



Pengaruh Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) terhadap Masyarakat & Lingkungan di Kota Manado

The Influence of Biogas Power Plant (PLTBg) Installation on Society & Environment in Manado City

Ivana M. Florence^a, Dwight M. Rondonuwu^b, Cynthia E. V. Wuisang^c

^aProgram Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi
^bPengajar Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi
^cPengajar Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Sam Ratulangi
ivanamarcia88@gmail.com

Abstrak

Sebagai bentuk realisasi Kebijakan Energi Nasional, pemerintah kota Manado menerima hibah hasil penelitian teknologi biogas yang diadakan oleh FCU Taiwan melalui program APEC ACABT berupa instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg). PLTBg ini merupakan sebuah proyek percontohan bertenaga 10kW dengan model sistem *Biowaste-to-Bioenergy* menggunakan Teknologi Paten Biohidrogen/Biomethane Dua Tahap (*Two-stage Biohythane Production - HyMeTek*) dan beroperasi menggunakan limbah biologis dari RPH sebagai bahan baku untuk menghasilkan energi listrik dan pupuk cair. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa apakah instalasi PLTBg memiliki pengaruh yang signifikan terhadap aspek Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan masyarakat pada kawasan permukiman di kota Manado.

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan jenis penelitian deskriptif kuantitatif. Analisis data dilakukan dengan teknik analisis Uji T (*One sample t test*) untuk menganalisa apakah ada perbedaan signifikan yang dihasilkan oleh PLTBg terhadap aspek sosial dan lingkungan baik setelah 1 hingga 2 tahun diimplementasikan. Sedangkan aspek ekonomi dihitung menggunakan asumsi pendapatan dan pengeluaran.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh signifikan yang dihasilkan oleh PLTBg terhadap aspek sosial, ekonomi, dan lingkungan pada kawasan permukiman di kota Manado baik setelah 1 hingga 2 tahun diimplementasikan. Dimana perubahan lebih signifikan dirasakan oleh masyarakat setelah PLTBg telah diimplementasikan selama 2 tahun. Oleh sebab itu, direkomendasikan pengembangan PLTBg skala besar agar manfaatnya bisa menjangkau seluruh masyarakat kota, bahkan pulau-pulau kecil di sekitar kota Manado.

Kata Kunci : Pengaruh, Energi, Biogas, Uji t, PLTBg, Manado

Abstract

As a form of realization of the National Energy Policy, the city government of Manado received a grant from the biogas technology research conducted by FCU Taiwan through the APEC ACABT program in the form of a Biogas Power Plant (PLTBg) installation. This PLTBg is a 10 kW pilot project with a *Biowaste-to-Bioenergy* system model using *Two-stage Biohythane Production (HyMeTek)* and operates using biological waste from RPH as raw material to produce electricity and liquid fertilizer. This study aims to analyze whether the PLTBg installation has a significant influence on the social, economic and environmental aspects of the community in Manado city residential areas.

This research uses a quantitative research approach with quantitative descriptive research type. Data analysis was carried out using the T test (*One sample t test*) analysis technique to analyze whether there were significant differences produced by PLTBg on social and environmental aspects both after 1 to 2 years of implementation. Meanwhile, the economic aspect is calculated using the income and expenditure assumptions.

Based on the research results, it can be concluded that there is a significant effect generated by PLTBg on social, economic, and environmental aspects in residential areas in Manado city both after 1 to 2 years of implementation. Where more significant changes are felt by the community after PLTBg has been implemented for 2 years. Therefore, it is recommended to develop a large-scale PLTBg so that its benefits can reach all urban communities, even small islands around Manado city.

Keywords: Effect, Energy, Biogas, t test, PLTBg, Manado

1. Pendahuluan

Sesuai dengan hasil Sidang Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) ke 70 pada bulan September 2015 di New York, Amerika Serikat. Sebanyak 193 kepala negara dan pemerintahan dunia hadir untuk menyepakati agenda pembangunan universal baru yang tertuang dalam dokumen berjudul *Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*—berisi 17 Tujuan dan 169 Sasaran yang berlaku mulai tahun 2016 hingga tahun 2030. Dokumen ini dikenal dengan istilah *Sustainable Development Goals* atau SDGs.

Sebagai salah satu negara yang turut menyepakati agenda pembangunan yang tertuang didalam SDGs, Indonesia sedang melaksanakan pembangunan skala besar, khususnya dalam bidang pengolahan dan pemanfaatan energi. Energi adalah persyaratan dasar bagi perkembangan masyarakat dan lebih spesifik untuk memperbaiki kondisi kehidupan. Walaupun demikian, mayoritas masyarakat di negara berkembang (khususnya Indonesia) tidak memiliki akses kepada sumber energi domestik yang memadai dan terjangkau. Oleh sebab itu, pemerintah Indonesia berupaya untuk mewujudkan akses yang lebih baik terhadap energi sesuai dengan tujuan SDGs poin ke-7 berbunyi : *Affordable and Clean Energy* (memastikan akses terhadap energi yang terjangkau, dapat diandalkan, berkelanjutan dan modern bagi semua). Partisipasi masyarakat juga merupakan faktor yang sangat penting dalam hal transisi energi khususnya pada taraf lokal. Alasannya, karena partisipasi masyarakat sangat dibutuhkan untuk membantu negara dalam mewujudkan seluruh tujuan SDGs. Dalam penelitian ini, khususnya mewujudkan poin ke 11, 12, dan 13 yaitu : (11) *Sustainable Cities and Communities* – Membangun kota dan pemukiman inklusif, aman, tahan lama dan berkelanjutan; (12) *Responsible Consumption and Production* – Memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan; (13) *Climate Action* – Mengambil aksi segera untuk memerangi perubahan iklim dan dampaknya.

