



# Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <http://ojs.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>  
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

## Pengaruh sudut kemiringan dan arah penempatan terhadap daya keluaran pada modul panel surya

I Gusti Agung Bagus Wirajati<sup>1\*</sup>, I Made Agus Kusuma Natha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas MEP, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364 Indonesia

<sup>2</sup>Program D3 Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bali, Jl. Kampus, Kuta Selatan, Badung, Bali 80364 Indonesia

\*Email: [igabwirajati@pnb.ac.id](mailto:igabwirajati@pnb.ac.id)

### Abstrak

Energi surya adalah sumber energi yang bisa disebut sangat berlimpah-ruah keadaannya, bersih, bebas dari *polusi*, dan tidak akan habis sepanjang masa. Panel surya merupakan suatu alat yang mampu mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai maksimum dari sudut kemiringan 0°, 15°, 30°, 45° dan untuk mengetahui nilai maksimum pada penempatan dengan arah mata angin utara, selatan, timur, dan barat. Penelitian ini menggunakan metode pengujian langsung pada sebuah perangkat modul sistem panel surya jenis polikristal 100 Wp, solar charge controller model SC-30DD, baterai 12V/100A, inverter 220V/1000W. Pengujian dilakukan pada hari yang berbeda dengan variasi sudut kemiringan panel surya dan arah mata angin. Adapun parameter yang diamati meliputi intensitas radiasi matahari, temperatur modul fotovoltaik, temperatur lingkungan, kelembaban relatif udara, tegangan dan arus keluar panel surya, arus beban AC dan arus beban DC terhadap waktu. Nilai daya maksimum keluaran yang didapatkan berdasarkan sudut kemiringan dengan kombinasi arah mata angin adalah sebesar 30° arah Utara. Sedangkan sudut kemiringan 15° merupakan sudut yang memberikan nilai daya paling besar.

Kata kunci: Sistem panel surya, sudut kemiringan photovoltaik, arah mata angin

**Abstract:** Solar energy is a source of energy that can be called very abundant, clean, free from pollution, and will not run out all the time. Solar panels are equipment capable of converting solar energy into electrical energy. The purpose of this study was to find out the maximum value of the inclination angle of 0°, 15°, 30°, 45° and to find out the maximum value on placement with the direction of the north, south, east, and west. This study used direct testing method on a solar panel system module device type polycrystalline 100 Wp, solar charge controller model SC-30DD, battery 12V/100A, Inverter 220V/1000W. This test was conducted on different days with a combination of the angle of inclination of the solar panels and the solar panel direction. The parameters observed include solar radiation intensity, photovoltaic module temperature, environmental temperature, relative humidity of air, voltage and current out from solar panels, AC and DC current against time. The maximum output power value obtained based on the angle of inclination with the combination of solar panel direction is 30° northwards. While a tilt angle of 15° is the angle that provides the greatest power value.

Keywords: Solar panel system, inclination angle, panel direction

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

### 1. Pendahuluan

Indonesia, salah satu negara di kawasan Asia, tepatnya di Asia Tenggara yang dikenal sebagai negara tropis, tentunya memiliki tingkat paparan sinar matahari yang tinggi sepanjang tahun. Namun pemanfaatan eksposurnya masih belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Banyak negara tropis lainnya juga menghadapi masalah seperti ini [1-3]. Pengumpulan data yang baik melalui eksperimen diperlukan untuk dapat menganalisis kegunaan energi matahari yang dilepaskan oleh fotovoltaik. Dalam beberapa tahun terakhir, telah terjadi penurunan biaya untuk pembangkit listrik dengan teknologi fotovoltaik karena penurunan efisiensi modul fotovoltaik yang signifikan. Hal

