

# Studi Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik *Hybrid* Genset-PV di Wilayah Pesisir Kabupaten Malang

Divac Nabel Akbar<sup>\*a)</sup>, Binar Surya Gumilang<sup>2a)</sup>, Afidah Zuroida<sup>3a)</sup>

(Artikel diterima: Januari 2023, direvisi: Februari 2023)

**Abstract:** *The need for electrical energy in a region is increasing along with the growth of the population. Sources of electrical energy derived from fossils will run out over time because this energy is non-renewable. Thus, renewable sources of electrical energy must be developed and become a very urgent need for the community, including in the southern coastal area of Malang Regency, East Java. The location has sufficient solar radiation potential and can be used to generate electrical energy. The development of renewable energy supports the self-sufficiency of the community in fulfilling electricity by utilizing the resources around them. This paper aims to examine the opportunities for developing hybrid power plants (electric generator sets and solar panels) in the southern coastal area of Malang Regency using the HOMER software simulation. The results of the study concluded that generation using a hybrid system, with a COE value of IDR 6,972, an NPC value of IDR 615 (million) and a CO<sub>2</sub> emission value of 5,992 kg per year is the recommended system configuration. The results of this study were then taken into consideration in designing a power generation system in the south coast region of Malang Regency.*

**Keywords:** *Renewable Energy, Hybrid Power Generation, Photovoltaic, Economics, Optimal Configuration.*

## 1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi mengakibatkan peningkatan konsumsi energi listrik dalam beberapa tahun terakhir ini. Banyak daerah terpencil terutama di negara berkembang yang tidak memiliki akses untuk mendapatkan energi listrik. Saat ini sebagian besar energi listrik di dunia dipasok oleh sumber yang berasal dari bahan bakar fosil [1]. Namun, penggunaan bahan bakar fosil menimbulkan masalah terhadap lingkungan, diantaranya produksi gas metana yang berbahaya. Selain itu, ketersediaan bahan bakar fosil sudah hampir habis, sehingga harganya mahal [2,3]. Adanya dampak buruk penggunaan bahan bakar fosil dan kenyataan tentang berkurangnya ketersediaan fosil mendorong perlunya mempertimbangkan pengembangan energi alternatif, yaitu pembangkit listrik dengan menggunakan energi baru terbarukan.

Sumber energi terbarukan juga sering disebut sumber energi alternatif. Sumber energi terbarukan yang menggunakan sumber daya dalam negeri berpotensi menyediakan layanan energi nol emisi, baik polutan udara maupun efek gas rumah kaca. Saat ini, sumber energi terbarukan memasok 14% dari total kebutuhan energi dunia. Sumber energi terbarukan menyumbang 2% dari konsumsi energi dunia pada tahun 1998, termasuk 7 exajoule dari biomassa modern dan 2 exajoule untuk semua energi terbarukan lainnya. Sumber energi terbarukan adalah energi biomassa, tenaga air, panas bumi, matahari, bayu, dan laut. Sumber energi terbarukan terjadi secara alami di lingkungan. Sumber energi alternatif juga menghasilkan tingkat gas rumah kaca dan polutan lain yang lebih rendah atau dapat diabaikan jika dibandingkan dengan sumber energi yang berasal dari fosil [4].

Pentingnya listrik untuk kehidupan sehari-hari, mendorong upaya untuk mengembangkan sumber listrik alternatif menggunakan sumber energi terbarukan, termasuk di Indonesia. Indonesia merupakan negara dengan wilayah yang luas. Pada kenyataannya, tidak semua wilayah mendapat aliran listrik, karena terdapat wilayah yang letak geografisnya terpencil dan tidak terjangkau oleh sistem transmisi dan distribusi dari Perusahaan Listrik Negara (PLN).

Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam

jumlah besar. Beberapa diantaranya dapat segera diterapkan di Indonesia, seperti biodiesel sebagai pengganti bahan bakar solar, bioethanol sebagai pengganti bahan bakar bensin, tenaga panas bumi, mikrohidro, tenaga surya, tenaga bayu, dan sampah/limbah. Hampir semua sumber energi tersebut sudah dicoba diterapkan dalam skala kecil di tanah air [5].