Sebagai salah satu bagian dari negara Republik Indonesia, kota Manado turut serta dalam merealisasikan Kebijakan Energi Nasional. Pemerintah kota Manado menerima hibah hasil penelitian teknologi biogas yang diadakan oleh Feng Chia University (FCU) Taiwan melalui program *Asia Pacific Economic Cooperation Research Center for Advanced Biohydrogen Technology (APEC ACABT)* yaitu berupa instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg). PLTBg merupakan sebuah proyek percontohan bertenaga 10 kW dengan model sistem *Biowaste-to-Bioenergi* menggunakan Teknologi Paten Biohidrogen/Biometana Dua Tahap (*Two-stage Biohythane Production - HyMeTek*).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa apakah instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap aspek Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan masyarakat pada kawasan permukiman di kota Manado.

2. Metode

Data penelitian dikumpulkan dengan menggunakan metode observasi, wawancara, dan pengisian kuisioner dan diolah menggunakan aplikasi *IBM SPSS Statistics versi 20.0*. Responden yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 100 responden. Definisi operasional variabel yang digunakan dalam penelitian ini :

Tabel 1. Tabel Definisi Operasional Variabel

Variabel	Indikator
Energi Biogas (X)	Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)
Aspek Sosial (Y ₁)	Pengetahuan masyarakat mengenai biogas dan pemanfaatannya
Aspek Ekonomi (Y ₂)	Pendapatan dan Pengeluaran sehari-hari
Aspek Lingkungan (Y ₃)	Kebersihan lingkungan dan pengolahan sampah di sekitar PLTBg

Sumber : Analisa Penulis menggunakan SPSS,2021

Terdapat 3 teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini: (1) Uji Validitas, yaitu uji ketepatan atau ketelitian suatu alat ukur dalam mengukur apa yang sedang ingin

diukur. Uji validitas bertujuan untuk mengetahui kevalidan angket/kuisisioner; (2) Uji Reliabilitas, menunjukkan konsistensi hasil alat ukur dalam mengukur gejala yang sama berulang kali; (3) Uji T (*one sample t test*), teknik analisis untuk membandingkan satu variabel bebas. Uji T bertujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh parsial (sendiri) yang diberikan variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Dan perhitungan ekonomi menggunakan asumsi pendapatan-pengeluaran.

3. Kajian literatur

3.1. Teori Ekistics menurut Doxiadis

Di dalam buku *EKISTICS An introduction to the science of human settlement* yang ditulis oleh Constantinos A. Doxiadis (1968), Permukiman adalah tempat manusia hidup dan berkehidupan. Oleh karenanya, suatu permukiman terdiri atas *the content* (isi) yaitu manusia dan *the container* (tempat fisik manusia tinggal yang meliputi elemen alam dan buatan manusia).

Doxiadis (1968) merumuskan ada lima elemen dasar permukiman, yaitu (Winarso, 2013): (1) Elemen Alam (*nature*), yang meliputi: iklim, geologi, topografi, tanah, air, tumbuh-tumbuhan, dan hewan; (2) Elemen Manusia (*man*), yang meliputi: kebutuhan biologi (ruang, udara, air, suhu, dll), sensasi dan persepsi (rasa), kebutuhan emosi (hubungan manusia, keamanan, keindahan, dll), nilai moral dan budaya; (3) Elemen Masyarakat (*society*), yang meliputi: kepadatan penduduk, strata sosial, budaya, ekonomi, pendidikan, kesehatan dan kesejahteraan (hiburan), dan hukum; (4) Elemen Bangunan (*shells*), yaitu meliputi: rumah, fasilitas umum (sekolah, rumah sakit, perdagangan, dll), pusat perbelanjaan dan pasar, tempat rekreasi, perkantoran, industri, dan transportasi; (5) Elemen Sarana prasarana (*network*), yang meliputi: jaringan (sistem air bersih, listrik, jalan, telepon, TV), sarana transportasi, jaringan (drainase, sampah, dan MCK), dan tata letak fisik.

Berdasarkan lima elemen dasar pemukiman yang dikemukakan oleh Doxiadis, peneliti menurunkan tiga variabel terikat (Y) untuk menganalisa pengaruh instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) dalam masyarakat berupa Aspek Sosial (Y_1), Ekonomi (Y_2), dan Lingkungan (Y_3).

3.2. Teori Sosial

Menurut teori solidaritas organis yang dikemukakan oleh Emile Durkheim menyatakan solidaritas organis ini didasarkan pada tingkat saling ketergantungan yang tinggi. Saling ketergantungan itu bertambah sebagai hasil dari bertambahnya spesialisasi dalam pembagian pekerjaan, yang memungkinkan dan juga menggalakkan bertambahnya perbedaan pada kalangan individu. Dimana dapat disimpulkan bahwa hubungan saling ketergantungan dalam sistem masyarakat juga didasarkan pada derajat pengetahuan masyarakat sebagai suatu individu.

