

POTENSI RADIASI MATAHARI DI BANDUNG SEBAGAI ALTERNATIF REDUKSI EMISI CO₂

Sumaryati dan Saipul Hamdi
Bidang Pengkajian Ozon dan Polusi Udara – LAPAN
Jl. Dr. Djundjuran 133 Bandung, 40173 telp. 0226037445
Email : maryati@bdg.lapan.go.id dan sumary.bdg@gmail.com

Abstract

In exploration of energy using fuel including gas, oil, and coal yields CO₂ which is greenhouse gas that affect at global warming. Usage of solar energy is one of alternative of cleaned energy explorations that does not emit greenhouse gas compound. In this research study, solar energy potency in Bandung considered based on level of global radiation measured by using AWS (automatic weather system), during 31 months of observation period (October 2007 – April 2010). From result of data analysis obtained average of global radiation daily of 14.13 MJ/m² and its minimum level of 4.53 MJ/m² and maximum level of 24.67 MJ/m². By assuming of solar cell efficiency of 15 %, usage of solar energy for 1 m² per day is equivalent by burning gas fuel of 0,041 kg, oil fuel of (0.046 – 0.050) kg, coal of (0.074 – 0.133) kg, and firewood of (0.184 – 0.241) kg, and it can reduce CO₂ emission between 0.107 kg and 0.207 kg

Keywords: fuel, CO₂, energy, solar

Abstrak

Dalam ekplorasi energi yang menggunakan bahan bakar gas, minyak, atau batubara membawa dampak pada emisi trace gases yang termasuk dalam kelompok gas rumah kaca dan polutan. Penggunaan energi surya merupakan salah satu alternatif eksplorasi energi yang tidak mengemisikan kedua kelompok gas tersebut. Dalam penelitian ini dikaji potensi energi matahari di Bandung yang diperhitungkan berdasarkan besarnya radiasi global yang diukur dengan menggunakan AWS (automatic weather system). Dalam rentang waktu pengamatan selama 31 bulan (Oktober 2007 – April 2010), diperoleh rata-rata radiasi global perharinya sebesar 14,13 MJ/m² dengan nilai minimum 4,53 MJ/m² dan maksimum 24,67 MJ/m². Dengan asumsi efisiensi sell surya sebesar 15 %, penggunaan energi surya untuk setiap 1 m² perharinya setara dengan pembakaran 0,041 kg bahan bakar gas, (0,046 - 0,050) kg bahan bakar minyak, (0,074 – 0,133) kg batu bara, dan (0,184 – 0,241) kg kayu bakar, dan dapat mereduksi emisi CO₂ antara (0,107 – 0,207) kg.

Kata Kunci: energi, matahari, bahan bakar, CO₂

1. PENDAHULUAN

Sampai saat ini penggunaan energi di Indonesia masih bertumpu pada bahan bakar biomasa dan bahan bakar fosil yang meliputi gas, minyak, dan batubara. Kedua jenis bahan bakar banyak menghasilkan dampak negatif bagi lingkungan, terutama karena karena emisi gas rumah kaca dan polutan yang mencemari lingkungan. Gas rumah kaca yang banyak dihasilkan dari sektor energi adalah CO₂, dan sedikit N₂O dan CH₄. Sedangkan polutan udara sangat kompleks meliputi, CO, NO_x, SO₂, hidrokarbon, dan partikulat terutama yang berbahaya adalah PM₁₀ dan timbal.

Sumber energi yang bersih baru sebatas penggalan energi panas bumi dan air, yang keduanya baru memasok sekitar 3 % dari kebutuhan total energi di Indonesia (ESDM, 2009). Sebagai daerah tropis, Indonesia memiliki potensi energi matahari yang tinggi sepanjang tahun. Tetapi energi matahari inipun belum tergal optimal.

Dalam makalah ini akan dibahas potensi energi matahari di Bandung, yang teramati dalam bentuk radiasi global. Radiasi global merupakan radiasi matahari langsung dan

radiasi difuse yang diterima dipermukaan bumi. Pembahasan meliputi fluktuasi besarnya radiasi matahari global sepanjang tahun dan seberapa besar potensi energi matahari yang dapat digali dengan efisiensi fotovoltaik yang ada.

Potensi energi yang dapat dikonversi menjadi energi listrik ini dikorelasikan dengan penggunaan bahan bakar gas, minyak, batubara, serta kayu. Selanjutnya diperhitungkan seberapa besar emisi gas rumah kaca CO₂ dari bahan bakar yang setara potensi energi matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik tersebut.

