

## Sosialisasi Rancang-Bangun Pembangkit Listrik Skala Kecil Sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC) di Pincara Kabupaten Luwu Utara

Salama Manjang<sup>1</sup>, Indar Chaerah Gunadin<sup>2\*</sup>, Rustan Tarakka<sup>3</sup>, Ikhlas Kitta<sup>4</sup>, Dewiani<sup>5</sup>  
Departemen Teknik Elektro, Universitas Hasanuddin<sup>1,2,4,5</sup>  
Departemen Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin<sup>3</sup>  
indarcg@gmail.com<sup>2\*</sup>

---

### Abstrak

Desa Pincara di Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan memiliki potensi untuk menjadi sumber energi listrik dengan memanfaatkan sumber daya air panas yang ada di daerah tersebut. Sebuah unit pembangkit listrik panas bumi ORC telah dibangun dengan kerja sama antara pemerintah desa Pincara dan *Korea Institute of Industrial Technology* (KITECH) untuk menyediakan sumber energi murah bagi masyarakat lokal dan mendukung pariwisata. Setelah sosialisasi, peningkatan pemahaman yang sebelumnya hanya 19% saja meningkat menjadi 38%. Keterbukaan masyarakat sebelum mengikuti kegiatan sosialisasi juga hanya sebesar 57% yang menerima dan 43% yang tidak menerima pembangunan pembangkit listrik panas bumi skala kecil sistem ORC. Masyarakat menganggap bahwa dampak negatif yang ditimbulkan akan mirip dengan kasus lumpur Lapindo. Setelah mengikuti kegiatan sosialisasi, seluruh masyarakat yang hadir menerima dan mendukung penuh pembangunan pembangkit ORC. Masyarakat juga menunjukkan antusiasme dan dukungan besar dan memberikan masukan tentang penggunaan listrik yang dihasilkan, seperti penerangan jalan dan pengelolaan objek wisata air panas.

Kata Kunci: Energi Listrik; *Organic Rankine Cycle*; Panas Bumi; Refrigeran; Sosialisasi.

---

### Abstract

*Pincara Village in North Luwu Regency, South Sulawesi has the potential to become a source of electrical energy by utilizing the hot water resources in the area. An ORC geothermal power plant unit has been built in collaboration between the Pincara village government and the Korea Institute of Industrial Technology (KITECH) to provide a cheap source of energy for the local community and support tourism. After socialization, there was an increase in understanding from only 19% to 38%. The openness of the community before participating in socialization activities was also only 57% who accepted and 43% who did not accept the development of small-scale geothermal power plants ORC system. The community considered that the negative impacts would be similar to the Lapindo mud case. After participating in the socialization activities, all communities present accepted and fully supported the construction of the ORC plant. The community also showed great enthusiasm and support and provided input on the use of the electricity generated, such as street lighting and management of hot spring attractions.*

*Keywords: Electrical energy; Organic Rankine Cycle; Geothermal; Refrigerant; Socialization.*

---

## 1. Pendahuluan

Permintaan global akan energi meningkat untuk memenuhi peningkatan standar hidup dan kebutuhan energi karena pertumbuhan populasi, bahan bakar fosil terus memainkan peran dominan dalam industri energi di sebagian besar negara. Peningkatan penggunaan bahan bakar fosil menyebabkan krisis energi dan pencemaran lingkungan. Penggunaan sumber energi terbarukan dan sumber alternatif seperti limbah panas diusulkan dan diteliti secara luas untuk mengurangi penggunaan sumber energi konvensional dan efek negatif yang ditimbulkannya (Tsimpoukis dkk., 2023).

Di sektor energi, Indonesia sebagai ekonomi terbesar di Asia Tenggara menghadapi tantangan serupa namun lebih sulit daripada masalah global. Sebagai negara berpenghasilan menengah yang sedang berkembang, konsumsi energi Indonesia, khususnya konsumsi listrik, mengalami peningkatan selama dekade terakhir, penggunaan energi per kapita telah meningkat sebesar 24%,

sementara emisi karbon telah meningkat sebesar 5,2% sejak 2017, terhitung 1,5% dari total emisi global.

Indonesia juga menghadapi trilema energi dalam menyeimbangkan ketahanan energi, kemiskinan energi, dan mitigasi perubahan iklim. Oleh karena itu, mempelajari konsumsi energi di Indonesia menjadi sangat penting karena sumber konsumsi energi primer masih didominasi oleh bahan bakar fosil dan porsi energi terbarukan dalam total konsumsi hanya 9,17% (Kementerian ESDM, 2019). Selain itu, jika tren konsumsi dan produksi energi saat ini berlanjut, semua sumber daya (batubara, minyak dan gas) akan segera habis (Muzayannah dkk., 2022).

Ketersediaan sumber energi air panas yang berada di Desa Pincara, Kabupaten Luwu Utara Provinsi Sulawesi Selatan, merupakan sebuah potensi yang harus dikembangkan sebagai sumber energi listrik bagi masyarakat yang ada di desa itu dan desa sekitarnya. Dengan adanya sumber energi yang murah akan memberikan dampak bagi peningkatan ekonomi bagi warga desa yang sebagian besar bermata pencaharian sebagai petani Serta diharapkan akan mampu mendorong pertumbuhan ekonomi di desa tersebut dan akan menjadi proyek percontohan desa Mandiri Energi di Kabupaten Luwu Utara. Terkait pemanfaatan langsung sumber energi panas bumi suhu rendah yang dianggap tidak ekonomis, dari kondisi tersebut diperlukan teknologi yang mampu memanfaatkan sumber energi panas bumi suhu tingkat rendah. Salah satu inovasi teknologi pemanfaatan energi panas bumi suhu rendah adalah *Organic Rankine Cycle (ORC)*. ORC merupakan modifikasi dari siklus *Rankine* yang menggunakan *refrigerant* cair sebagai fluida kerja sebagai pengganti air untuk menghasilkan tenaga listrik. Sistem ini terdiri dari empat komponen utama yaitu evaporator, turbin, kondensor dan pompa (Firdaus & Bachtiar K.P, 2013).

## 2. Latar Belakang

Energi panas bumi (*geothermal*) adalah panas yang tersimpan di bawah permukaan bumi. Energi ini dapat digunakan untuk menghasilkan panas atau menghasilkan listrik, sehingga merupakan salah satu sumber energi bebas emisi serta bersifat berkelanjutan. Tidak seperti sumber energi terbarukan lainnya seperti angin dan matahari, energi panas bumi merupakan sumber energi yang dapat diprediksi, berkelanjutan, dan andal yang tidak terpengaruh oleh cuaca atau perubahan musim (McClellan & Pedersen, 2023).