Penelitian tentang pengembangan energi terbarukan untuk memasok energi listrik di daerah yang memiliki potensi pengembangan energi terbarukan telah dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya adalah penelitian [6] yang menyatakan bahwa krisis listrik di kota Gorontalo semakin mempengaruhi kegiatan di berbagai sektor, terlebih sebagai pusat pemerintahan dan ekonomi, sehingga harus memiliki listrik yang stabil untuk memfasilitasi kegiatan pemerintahan dan ekonomi. Alasan ini mendorong dilakukannya pengembangan sumber energi terbarukan. Hasil analisis menunjukkan bahwa potensi tenaga angin di kota Gorontalo bervariasi dari 512,27 J sampai 2954,59 J, sedangkan konversi energi listrik bervariasi dari 3,23 sampai 18,61 watt/m<sup>2</sup>. Potensi tenaga angin di kota Gorontalo termasuk dalam kelompok potensi sedang, yang berarti masih dapat dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi desain turbin angin, seperti listrik *hybrid* yaitu diesel dan angin. Penelitian [7] dilakukan di Kabupaten Tulungagung yaitu di kawasan Pantai Brumbun. Penelitian ini fokus pada perancangan dan analisis sistem energi terbarukan yang terdiri dari sistem kombinasi panel surya, turbin angin, dan generator diesel menggunakan perangkat lunak HOMER. Penelitian dari konfigurasi pembangkit listrik *hybrid* menunjukkan bahwa penggunaan generator diesel 10 kW, panel surya 8 kW, dan turbin angin 6 kW adalah solusi terbaik, dari kombinasi tiga sumber energi menunjukkan *net present cost* (NPC) senilai \$44.680, *cost of energy* (COE) \$0,268/kWh, dan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 1.077 kg/tahun.

Untuk memastikan ketersediaan listrik yang terbarukan, diperlukan upaya alternatif. Salah satu solusi untuk masalah ini adalah merancang pembangkit listrik *hybrid* sebagai alternatif sumber energi terbarukan. Berdasarkan hasil survei, tidak semua wilayah pantai selatan di Kabupaten Malang dialiri listrik dari PLN sebagai pemasok listrik nasional.

Berdasarkan kebutuhan untuk beralih ke sumber energi

terbarukan dan pertimbangan potensi kekayaan alam di wilayah pantai selatan Kabupaten Malang, maka perlu untuk dikaji kemungkinan pengembangan pembangkit listrik *hybrid* yaitu generator diesel dan panel surya. Penelitian ini bertujuan menganalisis potensi pengembangan pembangkit listrik hybrid genset-solar sel di wilayah pantai selatan Kabupaten Malang, yaitu pantai Kondang Merak.

## 2. Kajian Pustaka

### 2.1 Potensi Energi Matahari di Indonesia

Matahari adalah sumber utama panas dan cahaya di bumi. Rata-rata radiasi matahari di lapisan atmosfer terluar adalah sebesar 1.373 watt/m<sup>2</sup> dan daya maksimum sinar matahari yang sampai secara langsung ke permukaan bumi adalah sebesar 1.000 W/m<sup>2</sup>. Data tersebut merupakan jumlah energi yang mencapai permukaan bumi. Ada dua macam teknologi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yaitu *solar thermal* dan *photovoltaic* [8].

Energi terbarukan di Indonesia sangat melimpah, dengan potensi lebih dari 400.000 Mega Watt (MW), 50% diantaranya atau sekitar 200.000 MW adalah potensi energi matahari. Sementara pemanfaatan energi matahari saat ini baru sekitar 150 MW atau 0,08% dari potensi yang ada. Indonesia adalah Negara khatulistiwa yang seharusnya bisa menjadi pemimpin dalam pengembangan energi surya [9].

Pada tahun 2025, Indonesia merencanakan kapasitas pembangkit yang bersumber dari energi matahari mencapai 296 Gigawatt (GW). Secara teori, potensi energi matahari yang melimpah di Indonesia diimbangi dengan lokasi geografis seluruh wilayah Indonesia yang selalu disinari matahari sepanjang tahun. Energi matahari selain dimanfaatkan secara mandiri juga dapat diterapkan sistem *hybrid* atau gabungan dengan memanfaatkan energi yang lain atau menggunakan teknologi tertentu sesuai keperluannya [10].