Didukung dengan fakta yang terjadi di kalangan masyarakat, dimana pada kenyataannya derajat atau status sosial masyarakat selain dinilai dari segi materi juga dinilai dari segi keterampilan dan pengetahuan yang dimiliki oleh masyarakat secara individu. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini peneliti menganalisa variabel terikat yang pertama yaitu Aspek Sosial (Y_1) dengan menggunakan indikator pengetahuan masyarakat mengenai instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg).

3.3. Teori Ekonomi

Kondisi seseorang dapat diukur dengan menggunakan konsep pendapatan yang menunjukkan jumlah seluruh uang yang diterima oleh seseorang atau rumah tangga selama jangka waktu tertentu (*Samuelson dan Nordhaus, 2002*). Sebagaimana pendapat di atas, bahwa pendapatan merupakan gambaran terhadap posisi ekonomi keluarga dalam masyarakat, oleh karenanya setiap orang berupaya untuk selalu meningkatkan pendapatan dari hasil usahanya yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup keluarganya dan sedapat mungkin pendapatan yang diperoleh dapat meningkatkan taraf hidup keluarganya.

Menurut *Sadono Sukirno (2000)*, pendapatan dapat dihitung melalui tiga cara yaitu: (1) Cara Pengeluaran. Cara ini pendapatan dihitung dengan menjumlahkan nilai pengeluaran/perbelanjaan ke atas barang-barang dan jasa; (2) Cara Produksi. Cara ini pendapatan dihitung dengan menjumlahkan nilai barang dan jasa yang dihasilkan; (3) Cara Pendapatan. Dalam penghitungan ini pendapatan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh pendapatan yang diterima.

Dalam penelitian ini, variabel terikat yang kedua yaitu Aspek Ekonomi (Y_2) dihitung dengan cara mengumpulkan data mengenai pendapatan masyarakat sebelum adanya instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) dan kemudian menghitung asumsi pendapatan dan pengeluaran masyarakat jika biogas berhasil didistribusikan kepada masyarakat.

3.4. Teori Lingkungan

Menurut Munadjat Danusaputro, lingkungan atau lingkungan hidup adalah semua benda dan daya serta kondisi, termasuk di dalamnya manusia dan tingkah-perbuatannya, yang terdapat dalam ruang di mana manusia berada dan memengaruhi kelangsungan hidup serta kesejahteraan manusia dan jasad-jasad hidup lainnya.

Berdasarkan teori tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi kelangsungan hidup dan kesejahteraan lingkungan bergantung kepada tingkah-perbuatan manusia. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini variabel terikat yang ketiga yaitu Aspek Lingkungan (Y_3) dianalisa dengan menggunakan indikator kebersihan lingkungan khususnya lingkungan permukiman disekitar instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) yang terletak di RPH Bailang.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian ini adalah di Kota Manado yang terletak di antara $1^{\circ}30'$ - $1^{\circ}40'$ Lintang Utara, dan $124^{\circ}40'$ - $126^{\circ}50'$ Bujur Timur. Kota Manado berbatasan dengan: Sebelah Utara dengan Kabupaten Minahasa Utara; Sebelah Timur dengan Kabupaten Minahasa Utara, dan Kabupaten Minahasa; Sebelah Selatan dengan Kabupaten Minahasa; Sebelah Barat dengan Laut Sulawesi.

Secara administratif Kota Manado terbagi ke dalam 11 wilayah kecamatan dan 87 kelurahan/desa. Kota Manado memiliki luas wilayah sebesar $157,26 \text{ km}^2$. Jumlah penduduk kota Manado, dikutip dari survey yang dilaksanakan oleh Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil kota Manado tahun 2018, terdiri dari 260.742 jiwa yang berjenis kelamin Perempuan dan 266.265 jiwa yang berjenis kelamin laki-laki. Jadi secara keseluruhan, kota Manado memiliki jumlah penduduk sebesar 527.007 jiwa.



Gambar 1. Peta Kota Manado (Big Data Bapelitbangda kota Manado, 2020)

4.2. Latar Belakang Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg)

Gagasan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) ini awalnya muncul pada pertemuan *Asia-Pacific Economic Cooperation Energy Working Group (APEC EWG)* yang ke-54 di Wellington, Australia pada tanggal 22 November 2017 lalu, ketika Wakil Gubernur Indonesia membawakan presentasinya dan memberikan sebuah pernyataan yang berbunyi “Provinsi Sulawesi Utara perlu dimanfaatkan dan dilestarikan sebagai lahan yang menjanjikan untuk Energi Terbarukan”. Pernyataan ini kemudian mendapatkan perhatian dari dua professor di bidang Energi Terbarukan Feng Chia University (FCU), Taiwan yang masing-masing menjabat sebagai CEO dari *Asia-Pacific Economic Cooperation Research Center for Advanced Biohydrogen Technology (APEC-ACABT)* dan Sekretaris Eksekutif APEC ACABT.