Panas bumi penting untuk memenuhi kebutuhan energi Indonesia secara berkelanjutan, karena potensi cadangannya diperkirakan sangat besar, setara dengan 24 gigawatt (GW) terbesar kedua di dunia. Selain itu, peningkatan konsumsi energi telah membuat permintaan listrik negara tumbuh secara signifikan dari 910 kilowatt-jam (kWh) per kapita pada tahun 2015 menjadi 1.084 kWh per kapita pada tahun 2019, menyebabkan kebutuhan lebih akan pembangkit listrik. Untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat melalui sumber energi terbarukan dan rendah karbon, pemerintah Indonesia telah menetapkan target 7.241,5 megawatt (MW) energi terbarukan dalam bauran energi negara pada tahun 2025. Pangsa energi terbarukan diperkirakan mencapai 31% pada tahun 2050, dengan panas bumi berkontribusi sebesar 17.546 MW (Setiawan dkk., 2022)

Ada beberapa metode yang digunakan untuk membangkitkan energi hasil panas bumi diantaranya *dry steam*, *flash steam*, dan *binary*. Dari ketiga metode tersebut metode *binary* merupakan metode yang paling umum digunakan. ORC (*Organic Rankine Cycle*) termasuk

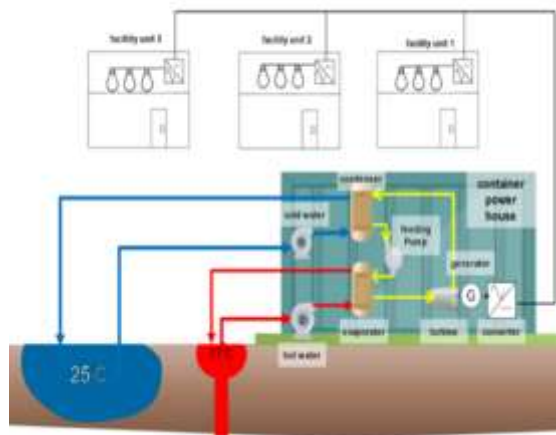
dalam metode *binary* yang dapat bekerja pada suhu yang relatif rendah  $<200^{\circ}\text{C}$  (Hossain & Illias, 2022).

### 2.1 Organic Rankine Cycle

Energi termal yang tidak terpakai dapat diubah menjadi energi listrik atau mekanik dengan menggunakan prinsip terkenal yang telah menjadi dasar pembangkit listrik skala besar, yang dikenal sebagai siklus *Rankine* atau pembangkit listrik tenaga uap. Prinsip yang sama, tetapi cairan yang berbeda dari air (cairan organik) dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik atau mekanik dari sumber energi panas pada tingkat suhu yang berbeda dan kapasitas yang berbeda (dari kilowatt hingga ratusan megawatt). Teknologi ORC adalah teknologi konversi energi suhu sedang dan rendah yang paling fleksibel dan efisien untuk kapasitas apa pun (Astolfi dkk., 2022).

ORC menggunakan cairan organik dengan titik didih rendah (seperti alkohol, eter, dan refrigeran), sedangkan siklus uap Rankine berbasis uap standar menggunakan air sebagai fluida kerjanya. ORC telah terbukti bermanfaat ketika bekerja dengan suhu sumber panas mulai dari  $(80 - 400)^{\circ}\text{C}$  sesuai dengan cairan organik yang digunakan (Moreira & Arrieta, 2019). Fluida kerja harus memiliki sifat termodinamika yang optimal pada tekanan dan suhu yang lebih rendah, serta memenuhi berbagai persyaratan, termasuk hemat biaya, tidak beracun, tidak mudah terbakar, dan aman bagi lingkungan (Thangavel dkk., 2021).

Prinsip kerja ORC bekerja dalam sistem tertutup (*close system*) yang berproses pada komponen diantaranya kondensator, *evaporator*, turbin *expander* dan pompa fluida kerja. Fluida kerja cair jenuh dipompa ke keadaan tekanan tinggi di dalam pompa fluida kerja dan dipanaskan menggunakan sumber air panas di evaporator. Fluida kerja organik dipanaskan dan menjadi uap jenuh atau super panas. Kemudian memasuki *expander*, yang mendorong generator berputar untuk menghasilkan listrik. Akhirnya, gas buang setelah bekerja dalam *expander* masuk ke kondensator, mengembun menjadi cairan jenuh melalui air pendingin, dan kemudian dipompa ke *evaporator* untuk menyelesaikan siklus (Ma dkk., 2022). Gambar 1 menyajikan Siklus dan Komponen ORC.



Gambar 1. Siklus dan Komponen ORC

Ada beberapa kelebihan dan kekurangan dari Sistem ORC di antaranya :

Kelebihan:

- Banyaknya jenis fluida kerja yang dapat digunakan menyesuaikan dengan sumber panas yang tersedia.
- Hampir semua jenis fluida kerja merupakan fluida kering, sehingga dapat secara mudah dijaga setelah proses ekspansi.
- Fluida kerja yang bersifat mudah menguap pada suhu rendah sehingga dapat diaplikasikan di bermacam limbah panas sebagai contoh limbah panas pada industri dan pada panas bumi (*geothermal*).

Kekurangan:

- Koefisien perpindahan panas yang rendah.
- Fluida kerja yang kebanyakan bersifat beracun dan mudah terbakar sehingga sistem pelaksanaannya harus benar-benar dilakukan secara hati-hati (Hutapea & Windarta, 2022).

## 2.2 R245Ffa

Jenis fluida kerja yang akan digunakan pada sistem ORC adalah R245fa. R245fa *pentafluoropropane*, disebut HFC-245FA, atau *refrigerant* gas R245fa, atau *foaming* agen. R245fa adalah cairan tidak berwarna, transparan dan mudah mengalir, dengan volatilitas tinggi dengan titik didih 15.3 °C, stabil pada suhu dan tekanan kamar.

R245fa dapat digunakan sebagai *foaming agent* untuk lemari es, pelat bahan insulasi *polyurethane*. Ini juga merupakan zat pendingin dan banyak digunakan dalam sistem ORC, banyak digunakan dalam panas limbah suhu rendah (limbah gas buang, gas industri, cairan suhu tinggi, dll.), Energi surya, energi biomassa, industri energi panas bumi, OTEC dan sistem pembangkit listrik lainnya. Penggunaan R245fa sebagai fluida kerja dapat secara efektif meningkatkan efisiensi sistem ORC sebesar 5% -8%.