### 2.2 Pembangkit Listrik Hybrid

Sistem Energi Terbarukan *Hybrid* atau *Hybrid Renewable Energy Systems* (HRES) menjadi populer sebagai sistem tenaga yang berdiri sendiri untuk menyediakan listrik di daerah-daerah terpencil karena kemajuan dalam teknologi energi terbarukan dan kenaikan harga produk minyak bumi. Sistem energi *hybrid* pada umumnya terdiri dari dua atau lebih sumber energi terbarukan yang digunakan bersama untuk memberikan peningkatan efisiensi sistem serta keseimbangan yang lebih besar dalam pasokan energi. Sistem energi *hybrid* dapat menggunakan sumber energi matahari, angin, dan air. Sebagian besar energi terbarukan yang tersedia di bumi terdiri dari berbagai bentuk energi matahari [11].

### 2.3 Panel Surya

*Photovoltaic solar energy* (PV) adalah salah satu industri yang paling berkembang di seluruh dunia, dan untuk mengimbanginya, perkembangan baru telah meningkat dalam hal penggunaan material, desain perangkat, konsumsi energi untuk memproduksi material, produksi teknologi, dan konsep baru untuk meningkatkan efisiensi sel surya [12].

Panel surya merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan listrik dari matahari [13]. Semakin besar radiasi matahari, semakin banyak daya yang akan diperoleh. Meskipun pada tempat yang teduh, panel surya tetap dapat menghasilkan energi listrik.

Sebagian besar panel surya terdiri dari sel surya individu. Sel surya ini menghasilkan sekitar 0,5 volt, sehingga untuk menghasilkan tegangan dan daya yang dibutuhkan dapat disusun secara seri ataupun paralel.

### 2.4 Set Generator Listrik

Set generator listrik merupakan sumber daya listrik yang ditujukan untuk aplikasi listrik apa pun. Awalnya set generator listrik dikembangkan untuk keperluan militer namun secara bertahap diperluas ke tujuan yang lebih umum. Set generator listrik saat ini banyak digunakan oleh industri bangunan, pertanian, untuk aplikasi transportasi darat dan udara, dan untuk menyediakan layanan medis.

Set generator listrik bekerja pada prinsip motor generator dengan generator sinkron yang tereksitasi secara elektromagnetik. Set generator listrik digerakkan pada kecepatan konstan baik oleh mesin bensin atau diesel untuk menghasilkan frekuensi listrik tetap yaitu 50, 60, atau 400 Hz yang sesuai dengan frekuensi tegangan keluaran yang diinginkan [14].

Secara umum, generator diesel akan menggunakan 0,4 L diesel per kWh yang diproduksi. Generator diesel digunakan dalam banyak aplikasi serbaguna di seluruh dunia. Generator set banyak digunakan di tempat-tempat pedesaan dan dapat digunakan sebagai sumber daya utama atau untuk sistem cadangan. Generator diesel juga dapat digunakan untuk mengimbangi kebutuhan daya puncak pada grid karena dapat dengan cepat dinyalakan dan dimatikan tanpa menyebabkan jeda waktu. Pada umumnya generator yang digunakan berkisar dari 8 hingga 30 kW sementara generator yang digunakan untuk pengaturan komersial dapat berkisar dari 8 kW hingga 2.000 kW. Kapal besar juga menggunakan generator diesel untuk keperluan tenaga tambahan, yang dapat berkisar dari lampu, kipas dan sakelar [15].

### 2.5 Baterai

Sistem penyimpanan energi dapat menyeimbangkan fluktuasi pasokan listrik dan memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat. Untuk durasi singkat, penyimpanan baterai dapat menghasilkan kontrol dan stabilitas frekuensi sedangkan untuk persyaratan durasi lama, penyimpanan baterai dapat menghasilkan manajemen atau cadangan energi. Penyimpanan juga dapat digunakan untuk melengkapi pembangkitan primer karena dapat digunakan untuk menghasilkan energi selama periode off peak dan energi yang dihasilkan dapat disimpan sebagai daya cadangan. Penyimpanan dapat memainkan peran multifungsi dalam jaringan pasokan listrik untuk mengelola sumber daya secara efektif. Ketika digunakan dengan sumber daya terbarukan, penyimpanan energi dapat meningkatkan kegunaan listrik PV dan bayu. Penyimpanan energi dapat memfasilitasi masuknya energi bayu dan matahari ke dalam jaringan listrik [16].