Gagasan ini kemudian ditindaklanjuti dengan pencarian informasi lebih lanjut terkait dengan Provinsi Sulawesi Utara. Menurut Data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Manado tahun 2014, korban banjir bandang 2014: 101 rumah hilang, 18 meninggal dunia, 2 hilang, dan 86.355 jiwa atau 25.103 keluarga mengungsi akibat banjir. Untuk mengatasi permasalahan perumahan dan mengganti rumah yang hilang bagi para korban

dan pengungsi akibat bencana banjir, Kesempatan lainnya kemudian datang di bulan Desember tahun 2017, dimana perwakilan dari Feng Chia University (FCU) dan National Chung Hsing University (NCHU) diundang oleh pemerintah Kota Manado untuk menghadiri Workshop Penerapan Energi Terbarukan untuk Sungai Tondano dan Daerah Sekitarnya. Melalui Workshop ini, kedua Profesor berhasil memperoleh informasi lebih detail mengenai kondisi pasokan energi di Kota Manado dan sekitarnya. Workshop tersebut juga dilanjutkan dengan survey lapangan ke Desa Pandu yang merupakan lokasi para pengungsi dari Danau Tondano yang terdampak perubahan iklim telah di relokasi.

Setelah Workshop dan survey lapangan di Kota Manado, tim *Asia-Pacific Economic Cooperation Research Center for Advanced Biohydrogen Technology (APEC-ACABT)* kemudian mengadakan diskusi yang secara resmi memunculkan gagasan bahwa : Desa Pandu dapat menjadi model Energi Terbarukan (biomassa dan panel surya) dalam kolaborasi antara pemerintah Kota Manado khususnya BAPELITBANGDA dan APEC ACABT, didukung oleh akademisi dari Feng Chia University (FCU) dan Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) serta Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Untuk menjawab diskusi ini, APEC ACABT didukung oleh FCU, merencanakan pembangunan sebuah proyek percontohan model sistem *Biowaste-to-Bioenergi* dengan menggunakan Teknologi Paten Biohidrogen/Biomethana Dua Tahap (*Two-stage Biohythane Production - HyMeTek*) yang diharapkan dapat membantu masyarakat yang tinggal di area relokasi dan juga dapat menjadi salah satu destinasi edukasi mengenai Energi Terbarukan yang terfokus pada Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) bagi para siswa.

Sebagai respon lanjutan atas gagasan ini, APEC ACABT melalui Feng Chia University (FCU) kemudian mengundang beberapa perwakilan dari Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) untuk mengikuti studi lapangan dan Workshop kecil APEC ACABT di FCU, Taiwan. Selanjutnya APEC ACABT juga mengirimkan undangan untuk mengundang dua Dosen dari Universitas Sam Ratulangi agar dapat mengikuti program *Taiwan Education Experience Program (TEEP@AsiaPlus2018)* sebagai peserta program pertukaran mahasiswa internasional.

Komunikasi antara FCU dan pemerintah Kota Manado semakin dipermudah dengan bantuan dari Dosen UNSRAT yang merupakan peserta program TEEP 2018. Dalam persiapan pembiayaan proyek percontohan ini, pihak FCU mempresentasikan gagasan dan sistem perencanaan proyek ini kedalam Program Energi Nasional II (NEP II) di Taipei. Gagasan ini kemudian disetujui, sejak pemasangan system di akhir tahun 2018 hingga berkelanjutan selama lima tahun.

Setelah melalui tahap perencanaan yang matang, proyek percontohan Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) dinilai siap untuk diimplementasikan di Kota Manado. Pengimplementasian proyek ini diawali dengan penandatanganan nota kesepahaman (*Memorandum of Understanding - MoU*) pada tanggal 24 Agustus 2018 sebagai bentuk hubungan baik antara pihak APEC-ACABT dan pihak pemerintah Kota Manado, serta FCU dan UNSRAT dan kemudian dilanjutkan dengan Seminar Internasional yang mengangkat topik "Manado Mencapai Impian Energi Terbarukan" dan dilanjutkan dengan Kerjasama di bidang penelitian di bawah naungan IJRC (*International Joint Research Center*) antara UNSRAT dan FCU.



Gambar 2. (a) PLTBg tampak samping; (b) PLTBg tampak depan; (c) hasil pertanian yang menggunakan POC; (d) tumbuhan cabai yang menggunakan POC.

(Sumber : Hasil Dokumentasi Penulis, 2021)

4.3. Populasi dan Sampel

Dalam penelitian ini penulis mempersempit populasi yaitu jumlah seluruh masyarakat yang tinggal di kota Manado yang kurang lebih berjumlah 527.007 jiwa. Dengan jumlah populasi sebanyak 527.007 jiwa, presentase kelonggaran yang digunakan adalah 10% dan hasil perhitungan dapat dibulatkan untuk mencapai kesesuaian. Maka untuk mengetahui sampel penelitian, menggunakan perhitungan rumus Slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{527.007}{1 + 527.007(0,1)^2}$$

$$n = \frac{527.007}{1 + 5270,07}$$

$$n = \frac{527.007}{5271,07}$$

$$n = 99,9810285$$

disesuaikan oleh peneliti menjadi 100 responden.