Sifat Kimia Gas Refrigerant R245fa atau agen berbusa R245fa :

- Di bawah tekanan normal R245fa tidak berwarna, transparan dan mudah mengalir pada 15 °C dengan volatilitas tinggi. Dalam bentuk gas tidak berwarna pada 20 °C. Tidak larut dalam air, larut dalam sebagian besar pelarut organik seperti etanol, eter, kloroform, minyak, hidrokarbon dan sebagainya.
- Sifat fisik: berat molekul 134
- Titik didih, (15.3°C, 101.3KPa)
- Titik beku °C -103.4
- Suhu kritis, °C 256.9
- Tekanan kritis, Mpa 464.1
- Densitas cairan jenuh (30 °C, kg / m<sup>3</sup>) 82.7
- Kalor jenis cairan (30 °C, KJ / kg k) 0.33
- Panas spesifik uap isobarik (30 °C & 101.3KPa KJ / kg k) 0.22 (Xiamen Juda Chemical & Equipment Co., Ltd., 2020)

### 2.3 Analisis Situasi Lapangan



Gambar 2. Mata Air Panas Kanan Tedong 2

Desa Pincara Terletak di Kabupaten Luwu Utara Kota Masamba Sulawesi Selatan yang berjarak  $\pm 682$  km dari Kota Makassar. Dari hasil pemetaan geologi di daerah Pincara telah ditemukan 3 kelompok kenampakan gejala panas bumi berupa mata air panas di Desa Pincara :

#### 1. Mata air panas Kanan Tedong 1

Desa Pincara Mata air panas Kanan Tedong berada di Desa Pincara, Kecamatan Masamba. Terletak pada koordinat UTM X= 208127 mT, Y= 9725314 mU. Karakteristik air panas muncul pada batuan breksi berkomponen granit, berupa mata air panas seluas  $\pm 2.5 \times 7 \text{ m}^2$ , suhu terukur  $83.40^\circ\text{C}$ , suhu udara  $25.3^\circ\text{C}$ , berwarna jernih, beruap, berasa tawar, berbau belerang sedang, dijumpai endapan sinter silika/ sulfat dan terlihat bualan-bualan gelembung gas tidak kontinu, pH terukur dengan debit  $\pm 10$  l/detik.

#### 2. Mata air panas Kanan Tedong 2

Desa Pincara Mata air panas Kanan Tedong 2 berada di Desa Pincara, Kecamatan Masamba. Terletak 15 m dari Kanan Tedong 1, pada koordinat UTM X= 208153 mT, Y= 9725294 mU. Karakteristik air panas muncul pada batuan granit, berupa mata air panas di tepi barat S. Baliase seluas  $\pm 1 \times 4 \text{ m}^2$ , suhu terukur  $63.50^\circ\text{C}$ , suhu udara  $25^\circ\text{C}$ , berwarna jernih, beruap, berasa tawar, berbau belerang sedang, terlihat bualan-bualan gelembung gas tidak kontinu, pH terukur dengan debit  $\pm 2$  l/detik.

#### 3. Mata air panas Pemandian

Desa Pincara Mata air panas Pemandian terletak  $\pm 200$  m di utara Kanan Tedong. Terletak pada koordinat UTM X= 208220 mT, Y= 9725493 mU. Luas kenampakan  $4 \times 5 \text{ m}^2$ , muncul pada lava andesit. Karakteristik bersuhu  $74.40^\circ\text{C}$ , suhu udara  $25.8^\circ\text{C}$ , berwarna jernih, beruap tipis, berasa tawar, berbau belerang lemah, tidak dijumpai endapan sinter dan ada bualan-bualan gelembung gas tidak kontinu, pH terukur dengan debit  $\pm 4$  l/detik (Sumardi dkk., 2005).

Dari ketiga sumber mata air panas Bumi yang dijelaskan, Mata air panas Kanan Tedong 2 dipilih sebagai sumber Pemanas *evaporator* pada sistem ORC. Dapat dilihat pada Gambar 2 yaitu sumber mata air panas yang berseberangan dengan Sungai Baliase yang berperan sebagai sumber pendingin Kondensator pada sistem ORC. Sumber pemanas dan pendingin yang berseberangan

diharapkan dapat meningkatkan efisiensi perpindahan panas yang lebih efisien pada kondensor dan *evaporator*.

### 1.3 Mitra

Dari data pada Tabel 1, terlihat bahwa persentase penduduk miskin di wilayah Kabupaten Luwu Utara mencapai 14,33 di tahun 2017. Jika dibandingkan dengan kabupaten/kota di Sulawesi Selatan, maka Kabupaten Luwu Utara menempati urutan ketiga tertinggi dari persentase masyarakat miskin,

Tabel 1. Data BPS Luwu Utara

<b>Rincian/Description</b>	<b>Satuan/Unit</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>
(1)	(2)	(5)	(6)	(7)
<b>SOSIAL/SOCIAL</b>				
Penduduk <sup>1</sup> / <i>Population</i> <sup>1</sup>	Ribu/ <i>Thousand</i>	308.00	310.47	312.88
Laju Petumbuhan Penduduk <sup>1</sup> / <i>Population Grow</i> <sup>1</sup>	%	0.86	0.80	0.78
Penduduk Miskin <sup>5</sup> / <i>Poor People</i> <sup>4</sup>	Ribu/ <i>Thousand</i>	44.04	42.43	...
Persentase Penduduk Miskin <sup>4</sup> / <i>Percentage Of Poor People</i> <sup>4</sup>	%	14.33	13.69	...
Indeks Pembangunan Manusia-IPM <sup>5</sup> / <i>Human Development Index</i> <sup>5</sup>	-	66.35	68.79	...
<b>EKONOMI/ECONOMIC</b>				
Produk Domestic Regional Bruto (PDBR) Harga Berlaku <sup>6</sup> / <i>Gross Domestic Regional Product (GDP) at Current Price</i> <sup>6</sup>	Miliar rupiah/ <i>Billion rupiahs</i>	10 787.1	11 999.3	13 047.3

Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan infrastruktur termasuk pengembangan energi bagi masyarakat perlu ditingkatkan. Untuk melihat sebaran penduduk miskin di Kabupaten/Kota di Sulawesi Selatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Pembangunan proyek pembangkit listrik skala kecil sistem ORC di pincara kabupaten Luwu Utara, diharapkan akan mampu mendorong pertumbuhan ekonomi di desa tersebut dan akan menjadi proyek percontohan desa Mandiri Energi di Kab. Luwu Utara. Unit pembangkit juga merupakan hibah dari pihak Korea Selatan (KITECH) dengan kapasitas kurang lebih 10 kW. KITECH (*Korea Institute of Industrial Technology*) adalah lembaga penelitian pemerintah Korea Selatan, dengan fokus pada daya saing ekspor dan UKM. Hibah ini merupakan bentuk kerjasama yang baik antara Indonesia dan Korea Selatan, sehingga proyek ini diharapkan dapat membawa manfaat bagi warga Desa Pincara dan sekitarnya. Bagi masyarakat desa Pincara, kehadiran Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) diharapkan dapat memberikan manfaat bagi warga, terutama menerangi jalan desa di malam hari dan mendukung aktivitas warga lainnya. Manfaat lainnya adalah warga desa dapat mendirikan Badan Usaha Milik Desa (Bumdes) untuk mengelola pembangkit ini, yang akan berdampak pada peningkatan kesejahteraan warga desa.

