petani dengan anggaran terbatas.

3. Reduksi Biaya Pupuk Kimia

Teknologi biogas juga memungkinkan produksi POC yang dapat digunakan sebagai pengganti pupuk kimia. POC ini memiliki nilai nutrisi yang tinggi dan dapat meningkatkan kesuburan tanah secara alami. Dengan menggunakan POC, petani dapat mengurangi biaya pembelian pupuk kimia hingga sekitar 50%, yang memiliki dampak positif terhadap aspek ekonomi pertanian mereka.

4. Peningkatan Produktivitas Tanaman

Dengan penerapan teknologi biogas dan penggunaan POC sebagai pupuk organik, produksi tanaman seperti padi sawah dapat meningkat secara signifikan, dengan peningkatan mencapai sekitar 62,5% dibandingkan dengan musim tanam sebelumnya yang tidak menggunakan POC. Hal ini berkontribusi pada peningkatan pendapatan petani dan secara keseluruhan kesejahteraan mereka.

Dengan demikian, penerapan teknologi biogas bukan hanya berdampak positif pada efisiensi energi rumah tangga, tetapi juga memberikan solusi berkelanjutan dalam mengatasi masalah biaya energi, pupuk, dan produktivitas pertanian. Ini merupakan langkah penting menuju pertanian yang lebih berkelanjutan dan meningkatkan taraf hidup petani.

1.3.2 Aspek Lingkungan

Penggunaan biogas memiliki efek positif dalam mengurangi penggunaan kayu bakar. Sebelum memanfaatkan biogas, rata-rata setiap keluarga membutuhkan sekitar 0,25 m³ kayu bakar untuk memasak selama 4 hari. Total kebutuhan kayu bakar dalam setahun untuk setiap keluarga mencapai 22,5 m³ kayu atau sekitar 90 kayu bakar. Dalam hal ini, setiap keluarga harus menebang minimal 5 pohon berusia 5-7 tahun. Berdasarkan asumsi penggunaan kayu bakar, maka dapat diperkirakan jumlah pohon yang tidak dirusak/ditebang oleh masyarakat setempat untuk kayu bakar, yakni setidaknya sejumlah 1.585 pohon dalam setahun [7].

Penggunaan biogas memiliki dampak yang sangat rinci dalam mengurangi penggunaan kayu bakar dan menjaga lingkungan. Sebelumnya, setiap keluarga memerlukan sekitar 0,25 m³ kayu bakar selama 4 hari untuk memasak. Ini berarti setiap tahun, setiap keluarga membutuhkan sekitar 22,5 m³ kayu bakar, atau sekitar 90 kayu bakar. Untuk memenuhi kebutuhan ini, setiap keluarga harus menebang minimal 5 pohon berusia 5-7 tahun. Dengan adopsi biogas, keluarga-keluarga ini telah mengurangi tekanan terhadap hutan setempat dengan menjaga 1.585 pohon setiap tahun dari potensi penebangan. Dampak positifnya juga mencakup pengurangan emisi gas rumah kaca karena pembakaran kayu bakar, yang berkontribusi pada perubahan iklim global. Selain itu, biogas memberikan sumber energi yang lebih bersih, mengurangi risiko gangguan pasokan kayu bakar, serta

memberikan manfaat kesehatan karena mengurangi polusi udara dalam rumah tangga. Jadi, penggunaan biogas bukan hanya mengurangi penggunaan kayu bakar, tetapi juga memberikan banyak manfaat positif bagi lingkungan dan kesejahteraan masyarakat setempat.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

a. Pembuatan *Mission statement*

Tabel 1 *Mission Statement*

- Pembuatan *Mission statement*

Laporan Projek: Desain Prototipe Produksi Biogas Dengan Limbah Organik	
Deskripsi Produk	<ul style="list-style-type: none"> • Produk ini merupakan prototipe dari alat produksi biogas dengan memanfaatkan limbah organik dan disematkan sistem monitoring.
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat fitur monitoring untuk memantau konsentrasi dan tekanan gas metan saat produksi berlangsung
Pasar Utama	<ul style="list-style-type: none"> • Pertanian dan rumah tangga
Pasar Sekuder	<ul style="list-style-type: none"> • Industri
Asumsi	<ul style="list-style-type: none"> • Dengan memanfaatkan limbah organik untuk menjadi biogas dapat mengurangi pencemaran sampah dan dapat menghemat biaya untuk membeli gas LPG ataupun pupuk.
Pemangku Kepentingan	<ul style="list-style-type: none"> • Pertanian dan rumah tangga

b. Interpretasi kebutuhan berdasarkan hasil wawancara dengan *user*

Tabel 2 *Interpretasi kebutuhan*

- Interpretasi kebutuhan berdasarkan hasil wawancara dengan *user*

Pertanyaan / poin - poin	Pernyataan Konsumen	Kebutuhan yang diinterpretasikan
Kegunaan umum	Desain prototipe yang dapat menanggulangi masalah limbah yang mencemari lingkungan	Alat ini bermanfaat mengurangi limbah organik dan membantu mengurangi penggunaan gas alam sebagai bahan bakar memasak.
Fitur unggulan	Fitur alat ini memiliki keunggulan dapat memantau kandungan saat proses produksi biogas	Desain prototipe ini disematkan sistem monitoring yang mempermudah pengguna dalam memantau konsentrasi dan tekanan gas metana yang terbentuk.
Kelemahan dari produk yang telah ada	Pada proses produksi biogas yang ada saat ini masih membutuhkan waktu yang cukup lama.	Produksi biogas ini akan dicampurkan larutan tertentu guna mempercepat proses pembusukan dan menghasilkan gas metana lebih cepat.

c. Pengelompokan kebutuhan

KEBUTUHAN ALAT

- Sistem dapat mengurangi limbah organik dilingkungan pasar serta pemukiman penduduk.
- Proses pembuatan biogas dapat dipantau dari jauh dengan menampilkan hasil berupa konsentrasi gas dan tekanan gas pada *smartphone*.
- Hasil system dapat berupa gas metana yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif

1.5 Tujuan

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan dan kebutuhan yang harus dipenuhi, penelitian ini memiliki tujuan :

- Dapat memanfaatkan limbah organik dan energi potensial lain sebagai bahan dasar pembuatan energi alternatif.
- Dapat menjadikan biogas sebagai bahan bakar alternatif
- Menganalisis konsentrasi dan tekanan gas metana yang aman bagi lingkungan.