Berdasarkan perhitungan diatas, sampel yang menjadi responden dalam penelitian ini disesuaikan menjadi sebanyak 100 orang ($n = 100$). Hal ini dilakukan untuk mempermudah peneliti dalam mengolah data untuk hasil pengujian yang lebih baik. Sampel diambil dengan menggunakan teknik *purposive sampling* dimana peneliti menentukan pengambilan sampel dengan cara menetapkan ciri-ciri khusus yang sesuai dengan tujuan penelitian, dalam hal sampel yang dipilih harus berdasarkan kriteria usia minimal 20 tahun, memiliki pengetahuan tentang energi biogas, dan masyarakat yang sudah menggunakan energi biogas dalam aktivitas sehari-hari.

4.4. Uji Validitas

Dasar pengambilan keputusan dalam uji validitas adalah: Jika $r_{hitung} > r_{tabel}$ = data dinyatakan valid dan Jika $r_{hitung} < r_{tabel}$ = data dinyatakan tidak valid.

Tabel 2. Nilai Pearson Correlation Hasil Uji Validitas menggunakan SPSS

Aspek Sosial (Sebelum)	Aspek Sosial (Sesudah)	Aspek Lingkungan (Sebelum)	Aspek Lingkungan (Sesudah)
.613**	.760**	.670**	.601**

Sumber : Analisa Penulis menggunakan SPSS,2021

Penelitian ini menggunakan 100 responden sehingga diperoleh $N = 100$. Dengan menggunakan nilai Signifikansi sebesar 5%, maka r_{tabel} yang digunakan adalah sebesar 0,195. Jika dilihat pada Tabel 2. terdapat hasil: (1) Nilai Pearson Correlation aspek sosial sebelum adalah sebesar $0,613 > 0,195$; (2) Nilai Pearson Correlation aspek sosial sesudah adalah sebesar $0,760 > 0,195$; (3) Nilai Pearson Correlation aspek lingkungan sebelum adalah sebesar $0,670 > 0,195$; (4) Nilai Pearson Correlation aspek lingkungan sesudah adalah sebesar $0,601 > 0,195$. Hal ini berarti $r_{hitung} > r_{tabel}$ dan data hasil penelitian ini dapat dinyatakan valid.

4.5. Uji Reliabilitas

Dasar pengambilan keputusan dalam uji reliabilitas adalah: Jika $\alpha > 0,6$ = data dinyatakan reliabel dan Jika $\alpha < 0,6$ = data dinyatakan tidak reliabel.

Tabel 3. Hasil uji reliabilitas menggunakan IBM SPSS Statistics 20.0

Cronbach's Alpha	N of Items
.632	4

Sumber : Analisa Penulis menggunakan SPSS,2021

Berdasarkan Tabel 3. data hasil uji reliabilitas menggunakan IBM SPSS Statistics versi 20.0 diperoleh nilai Alpha sebesar $0,632 > 0,6$. Maka hal ini berarti instrument penelitian yang digunakan adalah reliabel.

4.6. Uji T (one sample t test)

Bentuk hipotesis untuk uji t adalah sebagai berikut: (H_a) Terjadi perubahan yang

signifikan dalam aspek Sosial dan aspek Lingkungan akibat instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) di kota Manado; (H_0) Tidak terjadi perubahan yang signifikan dalam aspek Sosial dan aspek Lingkungan akibat instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) di kota Manado.

Tabel 4. Hasil uji t (*one sample t test*) menggunakan *IBM SPSS Statistics 20.0*

Variabel	t _{hitung}	Sig.
Aspek Sosial (Sebelum)	14.807	.000
Aspek Sosial (Sesudah)	17.043	.000
Aspek Lingkungan (Sebelum)	13.197	.000
Aspek Lingkungan (Sesudah)	17.281	.000

Sumber : Analisa Penulis menggunakan SPSS,2021

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai signifikansi (Sig.): Jika nilai signifikansi (sig.) < probabilitas 0,05 maka ada pengaruh variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y) atau hipotesis diterima dan Jika nilai signifikansi (sig.) > probabilitas 0,05 maka tidak ada pengaruh variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y) atau hipotesis ditolak.

Berdasarkan Tabel 4. hasil uji t menggunakan SPSS versi 20.0 diperoleh hasil uji t berdasarkan nilai signifikansi (sig.): (1) Nilai signifikansi (sig.) aspek sosial sebelum adalah sebesar $0,000 < 0,05$; (2) Nilai signifikansi (sig.) aspek sosial sesudah adalah sebesar $0,000 < 0,05$; (3) Nilai signifikansi (sig.) aspek lingkungan sebelum adalah sebesar $0,000 < 0,05$; (4) Nilai signifikansi (sig.) aspek lingkungan sesudah adalah sebesar $0,000 < 0,05$. Dari hasil analisis berdasarkan nilai signifikansi tersebut diambil keputusan bahwa (sig.) < 0,05 maka terdapat pengaruh PLTBg terhadap aspek sosial dan lingkungan baik sebelum maupun sesudah adanya PLTBg berarti hipotesis diterima.