inilah yang menjadi salah satu pertimbangan dalam pemanfaatan fotovoltaik sebagai sumber energi alternatif pada gedung. Metode dan sistem penyimpanan energi yang baik juga perlu diperhatikan agar dapat membantu kebutuhan energi gedung. [4-5]. Sistem PV yang merupakan bagian dari energi baru dan terbarukan sudah sering dibahas mulai dari tingkat teknis pelaksanaannya hingga nilai ekonomisnya bahkan sampai ke tingkat kelembagaan. Sistem PV sangat memungkinkan untuk diaplikasikan pada jaringan listrik rumah tangga sehingga hasil yang didapat dari daya keluaran PV dapat lebih maksimal. Permasalahan pada sistem kendali pada gedung, kondisi cuaca, desain modul dan penyimpanan energi yang dihasilkan oleh PV

juga telah mendapat perhatian dari banyak peneliti yang bergerak di bidang PV. Sehingga kolaborasi penelitian yang berkelanjutan tetap dilakukan dan dikembangkan [6-9]. Modul fotovoltaik dapat menghasilkan listrik dan panas secara bersamaan sehingga tergolong teknologi yang menarik untuk digunakan pada gedung [10 -13]. Pemasangan modul PV dipengaruhi oleh azimuth dan shading yang pada dasarnya merupakan parameter desain untuk mendapatkan hasil yang maksimal [14-18].

Berdasarkan hal tersebut, kami mencoba melakukan percobaan untuk memanfaatkan sumber daya alam yang kami miliki. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut kemiringan  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$  dan  $45^\circ$  serta pengaruh sudut kemiringan yang dikombinasikan dengan penempatan arah mata angin terhadap daya keluaran maksimum fotovoltaik. Hasilnya, daya keluaran photovoltaic 43,4 watt dihasilkan pada sudut kemiringan  $15^\circ$ . Dari kombinasi sudut kemiringan dan arah didapatkan sudut kemiringan  $30^\circ$  dan sisi Utara memberikan daya keluaran terbaik.

## 2. Metode dan Bahan

Penelitian dilakukan pada sistem panel surya dengan kapasitas 100 Wp yang berjumlah 3 buah panel surya tipe polycrystalline dengan sistem solar home system (SHS), dimana sistem ini dapat diterapkan pada rumah tinggal untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pada peralatan rumah tangga. Data tegangan dan arus dari output panel surya merupakan karakteristik yang akan diuji untuk mencari nilai optimal dari sudut kemiringan dan arah mata angin yang dihasilkan.

Lokasi dalam pengambilan data penelitian ini dilakukan di kampus Politeknik Negeri Bali pada bulan Maret - Agustus 2020.

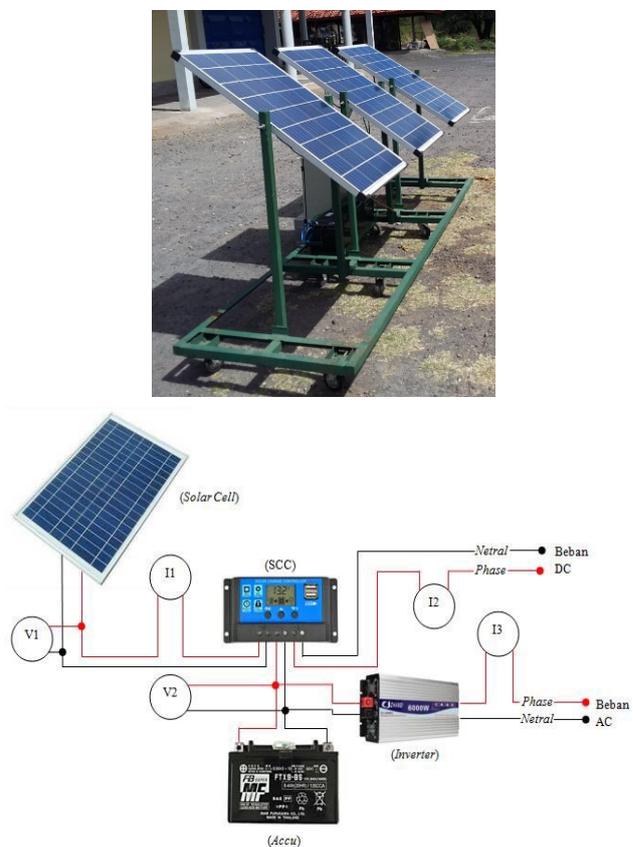
Alat ukur yang akan digunakan untuk pengambilan data adalah: stopwatch, multi meter, tang ampere, hygrometer, thermo couple, solar power meter dan busur derajat. Sedangkan titik-titik pengukurannya seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