Tabel 2. Jumlah Penduduk Miskin, Persentase Penduduk Miskin, Indeks Kedalaman Kemiskinan, Indeks Keparahan Kemiskinan dan Garis Kemiskinan Menurut Kabupaten Kota se-Sulawesi Selatan 2019

KABUPATEN/KOTA	Jumlah Penduduk Miskin (Dalam ribuan)	Persentase Penduduk Miskin	Indeks Kedalaman Kemiskinan	Indeks Keparahan Kemiskinan	Garis Kemiskinan
Kepulauan Selayar	17.36	12.83	2.87	0.9	370.380
Bulukumba	30.49	7.26	0.6	0.09	330.161
Bantaeng	16.91	9.03	1.35	0.28	309.357
Jeneponto	54.05	14.88	2.02	0.41	359.883
Takalar	25.93	8.7	1.08	0.19	356.973
Gowa	57.99	7.53	0.92	0.17	385.820
Sinjai	22.27	9.14	1.08	0.22	294.916
Maros	34.85	9.89	2.5	0.89	405.944
Pangkajene Dan Kepulauan	47.07	14.06	1.81	0.31	322.958
Barru	14.92	8.57	1.07	0.21	322.248
Bone	76.25	10.06	1.35	0.29	325.422
Soppeng	16.45	7.25	0.69	0.12	297.546
Wajo	27.48	6.91	1.06	0.26	311.017
Sidenreng Rappang	14.44	4.79	0.6	0.13	312.800
Pinrang	31.85	8.46	1.54	0.4	294.349
Enrekang	25.4	12.33	1.7	0.38	331.667
Luwu	46.18	12.78	2.71	0.72	318.911
Tana Toraja	28.87	12.35	3.1	1.12	316.911
Luwu Utara	42.48	13.6	2.55	0.61	342.277
Luwu Timur	20.83	6.98	1.11	0.25	333.739
Toraja Utara	28.64	12.41	1.99	0.46	314.426
Makassar	65.12	4.28	0.6	0.15	418.831
Parepare	7.62	5.26	0.71	0.15	323.839
Palopo	14.37	7.82	1.15	0.29	324.233

### 3. Metode

Kegiatan pengabdian dilakukan dalam tiga tahapan, tahap pertama yaitu melakukan kunjungan langsung ke rumah kepala desa serta diskusi langsung bersama kepala desa serta tokoh masyarakat terkait kegiatan pengabdian yang akan dilakukan. Tahap selanjutnya yaitu, melakukan survei dan pengamatan langsung terhadap lokasi sumber air panas yang telah dibuat oleh kontraktor dan melihat langsung lokasi *plant* serta unit pembangkit. Dilakukan pengambilan data di lokasi pembangkit untuk menghitung output daya aktual yang dapat dihasilkan pembangkit berdasarkan kalkulasi dan simulasi data yang telah diambil.

Tahap terakhir, dilakukan kegiatan sosialisasi di Kantor desa dengan mengundang kepala desa, Kadis Lingkungan Hidup Luwu Utara, tokoh masyarakat, tokoh agama, tokoh pemuda desa Pincara Masamba serta pihak terkait yang lain. Pada tahap sosialisasi akan dipaparkan materi mengenai prinsip kerja dan manfaat serta pentingnya pembangunan pembangkit panas bumi sistem ORC bagi masyarakat desa Pincara. Dilakukan juga survei lanjutan dalam bentuk kuesioner yang diberikan pada peserta yang hadir sebelum dan sesudah mengikuti kegiatan sosialisasi. Pemberian kuesioner bertujuan untuk mengukur tingkat keberhasilan kegiatan dengan membandingkan hasil survei sebelum dan sesudah kegiatan dilaksanakan.

### *3.1 Target Capaian*

Kegiatan pengabdian yang dilaksanakan di desa Pincara Kabupaten Luwu Utara, Masamba diharapkan meningkatkan pemahaman serta kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pembangunan proyek pembangkit listrik skala kecil sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC). Unit pembangkit hibah dari pihak Korea Selatan (KITECH) sekiranya juga dapat dimanfaatkan bagi warga desa dengan mendirikan Badan Usaha Milik Desa (Bumdes) sehingga mampu mendorong pertumbuhan ekonomi di desa tersebut dan akan menjadi proyek percontohan desa Mandiri Energi di Kab. Luwu Utara.

### *3.2 Implementasi Kegiatan*

#### *3.2.1 Survei Awal dan Proses Pengambilan Data pada Lokasi Pemasangan ORC*

Kegiatan dimulai dengan melakukan kunjungan serta diskusi santai dengan kepala Desa Pincara yang dapat dilihat pada Gambar 3. Dari diskusi dengan kepala Desa Pincara, terungkap bahwa masyarakat desa juga membutuhkan penerangan jalan, terutama di sekitar lapangan yang ada di desa Pincara. Lapangan ini adalah pusat kegiatan masyarakat, sehingga sangat dibutuhkan penerangan lampu untuk menunjang kegiatan warga di desa.

Setelah itu dilanjutkan dengan melakukan survei awal ke lokasi pemasangan ORC yang dapat dilihat pada Gambar 4. Dari pengamatan yang dilakukan terlihat bahwa sarana listrik masih sangat minim, sehingga keberadaan pembangkit Listrik ORC di lokasi ini sangat dibutuhkan. Ketersediaan listrik untuk sarana penerangan ketika malam, terutama lampu penerangan jalan di sekitar lokasi sangat dibutuhkan sehingga kenyamanan dan ketertarikan pengunjung akan semakin meningkat. Gambar 5 menyajikan struktur Pembangkit Listrik Skala Kecil Sistem ORC, sedangkan untuk Gambar 6a menunjukkan Sungai Baliase, Sebagai Sumber Air Pendingin untuk Sistem ORC dan Gambar 6b Sumur Sumber Air Panas untuk Sistem ORC yang merupakan komponen penting dalam sistem yang berperan sebagai elemen pendingin pada kondensor dan elemen pemanas pada *evaporator*.





Gambar 3. Kunjungan Langsung dengan Kepala Desa Pincara



Gambar 4. Kunjungan ke Lokasi Pemasangan ORC, di Kawasan Pemandian Air Panas



Gambar 5. Pembangkit Listrik Skala Kecil Sistem *Organic Rankine Cycle* (ORC)



Gambar 6. (a) Sungai Baliase, sebagai Sumber Air Pendingin untuk Sistem ORC; (b) Sumur Sumber Air Panas untuk Sistem ORC

Pada tanggal 13 Agustus 2022, pada sore hari dimulailah proses pengambilan data pertama kali, selanjutnya setiap hari dilakukan pengambilan sampel data sebanyak 2 kali, pada pagi hari dan sore hari. Proses pengambilan data ini dilakukan selama 10 hari berturut-turut, dengan hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4 - 6.