Baterai pada umumnya terdiri dari sejumlah sel elektrokimia. Setiap sel menggunakan reaksi kimia untuk menyimpan energi, dan mengubah energi menjadi listrik untuk digunakan saat dibutuhkan [17]. Baterai pada PV berfungsi sebagai penyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya dan menstabilkan sumber energi terbarukan yang mempunyai sifat fluktuatif dalam pembangkitannya. Baterai hanya mampu digunakan untuk menyimpan dan menyuplai tegangan DC. Pada umumnya, energi listrik yang dihasilkan oleh PV adalah jenis DC. Apabila panel PV menghasilkan energi yang melebihi kebutuhan beban, maka energi

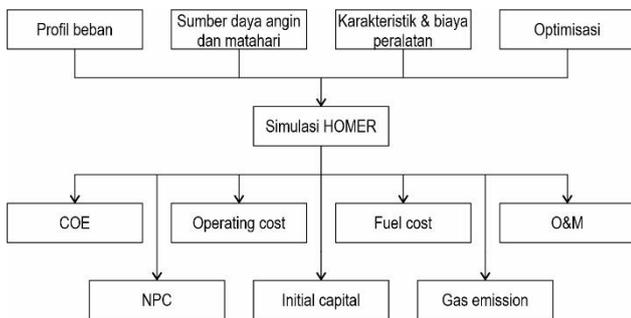
tersebut digunakan untuk mengisi muatan listrik pada baterai. Sebaliknya, apabila pada kondisi tidak terdapat energi matahari, maka kebutuhan listrik akan dipenuhi oleh baterai. Nilai kapasitas baterai dinyatakan dalam satuan ampere-hours (Ah).

## 2.6 Perangkat Lunak HOMER

HOMER merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan oleh peneliti untuk keperluan optimasi dan pemodelan sistem tenaga listrik *hybrid*. Perangkat lunak HOMER adalah alat untuk mengoptimalkan biaya dan sistem yang digunakan untuk kelayakan proyek yang dikembangkan oleh NREL (*National Renewable Energy Laboratory*, Amerika Serikat). Dalam perangkat lunak ini terdapat beberapa jenis teknologi yang ada seperti PV, bayu, sel bahan bakar, dan hidro serta mampu melakukan simulasi setiap jam. Perangkat lunak ini telah digunakan untuk analisis prakelayakan dan studi sistem tenaga *off-grid* di dunia [18].

Model optimisasi pada perangkat lunak HOMER digunakan untuk mensimulasikan sistem. Terdapat beberapa pilihan yang disediakan untuk berbagai ukuran komponen yang digunakan, komponen yang akan ditambahkan ke sistem, dan fungsi biaya komponen yang digunakan dalam sistem. Algoritma pengoptimalan dan analisis sensitivitas HOMER mengevaluasi kemungkinan konfigurasi sistem. Kisaran harga bahan bakar yang berbeda dan kecepatan angin yang berbeda dipertimbangkan untuk pemodelan. Perhitungan biaya sistem memperhitungkan biaya seperti modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, serta bahan bakar [19].

Gambar 2.1 menunjukkan diagram prinsip kerja software HOMER.



GAMBAR 2.1 DIAGRAM SIMULASI PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HOMER

## 3. Metodologi Penelitian

Simulasi pada penelitian ini menggunakan komponen pembangkit *hybrid* yaitu PV, set generator listrik, baterai, dan konverter. Sedangkan variabel yang dibahas dalam artikel ini adalah *Cost of Energy* (COE), *Net Present Cost* (NPC), dan gas emisi CO<sub>2</sub>. Kasus yang disimulasikan dalam artikel ini adalah simulasi set generator listrik dan PV [7].

Objek yang dikaji dalam penelitian ini meliputi aspek ekonomi dan emisi pembangkit listrik *hybrid* generator diesel dan panel surya menggunakan simulasi perangkat lunak HOMER.