Pada penelitian ini, data diperoleh dilakukan dengan pengujian langsung pada sistem panel surya, yang diambil setelah sistem bekerja dengan normal. Data pertama yakni sudut  $0^\circ$  dengan mencakup semua arah mata angin dilakukan selama 8 jam dimulai dari jam 8 pagi sampai pada pukul 4 sore waktu setempat. Di hari selanjutnya sudut di setiap panel berbeda, dengan arah mata angin yang sama selama 8 jam dan di hari seterusnya hanya mengubah arah mata angin tapi dengan sudut yang sama dengan hari sebelumnya. Pengambilan data diusahakan sebisa mungkin pada saat cuaca tidak terlalu mendung dalam satu harinya.

Adapun langkah-langkah pengambilan datanya mengikuti standar operasional prosedur (SOP) yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Mempersiapkan sistem panel surya dan meletakkannya di tempat yang terkena sinar matahari secara langsung.
- Langkah berikutnya posisikan panel surya menghadap arah utara di hari ke 1
- Selanjutnya memposisikan 3 modul panel surya dengan sudut kemiringan  $0^\circ$  (secara horizontal).

- Melakukan pengukuran pada  $V_1$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $T_p$ ,  $T_a$ , RH,  $I_s$  dan diamati setiap kurun waktu 30 menit sekali mulai pukul 08.30 - 16.00.
- Mencatat hasil pengambilan data  $V_1$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $T_p$ ,  $T_a$ , RH,  $I_s$
- Selanjutnya pada hari ke 2 posisikan panel surya menghadap arah Timur
- Ulangi langkah 3, 4, 5, dengan kemiringan sudut yang sama yaitu  $0^\circ$
- Selanjutnya pada hari ke 3 posisikan panel surya menghadap arah Selatan
- Ulangi kembali langkah 3, 4, 5, dengan kemiringan sudut yang sama yaitu  $0^\circ$
- Pada hari ke 4 posisikan panel surya menghadap arah Barat
- Ulangi kembali langkah 3, 4, 5, dengan kemiringan sudut yang sama yaitu  $0^\circ$  dan pengujian tersebut dicatat pada tabel.



Keterangan :

- $V_1$  = Tegangan keluar panel surya (V)
- $V_2$  = Tegangan masuk accu (V)
- $I_1$  = Arus keluar panel surya (A)
- $I_2$  = Arus masuk beban DC (A)
- $I_3$  = Arus masuk beban AC (A)
- $T_p$  = Temperatur permukaan suhu panel surya ( $^\circ\text{C}$ )
- $T_a$  = Temperature lingkungan ( $^\circ\text{C}$ )
- RH = Kelembaban relatif udara (%)
- $I_s$  = Intensitas radiasi matahari ( $\text{W}/\text{m}^2$ )

**Gambar 1.** Skema titik pengambilan data pengujian

Untuk pengujian di minggu selanjutnya lakukan kembali langkah-langkah seperti sebelumnya namun pada pengujian

selanjutnya mengubah sudut kemiringan menjadi  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ , dan  $45^\circ$ .

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh dengan sudut kemiringan dan penempatan arah panel surya maka selanjutnya akan diflot kedalam grafik hubungan antara tegangan dan arus dari output panel surya terhadap waktu.