Tabel 4. Hasil Pengukuran pada Lokasi A

NO	HARI/ TANGGA L	WAKTU								GPS
		PAGI				SORE				
		DIGITAL (°c)		ANALOG (°c)	KELEMBAPAN (%)	DIGITAL (°c)		ANALOG (°c)	KELEMBAPAN (%)	
DASAR	TENGAH	DASAR	TENGAH							
1	Sabtu 13/08/2022	-	-	-	-	73.2	72.9	72	74.1	S 02°28' 57.35" E 120°22' 31.97"
2	Minggu 14/08/2022	72.4	71.9	72	88.7	72	71.5	70	93.3	
3	Senin 15/08/2022	70.3	70.9	67	90	70.9	69.8	69	92	
4	Selasa 16/08/2022	69.8	70.6	71	78.2	71.5	71.3	72	82.4	
5	Rabu 17/08/2022	71.9	71.2	72	77.4	72.5	72.2	70	83.6	
6	Kamis 18/08/2022	71.5	71.8	70	79.9	72.2	72	70	88.3	
7	Jum'at 19/08/2022	70.3	70.4	71	73	74.5	72.2	70	58	
8	Sabtu 20/08/2022	76.5	69.5	68	70.4	75.3	70.6	69	86.6	
9	Minggu 21/08/2022	73	69.5	69	75.6	75.8	72.7	70	74.2	
10	Senin 22/08/2022	75.9	71.2	70	92.8	76.6	68.8	66	97.4	

Tabel 5. Hasil Pengukuran pada Lokasi B

NO	HARI / TANGGAL	PAGI			SORE			GPS
		DIGITAL (°c)	ANALOG (°c)	KELEMBAPAN (%)	DIGITAL (°c)	ANALOG (°c)	KELEMBAPAN (%)	
1	Sabtu 13/08/2022	-	-	-	78.8	76	85.3	S 02° 28'5 7.35 " E 120 °22' 31.9 7"
2	Minggu 14/08/2022	78.1	75	93.5	78.7	76	96	
3	Senin 15/08/2022	78.7	76	86.1	78.7	75	83	
4	Selasa 16/08/2022	79.3	79	65.3	79.5	79	81.7	
5	Rabu 17/08/2022	79	79	60.3	79.5	78	83.1	
6	Kamis 18/08/2022	79.8	77	72.2	77	79	87.7	
7	Jum'at 19/08/2022	79.6	78	71.1	79.6	78	69.7	
8	Sabtu 20/08/2022	78.9	77	62.2	78.6	77	83.5	
9	Minggu 21/08/2022	77.4	78	74.4	80.7	77	70.4	
10	Senin 22/08/2022	79.1	70	92.8	77.9	76	97.4	

Tabel 6. Hasil Pengukuran pada Lokasi C

NO	HARI / TANGGAL	PAGI			SORE			GPS
		DIGITAL (°c)	ANALOG (°c)	KELEMBAPAN (%)	DIGITAL (°c)	ANALOG (°c)	KELEMBAPAN (%)	
1	Sabtu 13/08/2022	-	-	-	57.2	56	82.8	S 02°28'57.35" E 120°22'31.97' ,
2	Minggu 14/08/2022	55.2	52	85.8	58.2	55	75.8	
3	Senin 15/08/2022	55.4	54	78.3	45.7	48	84.7	
4	Selasa 16/08/2022	57.4	57	71.8	58.7	58	83.3	
5	Rabu 17/08/2022	58.9	58	54.7	53	57	85.4	
6	Kamis 18/08/2022	60.2	56	71.8	57.6	56	85	
7	Jum'at 19/08/2022	59.4	56	50.5	57.6	56	69.5	
8	Sabtu 20/08/2022	57.3	55	69.4	43.4	49	88	
9	Minggu 21/08/2022	54.3	56	63.2	57.2	56	75.6	
10	Senin 22/08/2022	56	54	92.8	77.9	76	97.4	

Tabel 7. Spesifikasi Pembangkit ORC

Item	Unit	Capacity
flowrate of hot water	kg/hr	6.1
hot water pump	kW	0.72
flowrate of hot water	kg/hr	10
cold water pump	kW	1.11
Condenser	kcal/s	29.54
Evaporator	kcal/s	25.69
type of working fluid		R245fa
flow rate of working fluid	kg/hr	2260
feeding pump	kW	0.2
power generated	kW	10.03
generator type	Synchronou s generator	3P380AC
Converter	kW	10*1(unit )
Inverter	kW	5*3(unit)

### 3.2.2 Kegiatan Seminar Pengabdian Masyarakat

Kegiatan pengabdian ini dilakukan di kantor Desa Pincara, pada hari Senin, tanggal 22 Agustus 2022. Gambar 7 menyajikan dokumentasi kegiatan Seminar Sosialisasi yang dihadiri oleh Kepala Desa Pincara, Sekretaris Desa Pincara, Kadis Lingkungan Hidup Luwu Utara, Tokoh Masyarakat, Tokoh Agama dan Tokoh Pemuda Desa Pincara Masamba. Kegiatan seminar akan menjelaskan mengenai potensi, prinsip serta kerja serta pentingnya pembangunan sistem ORC pada sumber mata air panas Pincara sebagai pembangkit listrik. Setelah itu dilanjutkan dengan diskusi serta tanya jawab dengan masyarakat yang hadir. Dapat dilihat pada Gambar 8, antusiasme masyarakat pada sesi tanya jawab.



Gambar 7. Kegiatan Pengabdian Masyarakat di Desa Pincara, Masamba



Gambar 8. Antusiasme Masyarakat Desa Pincara dalam Sesi Diskusi dan Tanya Jawab

### 3.2.3 Metode Pengukuran Capaian Kegiatan

Untuk mengetahui capaian kegiatan maka diberikan kuesioner pada peserta yang hadir pada kegiatan Sosialisasi pengabdian sebelum dan sesudah kegiatan ini berlangsung. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui perubahan mendasar seperti tingkat pemahaman dan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya pembangunan sistem ORC pada sumber mata air panas Pincara sebagai pembangkit listrik.