Dasar pengambilan keputusan berdasarkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel}: Jika nilai t_{hitung} > t_{tabel} maka ada pengaruh variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y) atau hipotesis diterima dan Jika nilai t_{hitung} < t_{tabel} maka tidak ada pengaruh variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y) atau hipotesis ditolak.

Untuk memperoleh t_{tabel}, maka :

$$\begin{aligned} t_{\text{tabel}} &= t(\alpha/2 ; n-k-1) \\ \alpha = 5\% &= t(0,05/2 ; 100-2-1) \\ &= t(0,025 ; 97) \\ &= 1,984 \end{aligned}$$

ket :

α = alpha menggunakan 0,05

n = jumlah sampel

k = jumlah variabel

Berdasarkan Tabel 4. hasil uji t menggunakan SPSS versi 20.0 diperoleh hasil uji t berdasarkan nilai t_{tabel}: (1) Nilai t_{hitung} aspek sosial sebelum adalah sebesar $14,807 > 1,984$; (2) Nilai t_{hitung} aspek sosial sesudah adalah sebesar $17,043 > 1,984$; (3) Nilai t_{hitung} aspek lingkungan sebelum adalah sebesar $13,197 > 1,984$; (4) Nilai t_{hitung} aspek lingkungan sesudah adalah sebesar $17,281 > 1,984$. Dari hasil analisis berdasarkan nilai t_{hitung} dengan t_{tabel} tersebut diambil keputusan bahwa t_{hitung} > t_{tabel} maka terdapat pengaruh PLTBg terhadap aspek sosial dan lingkungan baik sebelum maupun sesudah adanya PLTBg berarti hipotesis diterima.

4.7. Pembahasan

Ditinjau dari Aspek Sosial, pengetahuan mengenai energi biogas adalah hal yang terbilang baru bagi masyarakat. Umumnya ilmu mengenai pengolahan energi hanya bisa didapatkan melalui bangku pendidikan tinggi yang sulit dijangkau khususnya oleh masyarakat berekonomi menengah ke bawah. Adanya instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) di kota Manado membawa berbagai dampak positif bagi masyarakat khususnya dalam hal menambah pengetahuan.

Berdasarkan data hasil analisis menggunakan uji t, dapat dilihat bahwa instalasi PLTBg sudah membawa pengaruh yang signifikan dalam aspek sosial baik sebelum dan sesudah

diimplementasikan. Namun tentu saja pengaruh ini lebih banyak dirasakan oleh masyarakat setelah PLTBg sudah diimplementasikan.

Sebelum PLTBg dibangun, banyak masyarakat di kota Manado yang memiliki pengetahuan yang minim mengenai energi biogas dan pemanfaatannya, bahkan khususnya masyarakat yang bermukim di daerah sekitar RPH Bailang bahkan masih ada yang tidak mengetahui apa yang dimaksud dengan energi biogas. Masyarakat yang bermukim di daerah Bailang pada umumnya merupakan para pengungsi yang direlokasi akibat banjir bandang yang melanda kota Manado pada tahun 2014 silam. Berdasarkan data karakteristik responden, para responden yang bermukim di daerah Bailang memiliki tingkat pendidikan terakhir SLTA/ sederajat. Kondisi tempat tinggal masyarakat di seputar RPH Bailang dapat dikategorikan cukup kumuh dan memprihatinkan karena masih banyak masyarakat yang masih bermukim di daerah sempadan sungai Bailang. Bangunan tempat tinggal yang ada di kelurahan Bailang pada umumnya masih merupakan bangunan tidak permanen dan beberapa merupakan bangunan semi permanen. Dalam kesehariannya, masyarakat yang tinggal di kelurahan Bailang hanya bekerja sebagai petani atau kerja serabutan dan tidak memiliki kendaraan pribadi. Hal ini cukup menggambarkan bahwa masyarakat yang tinggal di kelurahan Bailang memiliki tingkat ekonomi menengah ke bawah dan pengetahuan yang relatif rendah sehingga tidak memiliki fasilitas untuk mengakses pengetahuan mengenai energi biogas dan pemanfaatannya.

Setelah instalasi PLTBg dibangun dan diperkenalkan kepada masyarakat, masyarakat mulai dari seputaran kelurahan Bailang hingga ke seluruh kota Manado mulai tertarik untuk memahami manfaat dan cara pengolahan energi biogas. Masyarakat mulai aktif mencari tahu dan mempelajari cara kerja biogas, khususnya masyarakat yang bermukim di kelurahan Bailang. Masyarakat yang tadinya tidak memiliki sarana untuk memperoleh pengetahuan akhirnya dapat memanfaatkan PLTBg sebagai salah satu sarana menimba ilmu.

Berdasarkan data hasil wawancara, seorang anggota masyarakat lulusan SMA yang tinggal di kelurahan Bailang dipilih dan ditugaskan untuk menjadi operator PLTBg. Orang tersebut kemudian memutuskan untuk melanjutkan pendidikannya ke jenjang S1 karena tertarik dengan ilmu yang dia pelajari dari PLTBg dan akhirnya diangkat menjadi salah satu pegawai tetap di BAPELITBANGDA kota Manado. Proyek percontohan PLTBg ini juga sudah beberapa kali menjadi destinasi studi wisata oleh para siswa dan mahasiswa.