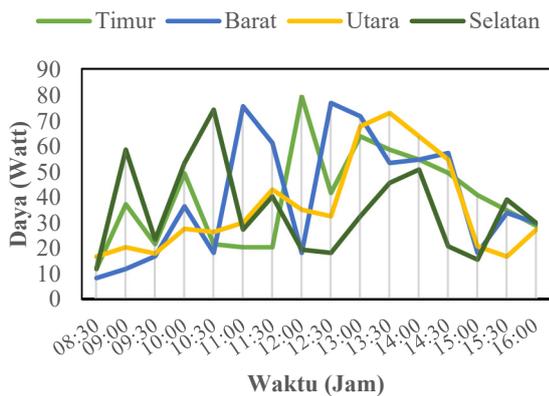
#### 3.1. Pembangkitan Daya dan Arah Mata Angin

Gambar 2 menerangkan perubahan besarnya daya DC yang dikeluarkan oleh PV mulai dari jam 08:30 wita sampai jam 16:00 wita, dengan kemiringan  $0^\circ$  pada arah mata angin Timur, Utara, Barat dan Selatan.

Dari Gambar 2 dapat dijelaskan adanya kecenderungan-kecenderungan sebagai berikut:

- Daya meningkat sampai batas maksimum dan menurun seiring dengan peningkatan waktunya.
- Nilai maksimum daya ditunjukkan oleh semua arah mata angin ada pada waktu 12:00 wita.
- Nilai daya maksimum yang dihasilkan ada pada arah mata angin timur dengan nilai daya 79,3 Watt.

Dari penjelasan di atas dapat diidentifikasi bahwa sudut pemasangan PV array  $0^\circ$  dengan posisi empat arah mata angin ternyata menghasilkan daya maksimum yaitu 79,3 Watt pada posisi arah mata angin timur.



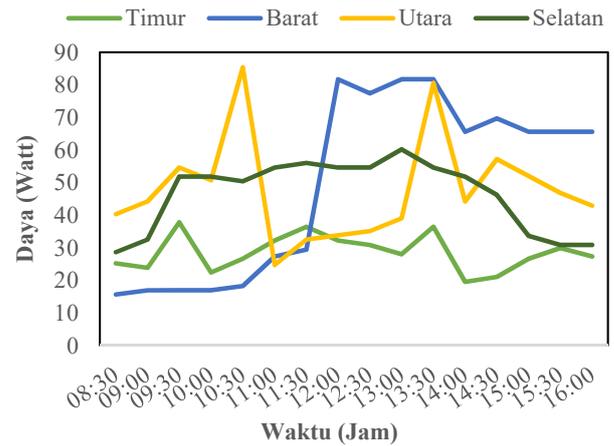
**Gambar 2.** Grafik daya kombinasi arah mata angin pada posisi  $0^\circ$

Pada Gambar 3 menerangkan perubahan besarnya daya DC yang dikeluarkan oleh PV mulai dari jam 08:30 wita sampai jam 16:00 wita, dengan kemiringan  $15^\circ$  pada arah mata angin Timur, Utara, Barat dan Selatan.

Dari Gambar 3 dapat dijelaskan adanya kecenderungan-kecenderungan sebagai berikut:

- Daya meningkat sampai batas maksimum dan menurun seiring dengan peningkatan waktunya.
- Nilai maksimum daya ditunjukkan oleh semua arah mata angin ada pada waktu 10:30 wita.
- Nilai daya maksimum yang dihasilkan ada pada arah mata angin Utara dengan nilai daya 85,4 Watt.

Dari penjelasan di atas dapat diidentifikasi bahwa sudut pemasangan PV array  $15^\circ$  dengan posisi empat arah mata angin ternyata menghasilkan daya maksimum yaitu 85,4 Watt pada posisi arah mata angin Utara.