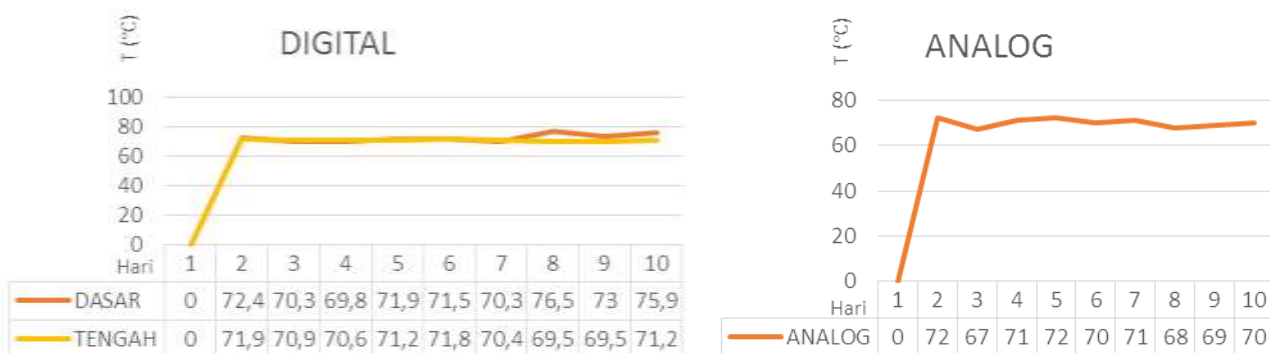
Adapun kuesioner yang diberikan dalam bentuk pertanyaan mengenai:

- A. Apakah anda mengetahui bahwa ORC aman?
- B. Apakah anda paham dengan prinsip kerja ORC?
- C. Apakah anda menerima kehadiran ORC di Desa Pincara?
- D. Apakah penyampaian dari Narasumber dapat dipahami dengan baik?

Pilihan jawaban diberikan dalam skala Dikotomis dengan jawaban ”ya” dan ”tidak”. Hal ini dimaksudkan agar responden memberikan jawaban biner dan lebih jelas, sehingga mendapatkan hasil survei yang relevan.

## 4. Hasil Dan Diskusi

### 4.1 Pengolahan Data dan Pemodelan ORC

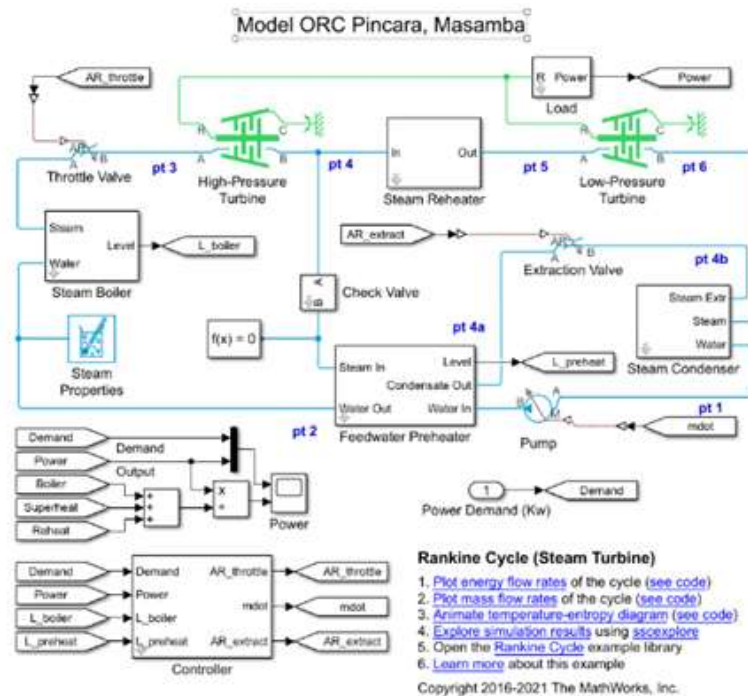


Gambar 9. Perbandingan Pengukuran Digital dan Analog pada Lokasi A

Gambar 9 menunjukkan hasil validasi terhadap pengukuran menggunakan alat ukur digital dan alat ukur analog, diperoleh hasil bahwa rata-rata *error* sebesar  $1,07^0$  C. dari hasilnya ini juga



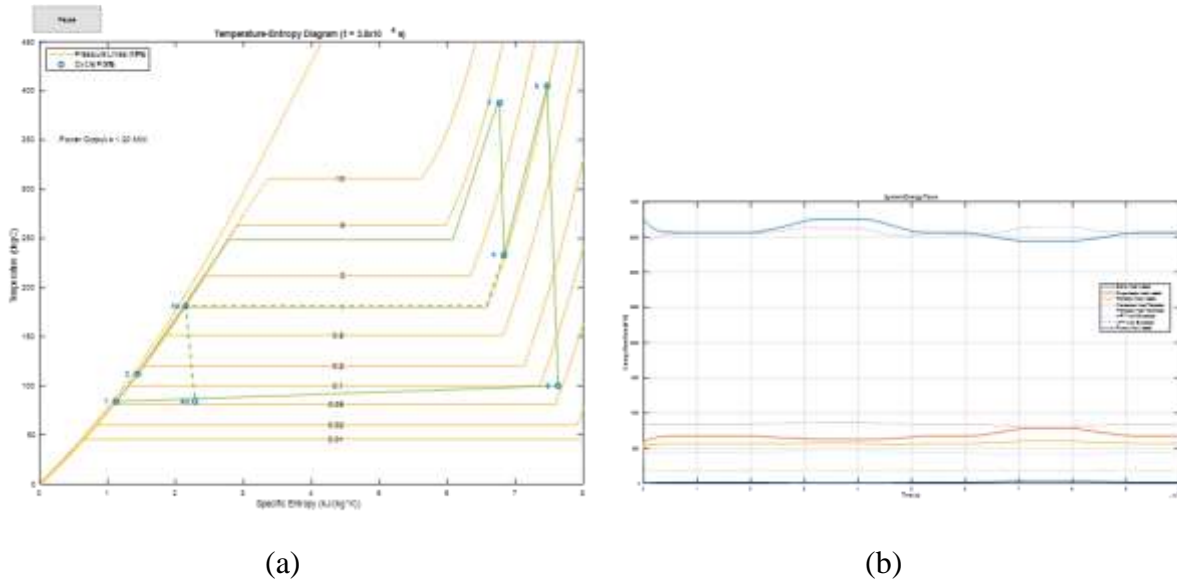
terlihat bahwa suhu pada dasar sumur lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di atas permukaan sumur air panas. Untuk melihat proses pembangkitan dan daya yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (ORC) yang berada di Desa Pincara, Masamba, dilakukan *modeling* dan simulasi menggunakan MATLAB 2022a. Adapun desain *modeling* ORC yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pemodelan MATLAB Sistem ORC Pincara, Kabupaten Luwu Utara

Langkah selanjutnya adalah membuat model sistem ORC pada Pincara ke dalam model simulasi pada MATLAB, dan diperoleh gambaran terkait kinerja sistem ORC yang ada. Model ini dapat mewakili kondisi kerja dari peralatan yang ada di lokasi, sehingga dapat diketahui daya output dari generator setiap saat, yang dipengaruhi oleh perubahan suhu pada sumber air panas yang ada di lokasi.

Gambaran terkait siklus *rankine cycle* yang terjadi dan daya output ORC yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 11. Dengan kenaikan titik uap pada fluida kerja yaitu R245fa akan mampu menghasilkan tekanan yang tinggi untuk memutar turbin yang kemudian akan menghasilkan daya listrik.