Walaupun pada kenyataannya biogas hasil rangkaian PLTBg pada saat ini belum bisa didistribusikan secara langsung karena belum tersedia tabung khusus untuk mengisi biogas, proyek percontohan instalasi PLTBg ini telah berhasil menginspirasi pemerintah kota Manado sehingga mampu membuat suatu rangkaian sederhana sistem biogas rumah tangga yang dapat memproduksi gas untuk keperluan memasak sehari-hari.

Hingga saat ini hampir seluruh masyarakat yang tinggal di daerah Bailang sudah memiliki pemahaman mengenai energi biogas dan sudah ada 38 unit sistem biogas rumah tangga yang telah didistribusikan oleh pemerintah kota ke berbagai kecamatan di kota Manado. Data-data hasil penelitian membuktikan bahwa instalasi sistem PLTBg membawa dampak yang signifikan dalam aspek sosial karena dapat menjadi fasilitas untuk mengubah derajat pengetahuan masyarakat menjadi lebih tinggi.

Ditinjau dari Aspek Ekonomi, PLTBg juga membawa dampak yang signifikan. Hal ini terjadi karena proyek percontohan PLTBg berhasil memproduksi listrik sebesar 10 kW yang dapat menerangi seluruh RPH Bailang. Selain listrik, ada juga sistem biogas rumah tangga yang telah didistribusikan secara gratis oleh pemerintah kota Manado ke beberapa kecamatan di kota Manado dengan memprioritaskan masyarakat yang berkecukupan rendah di berbagai kecamatan.

Menurut data Badan Pusat Statistik Manado (BPS, 2019), terdapat 65 keluarga buruh tani yang tinggal di kelurahan Bailang. Melalui data tersebut terlihat bahwa kemiskinan masih ada di wilayah tersebut. Para petani atau masyarakat yang tidak memiliki akses terhadap sumber energi berkelanjutan akan mendapatkan banyak manfaat dari proyek percontohan instalasi PLTBg ini.

Biogas is an alternative and clean energy that can be a substitute for cooking fuel in the community. Asumsikan jika satu rumah tangga menggunakan LPG 9 kg per bulan atau 3 buah tabung gas ukuran 3 kg dengan harga Rp. 30.000 per tabung maka biaya yang harus dikeluarkan adalah Rp. 90.000 per bulan atau $Rp. 30.000 \times 3 \times 12 = Rp. 1.080.000$ per tahun. Dibandingkan jika masyarakat desa bisa menggunakan biogas untuk memasak dari sistem yang ada dengan gratis, maka mereka bisa menghemat biaya tersebut, yang tentu saja sangat berarti untuk masyarakat yang hidup dalam tingkat ekonomi yang masih rendah.



Gambar 3. Peta Zonasi Dampak PLTBg di Kota Manado ditinjau dari Aspek Ekonomi

Proses biogas yang menghasilkan residu cairan dapat dimanfaatkan oleh petani di masyarakat untuk dijadikan pupuk cair organik. Selama studi ini, mulai akhir Desember 2019 hingga Maret 2020, masyarakat melakukan panen cabai sebanyak 2 hingga 3 kali, dengan total sekitar 15 hingga 20 kg per panen. Jika sepanjang tahun 2020 masyarakat dapat memanen buah cabai 3-4 kali lebih banyak dengan rata-rata panen 15-20 kg, maka total panen cabai tahun ini bisa mencapai 80-100 kg, dengan hanya 30 pohon. Menurut data dari pemerintah kota Manado untuk harga eceran cabai merah pasar lokal, pada Februari 2020 mencapai Rp 50.000.000 / kg. Dengan demikian, penduduk desa akan memperoleh penghasilan tambahan untuk kebutuhan sehari-hari sekitar Rp. 4.000.000 – 5.000.000. setelah menjual cabai ke pasar lokal dalam setahun. Penanaman proyek percontohan produksi biogas dua tahap ini terbukti membawa dampak yang sangat signifikan dalam aspek ekonomi dengan membantu masyarakat berekonomi lemah untuk mendapatkan penghasilan tambahan sekaligus membantu mengurangi angka kemiskinan yang ada di kota Manado.

Ditinjau dari Aspek Lingkungan, pertimbangan utama pemilihan lokasi pembangunan PLTBg di Rumah Potong Hewan adalah karena adanya masalah limbah RPH yang sulit ditangani. Sebelum PLTBg diimplementasikan, tidak ada tempat pembuangan limbah dan tidak tersedia instalasi pembuangan air limbah (IPAL) di kelurahan Bailang. Hal ini menyebabkan daerah kelurahan Bailang khususnya daerah di sekitar RPH terkenal sangat kotor dikarenakan limbah hasil pemotongan hewan berupa kotoran, darah, dan isi perut tidak dapat diolah kembali sehingga hanya dibuang pada lahan-lahan kosong yang ada disekitar daerah pemukiman dan sungai.