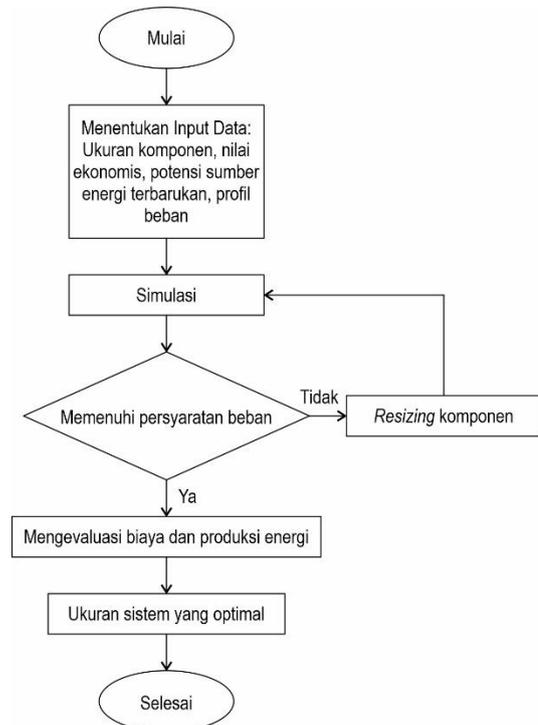
### 3.1 Data Beban Harian

Beban listrik harian di desa Kondang Merak dihitung berdasarkan hasil survey, banyaknya bangunan meliputi 20 rumah

penduduk, 1 masjid, 1 gereja, dan 1 warung dengan peralatan yaitu lampu, TV, radio kipas angin, setrika, dan pengeras suara. Total perhitungan beban harian adalah sebesar 18,722 kWh.

### 3.2 Simulasi Perangkat Lunak HOMER

Untuk memperoleh konfigurasi pembangkit listrik hybrid yang optimal, digunakan simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER. Diagram simulasi pembangkit listrik *hybrid* menggunakan software HOMER seperti ditampilkan pada Gambar 3.1.



GAMBAR 3.1 DIAGRAM SIMULASI PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HOMER

### 3.3 Komponen Penunjang Konfigurasi Sistem Pembangkit Listrik Hybrid

- Tenaga listrik dihasilkan dari panel surya dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut [20]:

$$PV_{(area)} = \frac{E_L}{H \times \eta_{pv} \times TCF \times \eta_{out}} \quad (2-1)$$

$PV_{(area)}$  adalah luas panel surya. Jika suhu sel diasumsikan mencapai 60° C, maka koreksi suhu factor ( $TCF$ ) adalah 0,8;  $\eta_{out} = 0,85 \times 0,9 = 0,765$ ; dan dengan asumsi  $\eta_{pv} = 18\%$  [21].

- Setelah menghitung luas panel surya maka langkah selanjutnya adalah menentukan kapasitas PV menggunakan persamaan di bawah ini:

$$P_{PV} = PV_{(area)} \times PSI \times \eta_{pv} \quad (2-2)$$

$PSI$  adalah intensitas matahari puncak di permukaan bumi (1.000 W/m<sup>2</sup>) dan  $\eta_{pv}$  adalah efisiensi solar panel.

- Kapasitas generator yang terpasang yaitu :

$$Kapasitas\ Generator = (beban\ puncak + 30\%) + beban\ puncak \quad (2-3)$$

- Penyimpanan kapasitas baterai dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$C_{wh} = \frac{N_c \times E_L}{DoD \times \eta_{out}} \quad (2-4)$$

\*Korespondensi: nabel@polinema.ac.id

a) Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Dengan  $E_L$  adalah energi beban (kWh/hari),  $N_c$  adalah otonomi harian baterai yaitu 2 hari,  $\eta_{out}$  adalah efisiensi inverter dikalikan dengan efisiensi baterai, dan  $DoD$  adalah depth of discharge baterai.

### 3.4 Aspek Ekonomi dan Emisi

*Net Present Cost* (NPC) adalah nilai saat ini untuk memasang dan mengoperasikan sistem selama masa pakainya dalam proyek, sebagaimana dimaksud sebagai biaya siklus hidup. Untuk menghitung NPC, HOMER menggunakan persamaan berikut [22]:

$$C_{NPC} = \frac{C_{ann,tot}}{CRF(i,N)} \quad (2-5)$$

Dengan  $C_{ann,tot}$  adalah total biaya tahunan sistem yang meliputi biaya modal, biaya penggantian, biaya operasi dan pemeliharaan tahunan, dan biaya bahan bakar sedangkan  $CRF$  adalah faktor pemulihan modal,  $i$  adalah tingkat bunga riil, dan  $N$  adalah umur proyek.

HOMER mendefinisikan *Cost Of Energy* (COE) sebagai biaya rata-rata per kWh energi listrik yang dihasilkan oleh sistem. Untuk menghitung COE, HOMER menggunakan persamaan berikut [23].