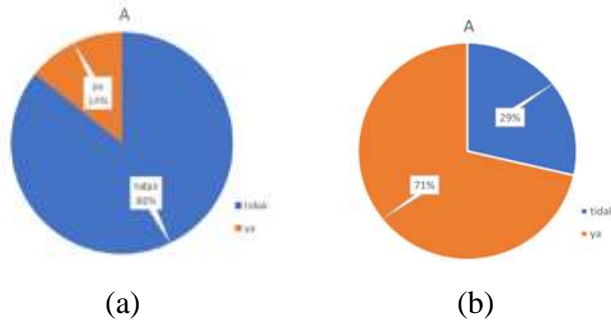
Gambar 11. (a) Siklus *Rankine Cycle*, (b) Output Daya ORC

#### 4.2 Perbandingan Hasil Kuesioner Kegiatan Sosialisasi

Terkait pembangunan proyek ORC di Desa Pincara Sebelum diadakannya kegiatan Sosialisasi diberikan kuisisioner pada masyarakat dengan total 21 orang responden yang hadir. Dapat dilihat pada grafik perbandingan persentase sebelum dan sesudah mengikuti kegiatan Sosialisasi dengan poin pertanyaan di antaranya:

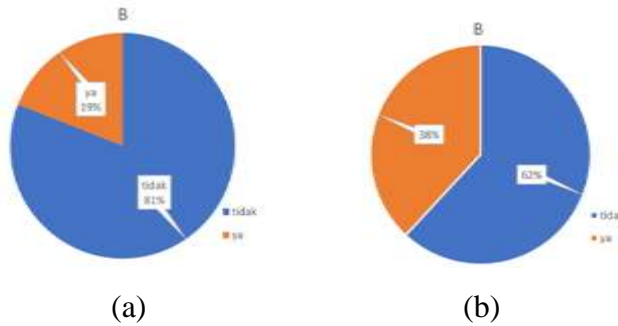
- A. Apakah anda mengetahui bahwa ORC aman?
- B. Apakah anda paham dengan prinsip kerja ORC?
- C. Apakah anda menerima kehadiran ORC di Desa Pincara?
- D. Apakah penyampaian dari Narasumber dapat dipahami dengan baik?

Dapat dilihat pada Gambar 12 sebelum mengikuti kegiatan sosialisasi dimana pada poin pertanyaan A mencakup jawaban masyarakat mengenai keamanan dari pada pembangkit sistem ORC. Dapat dilihat pada Gambar 12a. Sebelum mengikuti kegiatan 86% masyarakat tidak mengetahui akan amannya proyek Pembangkit Listrik Panas Bumi sistem ORC yang akan dibangun. Dari hasil diskusi saat kegiatan sosialisasi, sebagian besar mereka menganggap bahwa dampak negatif yang ditimbulkan akan mirip dengan kasus lumpur Lapindo. Setelah kegiatan dilaksanakan dapat dilihat peningkatan pada Gambar 12b sebesar 71% masyarakat desa yang hadir mengetahui akan amannya Proyek Pembangkit Listrik Panas Bumi ORC.

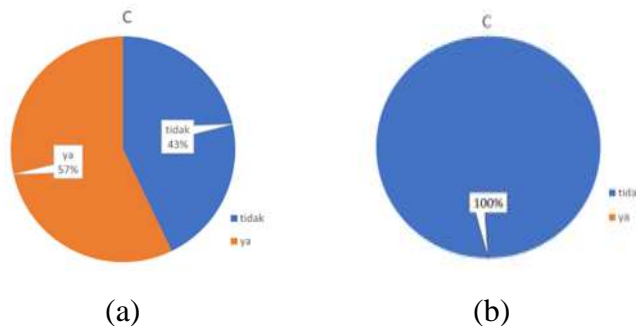


Gambar 12. Perbandingan Masyarakat tentang Amannya ORC: (a) Sebelum Kegiatan; (b) Setelah Kegiatan

Kemudian pada Gambar 13 mencakup perbandingan pemahaman masyarakat sebelum dan sesudah mengikuti kegiatan sosialisasi mengenai prinsip kerja ORC. Gambar 13a menunjukkan sebelum kegiatan hanya 19% masyarakat yang paham dan 81% sisanya belum memahami prinsip kerja ORC. Setelah mengikuti kegiatan dapat dilihat pada Gambar 13b peningkatan 38% masyarakat yang paham dan 62% masyarakat yang belum memahami prinsip kerja ORC, mengingat pembangkit jenis ini masih terbilang baru dan yang umum digunakan di daerah tersebut berupa pembangkit jenis PLTA yang menggunakan turbin air.



Gambar 13. Perbandingan Pemahaman Masyarakat mengenai Prinsip Kerja ORC: (a) Sebelum Kegiatan; (b) Setelah Kegiatan

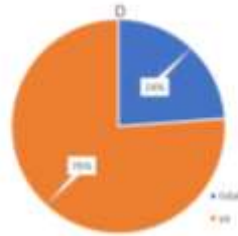


Gambar 14. Perbandingan Masyarakat mengenai Kehadiran Proyek ORC di Desa Pincara: (a) Sebelum Kegiatan; (b) Setelah Kegiatan

Dari Gambar 14a dapat dilihat sebelum mengikuti kegiatan hanya 57% masyarakat yang menerima kehadiran proyek Pembangkit Listrik Panas Bumi ORC. Sedangkan 43% masyarakat yang hadir tidak menerima kehadiran proyek Pembangkit Panas Bumi ORC. Hal ini mungkin



dikarenakan masyarakat masih asing dengan pembangkit jenis ini, hal ini juga diperkuat dari hasil diskusi dan kuesioner sebelumnya dimana masyarakat menganggap bahwa dampak negatif yang ditimbulkan akan mirip dengan kasus lumpur Lapindo. Setelah mengikuti kegiatan sosialisasi, dapat dilihat pada Gambar 14b seluruh masyarakat yang hadir menerima dan mendukung proyek pembangunan Pembangkit, mengingat dampak yang ditimbulkan cukup bermanfaat bagi masyarakat di desa sekitar.



Gambar 15. Pemahaman Masyarakat mengenai Penyampaian Narasumber setelah Kegiatan Sosialisasi

Terkait penyampaian Narasumber apakah dapat dipahami dengan baik, dapat dilihat pada Gambar 14, di mana 76% masyarakat dapat memahami dengan baik apa yang dipaparkan oleh anggota tim pengabdian setelah kegiatan sosialisasi dilaksanakan.