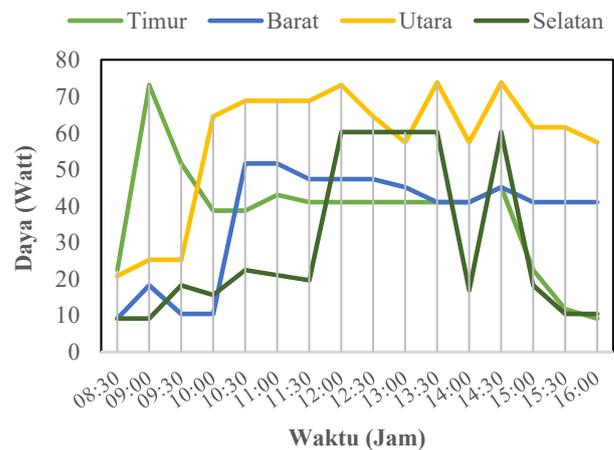


**Gambar 3.** Grafik daya kombinasi arah mata angin pada posisi  $15^\circ$

Berikutnya pada Gambar 4 menerangkan perubahan besarnya daya DC yang dikeluarkan oleh PV mulai dari jam 08:30 wita sampai jam 16:00 wita, dengan kemiringan  $30^\circ$  pada arah mata angin Timur, Utara, Barat dan Selatan. Dari grafik dapat dijelaskan adanya kecenderungan-kecenderungan sebagai berikut:

- Daya meningkat sampai batas maksimum dan menurun seiring dengan peningkatan waktunya.
- Nilai maksimum daya ditunjukkan oleh semua arah mata angin ada pada waktu 10:30 wita.
- Nilai daya maksimum yang dihasilkan ada pada arah mata angin Utara dengan nilai daya 85,4 Watt.

Dari penjelasan di atas dapat diidentifikasi bahwa sudut pemasangan PV array  $30^\circ$  dengan posisi empat arah mata angin ternyata menghasilkan daya maksimum yaitu 85,4 Watt pada posisi arah mata angin Utara.



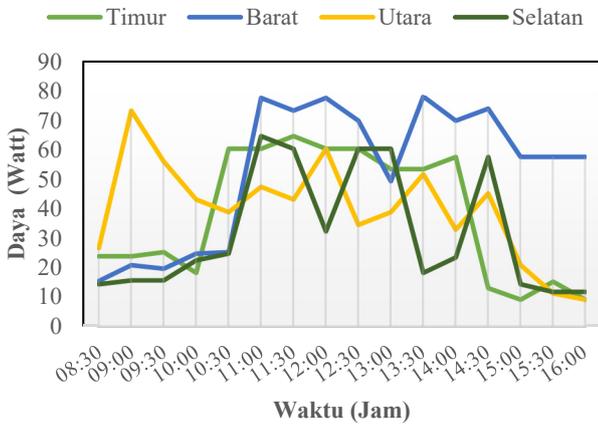
**Gambar 4.** Grafik daya kombinasi arah mata angin pada posisi  $30^\circ$

Sedangkan pada Gambar 5 menerangkan perubahan besarnya daya DC yang dikeluarkan oleh PV mulai dari jam 08:30 wita sampai jam 16:00 wita, dengan kemiringan  $45^\circ$  pada arah mata angin Timur, Utara, Barat dan Selatan. Dari grafik dapat dijelaskan adanya kecenderungan-kecenderungan sebagai berikut:

- Daya meningkat sampai batas maksimum dan menurun seiring dengan peningkatan waktunya.

- Nilai maksimum daya ditunjukkan oleh semua arah mata angin ada pada waktu 13:30 wita.
- Nilai daya maksimum yang dihasilkan ada pada arah mata angin Barat dengan nilai tegangan 77,9 watt.

Dari penjelasan di atas dapat diidentifikasi bahwa sudut pemasangan PV array 45° dengan posisi empat arah mata angin ternyata menghasilkan daya maksimum yaitu 77,89 Watt pada posisi arah mata angin Barat.