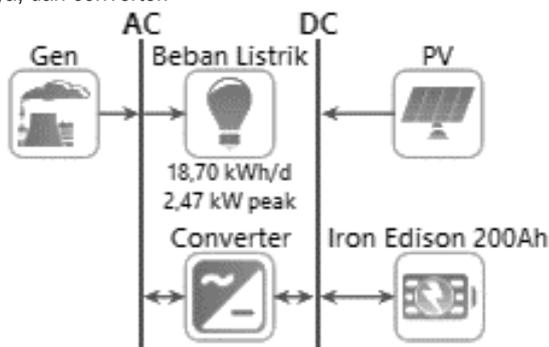
$$COE = \frac{C_{ann,tot} - C_{boiler} H_{served}}{E_{served}} \quad (2-6)$$

Dengan  $C_{ann,tot}$  adalah total biaya tahunan sistem,  $C_{boiler}$  adalah biaya marginal boiler,  $H_{served}$  adalah total beban termal yang dilayani, dan  $E_{served}$  adalah total beban listrik yang dilayani.

Sebelum mensimulasikan sistem tenaga, HOMER menentukan faktor emisi (kg polutan yang dikeluarkan per unit bahan bakar yang dikonsumsi) untuk setiap polutan. Setelah simulasi, HOMER menghitung emisi tahunan polutan itu dengan mengalikan faktor emisi dengan total konsumsi bahan bakar tahunan.

### 3.5 Konfigurasi Rangkaian

Konfigurasi pada Gambar 3.2 merupakan konfigurasi beban yang disuplai oleh panel surya dan generator. Pada konfigurasi ini komponen yang diperlukan yaitu: generator diesel, baterai, panel surya, dan converter.



GAMBAR 3.2 KONFIGURASI DIESEL GENERATOR-PANEL SURYA-BATERAI-BEBAN

## 4. Hasil dan Analisis

Hasil simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER perangkat ditunjukkan pada Gambar 4.1.

Architecture	Cost			System	
	COE (Rp)	NPC (Rp)	Operating cost (Rp)	O&M (Rp)	CO <sub>2</sub> (kg/yr)
	Rp6.972	Rp615M	Rp42,6M	Rp15,4M	5.992
	Rp7.919	Rp699M	Rp49,9M	Rp17,9M	6.964
	Rp9.129	Rp805M	Rp54,3M	Rp21,6M	6.817
	Rp12.188	Rp1,08B	Rp81,1M	Rp32,3M	9.805

GAMBAR 4.1 HASIL KALKULASI MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK HOMER

Dari hasil simulasi dengan menggunakan software HOMER diperoleh data sebagai berikut.

Kasus 1. Pembangkitan hanya menggunakan set generator listrik. Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa jika hanya menggunakan set generator listrik nilai COE sebesar Rp12.188, nilai NPC sebesar Rp1.08 (miliar) dan nilai emisi CO<sub>2</sub> sebesar 9.805 kg per tahun.

Kasus 2. Pembangkitan menggunakan sistem *hybrid* yaitu set generator listrik dan PV. Dari Gambar 4.1 terlihat bahwa jika menggunakan sistem *hybrid* set generator listrik dan PV nilai COE sebesar Rp6.972, nilai NPC sebesar Rp615 (juta) dan nilai emisi CO<sub>2</sub> sebesar 5.992 kg per tahun.

Hasil simulasi diharapkan dapat menjadi pertimbangan bagi penentu kebijakan sehingga pembangkit listrik *hybrid* bisa diwujudkan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, khususnya di wilayah pantai Kondang Merak.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis diperoleh hasil pembangkitan yang menggunakan sistem *hybrid* yaitu set generator listrik dan PV memiliki nilai COE sebesar Rp6.972, nilai NPC sebesar Rp615 (juta) dan nilai emisi CO<sub>2</sub> sebesar 5.992 kg per tahun adalah konfigurasi sistem yang direkomendasikan. Biayanya untuk pengembangan pembangkit listrik *hybrid* memang tidak murah, namun manfaat bagi lingkungan yang diperoleh akan jauh lebih besar. Hal ini dibuktikan dengan hasil simulasi yaitu emisi CO<sub>2</sub> sebesar 5.992 kg per tahun.