## 5. Kesimpulan

Dari sosialisasi terkait rencana pembangunan pembangkit listrik panas bumi skala kecil sistem ORC pada desa Pincara, Kabupaten Luwu Utara, terlihat kesadaran dan antusiasme masyarakat yang sangat baik dalam menyambut kehadiran proyek ORC ini. Hal ini dapat dilihat dari grafik responden sebelum dan setelah mengikuti Sosialisasi dimana ada peningkatan pemahaman yang sebelumnya hanya 19% saja meningkat menjadi 38%. Keterbukaan masyarakat sebelum mengikut kegiatan sosialisasi juga hanya sebesar 57% yang menerima dan 43% yang tidak menerima pembangunan pembangkit listrik panas bumi skala kecil sistem ORC. Masyarakat menganggap bahwa dampak negatif yang ditimbulkan akan mirip dengan kasus lumpur Lapindo. Setelah mengikuti kegiatan sosialisasi, seluruh masyarakat yang hadir menerima dan mendukung penuh pembangunan pembangkit Listrik Panas Bumi ORC. Ada ide dan masukan dari warga desa terkait pemanfaatan energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit ORC tersebut. Penggunaan untuk penerangan lampu jalan Desa, pemanfaatan energi listrik untuk pengelolaan objek wisata air panas menjadi keinginan dari seluruh warga yang hadir.

Peluang lain yang dapat dihasilkan dari kehadiran pembangkit ORC skala kecil ini adalah peluang untuk menjadikannya sebagai objek wisata edukasi selain objek wisata pemandian air panas. Kemudian peluang untuk membuat proyek ORC sebagai Bumdes, sehingga keberlanjutan pembangkit ORC ini akan terus berjalan dan akan memberikan dampak positif bagi peningkatan ekonomi masyarakat di Desa Pincara.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada bapak Kepala Desa Pincara, Masamba, Kabupaten Luwu Utara, dan segenap tokoh masyarakat, tokoh agama dan tokoh pemuda Desa Pincara, yang telah merespon kehadiran proyek ini. Ucapan terima kasih kepada Universitas Hasanuddin yang telah menyediakan bantuan Program Pengembangan Usaha Produk Intelektual Kampus UNHAS tahun anggaran 2022. Ucapan terima kasih juga kepada pihak lembaga penelitian pemerintah Korea Selatan khususnya Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), yang telah menghibahkan unit pembangkit panas bumi ORC.

## Daftar Pustaka

- Asolfi, M., Baresi, M., Buijtenen, J. van, Casella, F., Colonna, P., David, G., Karellas, S., Ohman, H., Sanches, D., & Wieland, C., (2022). *Thermal Energy Harvesting The Path to Tapping into a Large CO<sub>2</sub>-free European Power Source*. The Knowledge Center on Organic Rankine Cycle technology (KCORC). Terdapat pada laman [www.kcorc.org/en/committees/thermal-energy-harvesting-advocacy-group](http://www.kcorc.org/en/committees/thermal-energy-harvesting-advocacy-group). Diakses pada tanggal 10 Januari 2023.
- Firdaus, A. N., & Bachtiar K.P, A., (2013). *STUDI VARIASI LAJU PENDINGINAN COOLING TOWER TERHADAP SISTEM ORC (Organic Rankine Cycle) DENGAN FLUIDA KERJA R-123*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Diakses pada tanggal 10 Januari 2023.
- Hossain, Md. Z., & Illias, H. A., (2022). Binary power generation system by utilizing solar energy in Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4), 101650. Terdapat pada laman <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.11.019>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2023.
- Hutapea, T. H., & Windarta, J., (2022). Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Siklus Terbuka Dengan Sistem Organic Rankine Cycle. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 3(2), 99–120. Terdapat pada laman <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.13332>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2023.
- Ma, Q., Chen, Y., Liu, A., & Jiang, Q., (2022). Benefit analysis of organic Rankine cycle power generation by using waste heat recovery in Refinery. *E3S Web of Conferences*, 352, 02014. Terdapat pada laman <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235202014>. Diakses pada tanggal 11 Januari 2023.
- Mayasari, F., Samman, F., Muslimin, Z., Waris, T., Dewiani, D., Salam, A. E., Gunadin, I., Areni, I., Akil, Y., Sahali, I., & Arief, A., (2022). Pengenalan Panel Surya sebagai Salah Satu Sumber Energi Terbarukan untuk Pembelajaran di SMA Negeri 1 Takalar. *JURNAL TEPAT : Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 1-13. Terdapat pada laman [https://doi.org/10.25042/jurnal\\_tepat.v5i2.271](https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v5i2.271). Diakses pada tanggal 9 Januari 2023.
- McClean, A., & Pedersen, O. W., (2023). The role of regulation in geothermal energy in the UK. *Energy Policy*, 173, 113378. Terdapat pada laman <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113378>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2023.
- Moreira, L. F., & Arrieta, F. R. P., (2019). Thermal and economic assessment of organic Rankine cycles for waste heat recovery in cement plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114, 109315. Terdapat pada laman <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109315>. Diakses pada tanggal 9 Januari 2023.
- Muzayanah, I. F. U., Lean, H. H., Hartono, D., Indraswari, K. D., & Partama, R., (2022). Population density and energy consumption: A study in Indonesian provinces. *Heliyon*, 8(9),

- e10634. Terdapat pada laman <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10634>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2023.
- Setiawan, A. D., Dewi, M. P., Jafino, B. A., & Hidayatno, A., (2022). Evaluating feed-in tariff policies on enhancing geothermal development in Indonesia. *Energy Policy*, 168, 113164. Terdapat pada laman <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113164>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2023.
- Sumardi, O. E., Sundhoro, H., Panas, S., & Abstrak, B., (2005). *GEOLOGI DAERAH PINCARA, MASAMBA, KABUPATEN LUWU UTARA, SULAWESI SELATAN*. Diakses pada tanggal 8 Januari 2023.
- Thangavel, S., Verma, V., Tarodiya, R., & Kaliyaperumal, P., (2021). Comparative analysis and evaluation of different working fluids for the organic rankine cycle performance. *Materials Today: Proceedings*, 47, 2580–2584. Terdapat pada laman <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.064>. Diakses pada tanggal 8 Januari 2023.
- Tsimpoukis, D., Syngounas, E., Bellos, E., Koukou, M., Tzivanidis, C., Anagnostatos, S., & Gr. Vrachopoulos, M., (2023). Thermodynamic and economic analysis of a supermarket transcritical CO<sub>2</sub> refrigeration system coupled with solar-fed supercritical CO<sub>2</sub> Brayton and organic Rankine cycles. *Energy Conversion and Management: X*, 18, 100351. Terdapat pada laman <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100351>. Diakses pada tanggal 10 Januari 2023.
- Xiamen Juda Chemical & Equipment Co., Ltd. (2020, Juni 20). *What is R245FA pentafluoropropane or refrigerant R245FA or foaming agent R245FA - news*. Terdapat pada laman <https://www.fluorined-chemicals.com/news/what-is-r245fa-pentafluoropropane-or-refrigera-35174466.html>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2023.