Pengolahan limbah RPH dilakukan dengan lebih baik sejak didirikannya sistem PLTBg ini, sebab limbah hasil dari RPH dialirkan masuk ke dalam sistem yang ada untuk digunakan sebagai sumber bahan baku, lalu diolah menjadi energi biogas yang kemudian menjadi energi listrik. Keluaran air buangan yang dihasilkan sistem PLTBg sudah berupa Pupuk Organik Cair (POC) yang bisa langsung digunakan menjadi pupuk untuk masyarakat sekitar, dan dapat diambil secara cuma-cuma. Hal ini sangat berpengaruh signifikan terhadap kebersihan lingkungan karena mengurangi pencemaran lingkungan permukiman, sungai, dan juga emisi CO₂.

Pupuk organik cair (POC) merupakan turunan kedua atau sisa hasil pengolahan biogas dari sistem PLTBg. Dari percobaan yang telah dilakukan oleh operator di Rumah Potong Hewan, pemberian pupuk organik cair limbah biogas kotoran sapi terhadap tanaman cabai berpengaruh terhadap tinggi tanaman, umur berbuah, dan hasil panen yang lebih cepat dan lebih baik daripada tanaman cabai yang tidak diberi POC. Hal ini terbukti bahwa PLTBg memberi dampak yang signifikan dan positif dalam aspek lingkungan.

5. Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) membawa pengaruh yang signifikan terhadap Aspek Sosial, Ekonomi, dan Lingkungan dalam masyarakat di kota Manado baik pada tahun pertama dan kedua setelah diimplementasikan. Sebagaimana dapat dilihat dari t_{hitung} hasil Uji T, dampak PLTBg paling signifikan dirasakan oleh masyarakat setelah dua tahun PLTBg diimplementasikan. Dimana pada aspek Sosial PLTBg bermanfaat untuk memperluas dan menaikkan derajat pengetahuan yang dimiliki oleh masyarakat, pada aspek Ekonomi PLTBg berperan sangat signifikan dalam menaikkan taraf hidup masyarakat, dan pada aspek Lingkungan PLTBg berfungsi untuk menjadi salah satu

solusi dalam masalah pengelolaan sampah dan kebersihan lingkungan di kota Manado.

Referensi

- Abdurrahman, A., Rusmayadi, G., & Fachruzi, I. (2019). Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens* L) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair (Poc) Urin Sapi Sebagai Sumber Nutrisi Pada Sistem Tetes Sederhana. *Agroekotek View*, 2(2), 48-55.
- Arikunto, S. (2010). Metode penelitian. *Jakarta: Rineka Cipta*.
- Azhar, M., & Satriawan, D. A. (2018). Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional. *Administrative Law & Governance Journal*, 1(4), 398-412.
- BPBD. (2014). *Regional Disaster Management Agency (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Manado*. Retrieved from
- Doxiadis, C. A. (1968). *Ekistics; an introduction to the science of human settlements*.
- Durkheim, E. (1972). *Emile Durkheim: selected writings*: Cambridge University Press.
- GA, U. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. *Division for Sustainable Development Goals: New York, NY, USA*.
- Hermawan, I. (2019). *Metodologi Penelitian Pendidikan (Kualitatif, Kuantitatif dan Mixed Method)*: Hidayatul Quran.
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 396-403.
- Kalkbrenner, B. J., Roosen, J. J. E. R., & Science, S. (2016). Citizens' willingness to participate in local renewable energy projects: The role of community and trust in Germany. *13*, 60-70.
- Koentjaraningrat, K. (2009). *Pengantar Ilmu Antropologi, Edisi Revisi* PT. *Rineka Cipta: Jakarta*.
- Manado, B. P. S. k. (2020). Kota Manado Dalam Angka 2020, Penyediaan Data Untuk Perencanaan Pembangunan. In I. BPS - Statistics of Manado Municipality (Ed.), (1 ed., pp. 22). Manado, Indonesia: BPS Statistics of Manado Municipality.
- Morrison, M. (2012). *Metode penelitian survei*: Kencana.
- Municipality, B.-S. o. M. (2019). Manado Municipality in Figures 2019. In B. P. S. Indonesia (Ed.). Manado, Indonesia: BPS Kota Manado.
- Samuelson, P. A. (2002). a William D. NORDHAUS. *Economics*, 18.
- Santoso, S. (2010). *Statistik parametrik*: Elex Media Komputindo.
- Sinsuw, A., & Chu, C.-Y. Towards Sustained Community on the Manado Rural Area by Developing Biogas Production Technology Towards Sustained Community on the Manado Rural Area by Developing Biogas Production Technology.
- Sinsuw, A. A. E., Wuisang, C. E., & Chu, C.-Y. (2020). Assessment of environmental and social impacts on rural community by two-stage biogas production pilot plant from slaughterhouse wastewater. *Journal of Water Process Engineering*, 101796.
- Sudijono, A. (2005). *Pengantar statistik pendidikan*: PT Raja Grafindo Persada.
- Sudjana, N. (2005). *Metode statistika*. Bandung: Tarsito, 168.
- Sugiyono, D. (2008). *Metode penelitian bisnis*. Bandung: Pusat Bahasa Depdiknas.
- Sujarweni, V. W., & Endrayanto, P. (2012). *Statistika untuk penelitian*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 14, 17.
- Sukirno, S. (2000). *Makroekonomi modern*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Surakhmad, W. (1990). *Pengantar penelitian ilmiah: dasar, metode dan teknik*: Tarsito.