## 6. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Malang atas dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- [1] Bahramara, S., Moghaddam, M. P., & Haghifam, M. R. (2016). Optimal planning of hybrid renewable energy systems using HOMER: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 609-620.
- [2] Hosseinalizadeh, R., Shakouri, H., Amalnick, M. S., & Taghipour, P. (2016). Economic sizing of a hybrid (PV-WT-FC) renewable energy system (HRES) for stand-alone usages by an optimization-simulation model: Case study of Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 139-150.
- [3] Kazem, H. A., Al-Badi, H. A., Al Busaidi, A. S., & Chaichan, M. T. (2017). Optimum design and evaluation of hybrid solar/wind/diesel power system for Masirah Island. *Environment, Development and Sustainability*, 19, 1761-1778.
- [4] Demirbaş, A. (2006). Global renewable energy

- resources. *Energy sources*, 28(8), 779-792.
- [5] Lubis, A. (2007). Energi terbarukan dalam pembangunan berkelanjutan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 8(2).
- [6] R. Yunginger dan N. Sune., "Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Kota Di Gorontalo", Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo, 2015.
- [7] M. N. Hidayat, A. Rahmat dan F. Ronilaya, "Feasibility Analysis Of A Renewable Autonomous Power Supply System At a Coastal Area In Indonesia", *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 10, no. 3, pp. 175-181, 2020.
- [8] Liun, E. (2011). potensi energi alternatif dalam sistem kelistrikan Indonesia. In *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir IV*.
- [9] "Indonesia Kaya Energi Surya, Pemanfaatan Listrik Tenaga Surya oleh Masyarakat Tidak Boleh Ditunda", *ebtke.esdm.go.id*, 2021. [Online]. Tersedia: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2021/09/02/2952/indonesia.kaya.energi.surya.pemanfaatan.listrik.tenaga.surya.oleh.masyarakat.tidak.boleh.ditunda>.
- [10] Al Hakim, R. R. (2020). Model energi Indonesia, tinjauan potensi energi terbarukan untuk ketahanan energi di Indonesia: Sebuah ulasan. *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1).
- [11] Magarappanavar, U. S., & Koti, S. (2016). Optimization of wind-solar-diesel generator hybrid power system using HOMER. *Optimization*, 3(06).
- [12] Sampaio, P. G. V., & González, M. O. A. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 590-601.
- [13] Boxwell, M. (2012) *Solar Electricity Handbook—A Simple Practical Guide to Solar Energy—Designing and Installing Photovoltaic Solar Electric Systems*. Greenstream Publishing, UK.
- [14] Leuchter, J., Bauer, P., Rerucha, V., & Hajek, V. (2008). Dynamic behavior modeling and verification of advanced electrical-generator set concept. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(1), 266-279.
- [15] "Diesel generator - Energy Education", *Energyeducation.ca*, 2020. [Online]. Tersedia: [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Diesel\\_generator](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Diesel_generator).
- [16] Joseph, A., & Shahidehpour, M. (2006, June). Battery storage systems in electric power systems. In *2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting* (pp. 8-pp). IEEE.
- [17] Stock, A., Stock, P., & Sahajwalla, V. (2015). Powerful potential: Battery storage for renewable energy and electric cars. *Climate Council of Australia Limited, Australia*.
- [18] Shahzad, M. K., Zahid, A., ur Rashid, T., Rehan, M. A., Ali, M., & Ahmad, M. (2017). Techno-economic feasibility analysis of a solar-biomass off grid system for the electrification of remote rural areas in Pakistan using HOMER software. *Renewable energy*, 106, 264-273.
- [19] Kansara, B. U., & Parekh, B. R. (2011, December). Modelling and simulation of distributed generation system using HOMER software. In *2011 International Conference on Recent Advancements in Electrical, Electronics and Control Engineering* (pp. 328-332). IEEE.
- [20] Ahmad, G. E. (2002). Photovoltaic-powered rural zone family house in Egypt. *Renewable Energy*, 26(3), 379-390.
- [21] Aziz, A. S., Tajuddin, M. F. N., Adzman, M. R., Ramli, M. A., & Mekhilef, S. (2019). Energy management and optimization of a PV/diesel/battery hybrid energy system using a combined dispatch strategy. *Sustainability*, 11(3), 683.
- [22] Ngan, M. S., & Tan, C. W. (2012). Assessment of economic viability for PV/wind/diesel hybrid energy system in southern Peninsular Malaysia. *Renewable and Sustainable energy reviews*, 16(1), 634-647.
- [23] Hidayat, M. N., Akbar, D. N., Syamsiana, I. N., & Ridzky, I. (2020, September). Analysis of potential development of the hybrid power plants in coastal areas of Malang Regency-Indonesia. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2255, No. 1, p. 020013). AIP Publishing LLC.