Gambar 5. Grafik daya kombinasi arah mata angin pada posisi 45°

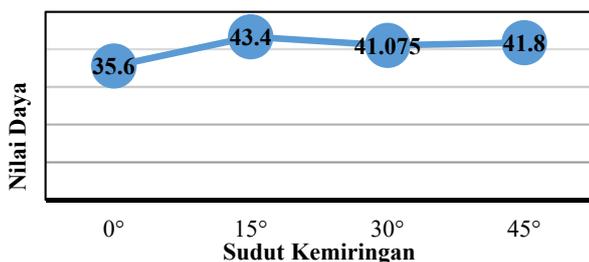
3.2. Pembangkitan Daya pada Sistem Panel Surya

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh data-data untuk mengetahui energi output hasil tertinggi dari sistem panel surya dengan sudut 15° sebagai hasil tertinggi di antara sudut lain nya dapat di simpulkan melalui Tabel 1.

Tabel 1. Tabel keluaran daya keseluruhan panel surya

Sudut	Timur (watt)	Barat (watt)	Utara (watt)	Selatan (watt)	Rata-rata (watt)
0°	39.7	40	30.2	32.5	35.6
15°	28.8	49	48.5	47.3	43.4
30°	38.3	41.4	55.1	29.5	41.075
45°	38.4	52.7	42.5	33.6	41.8

Pada Gambar 6 adalah penjabaran dalam bentuk grafik dari tabel 1 dan menerangkan tentang hubungan antara nilai daya (Watt) yang dihasilkan dari sistem panel surya dengan kombinasi sudut kemiringan 0°, 15°, 30° dan 45°. Nilai tersebut dihasilkan dengan mengkali tegangan dan arus terbesar pada setiap masing-masing sudut kemiringan.



Gambar 6. Grafik daya maksimum pada semua sudut

Dari penjelasan di atas dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa sudut kemiringan 15° dalam menghasilkan daya tertinggi yaitu dengan nilai sebesar 43,4 Watt.

3.3. Efisiensi yang dihasilkan

Perhitungan efisiensi meliputi hasil dari rata-rata pengujian sistem photo voltaic dengan sudut 15° dengan data tambahan yang didapat dari hasil pengujian antara lain:

- Intensitas Matahari : 740 W/m<sup>2</sup>
- Daya total rata-rata pengujian sistem pv : 43.4 watt
- Luas panel surya : 0.72 m<sup>2</sup>
- Kapasitas panel surya : 100 Wp

Dengan memasukan nilai-nilai tersebut diatas ke dalam rumusan:

$$\frac{V.I}{A} = \frac{43.4}{0.72} = 60.277 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Intensitas Output Panel}}{\text{Intensitas Matahari}}$$

$$= \frac{60.277}{740} = 0,0815$$

$$\text{Efisiensi} = 0,0815 \times 100\% = 8,15 \%$$

Maka efisiensi yang dihasilkan sebesar 8,15%.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian sistem panel surya kapasitas 100 Wp dapat disimpulkan: (1) Nilai maksimal daya keluaran PV berdasarkan sudut kemiringan dengan kombinasi arah mata angin sebesar 30° arah Utara. Sudut Kemiringan 15° merupakan sudut yang membutuhkan nilai maksimal keluaran daya PV; (2) Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan maka didapatkan daya tertinggi pada sudut kemiringan dengan mengkalikan tegangan dan arus terbesar pada setiap arah mata angin pada sudut 15° adalah sebesar 43.4 watt. Hasil ini digunakan untuk menentukan efisiensi sistem panel surya yang mendapatkan hasil sebesar 0,8257% untuk efisiensi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin-Politeknik Negeri Bali atas kontribusinya. Juga Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) untuk semua dukungan administrasi serta mahasiswa yang terlibat langsung dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] B.L. Williams, J.D. Major, L. Bowen, L. Phillips, G. Zoppi, I. Forbes, and K. Durose, "Challenges and prospects for developing CdS/CdTe substrate solar cells on Mo foils", Solar Energy Materials & Solar Cells, 124, 2014, pp. 31–38.
- [2] E. Erdil, M. Ilkan, F. Egelioglu, "An experimental study on energy generation with a photovoltaic (PV)– solar thermal hybrid system", Energy, 33, 2008, pp. 1241–1245.
- [3] J.O Oni and B.O Bolaji, "Development of a universal DC power supply using solar photovoltaic, utility and battery power sources", Journal of Energy in Southern Africa, 22, 2011, pp. 12-17.

- [4] S. Wendlandt and F. Popescu “Photovoltaic Energy Yield Prediction Using An Irradiance Forecast Model Based On Machine Learning For Decentralized Energy Systems”, 36th EU PVSEC France, September 2019.
- [5] P.D. Lund, “Data for global power demand and solar PV output matching”, Data in Brief, 19, 2018, pp. 1694–1715.
- [6] P.M.Congedo, C.Baglivo, D.D'Agostino, I.Zaca, “Cost-optimal design for nearly zero energy office buildings located in warm climates”, Energy, 91, 2015, pp. 967-982.
- [7] Y. Lu, S. Wang , K. Shan, “Design optimization and optimal control of grid-connected and standalone nearly/net zero energy buildings”, *Applied Energy*, 155, 2015, pp. 463–477.
- [8] F.R. Martins, R. Ru"ther, E.B. Pereira, S.L. Abreu, “Solar energy scenarios in Brazil. Part two: Photovoltaics applications”, Energy Policy, 36, 2008, pp. 2865– 2877.
- [9] L. Kwok, Shum, C. Watanabe, “An innovation management approach for renewable energy deployment—the case of solar photovoltaic (PV) technology”, Energy Policy, 37, 2009, pp. 3535–3544.
- [10] J.M. Pearce, “Expanding photovoltaic penetration with residential distributed generation from hybrid solar photovoltaic and combined heat and power systems”, Energy,34, 2009, pp. 1947–1954.
- [11] C. Good, I. Andresen, A. G. Hestnes, “Solar energy for net zero energy buildings – A comparison between solar thermal, PV and photovoltaic–thermal (PV/T) systems”, Solar Energy, 122, 2015, pp. 986–996.
- [12] C.S.Jardim, R.Ru"ther, I.T.Salamoni, T.S.Viana, S.H.Rebechi, P.J.Knob, “The strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar energy generators in urban areas in Brazil”, Energy and Buildings, 40, 2008, pp. 365–370.
- [13] R. Ruther, P. J. Knob, C. D. S. Jardim, S. H. Rebechi, “Potential of building integrated photovoltaic solar energy generators in assisting daytime peaking feeders in urban areas in Brazil”, Energy Conversion and Management,49, 2008, pp. 1074–1079.
- [14] J.H. Yoon, J. Song, and S.J. Lee, “Practical application of building integrated photovoltaic (BIPV) system using transparent amorphous silicon thin-film PV module”, Solar Energy, 85, 2011, pp. 723–733.
- [15] P. Braun, and R. R ther, “The role of grid-connected, building-integrated photovoltaic generation in commercial building energy and power loads in a warm and sunny climate”, Energy Conversion and Management, 51, 2010, pp. 2457–2466.
- [16] S. Yoon, S. Tak, J. Kim, Y. Jun, K. Kang, J. Park, “Application of transparent dye-sensitized solar cells to building integrated photovoltaic systems”, Building and Environment, 46, 2011, pp.1899-1904.
- [17] S.Yoon, S.Tak, J.Kim, Y.Jun, K.Kang, J. Park, “Application of transparent dye-sensitized solar cells to building integrated photovoltaic systems”, Building and Environment, 46, 2011, pp. 1899-1904.
- [18] H.A. Zondag, “Flat-plate PV-thermal collectors and systems. A review”, Renew *Sustain Energy Rev*; 4, 2008, pp. 891–959.