2. DATA DAN METODOLOGI

Data radiasi global diukur dengan menggunakan AWS (Automatic weather station) yang berlokasi di Bandung pada koordinat (107°35' BT, 6°54' LS). Pengamatan dilakukan setiap 15 menit sekali dalam satuan watt/m². Dari pengukuran ini dihitung jumlah radiasi global total/ m² yang diterima selama sehari.

$$E = \sum_{t_1}^{t_2} I \Delta t \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- E = energi matahari dalam satu hari (MJ/m²)
- t₁ = waktu matahari terbit
- t₂ = waktu matahari terbenam
- Δt = rentang waktu pengamatan (900 detik)
- I = rata-rata intensitas radiasi global dalam rentang pengamatan Δt (W/m²)

Jumlah energi matahari yang diterima dalam satu hari tergantung pada posisi matahari, kondisi atmosfer terutama awan dan lama siang hari. Posisi matahari tergantung pada deklinasi dan lintang setempat, yang dinyatakan sebagai sudut zenith (θ), yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\cos \theta = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan:

- φ: lintang setempat (Bandung: -6,9 °)
- δ: deklinasi matahari, besarnya $\delta = 23,45^\circ \sin \left[\frac{360}{365} (N + 284) \right]$, dengan N= Julian day
- ω: sudut jam matahari, saat matahari pada titik kulminasi dikatakan jam 12.00 waktu dengan sudut 0° dan setiap satu jam setara dengan 15°.

Lama siang hari (t) yaitu lama matahari di atas horizon berdasar persamaan 2.1 di atas sebagai berikut, dapat diperhitungkan dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{2}{15^\circ / \text{menit}} \arccos \left(\frac{\sin \delta \sin \phi}{\cos \delta \cos \phi} \right) \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Tidak semua energi matahari tersebut dapat dikonversi menjadi energi listrik. Perbandingan energi listrik yang dihasilkan dengan energi radiasi global total atau efisiensi solar cell, diperkirakan sebesar 15 % (Wikipedia, 2010). Selanjutnya energi matahari yang mampu dikonversi menjadi energi listrik ini disetarakan dengan energi yang

dihasilkan dari pembakaran bahan bakar, seperti gas, minyak, batubara, dan kayu. Terakhir diperhitungkan emisi CO₂ dari pembakaran bahan bakar yang setara dengan energi radiasi matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik.

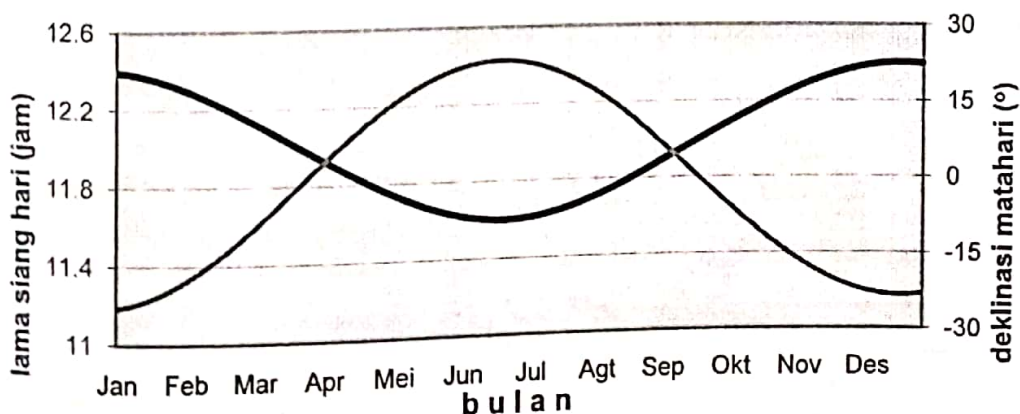
3. HASIL DAN ANALISIS

Pengamatan radiasi global yang diterima pada suatu permukaan bumi bervariasi, tergantung pada posisi matahari yang dapat dinyatakan sebagai sudut zenith dan kondisi atmosfer terutama awan. Radiasi yang diterima berbanding terbalik dengan sudut zenith, jika sudut zenith kecil radiasi yang diterima bumi tinggi, dan sebaliknya. Total radiasi matahari yang diterima dalam satu hari, selain ditentukan kedua faktor di atas juga ditentukan panjangnya siang hari. Panjang siang hari yang dimaksud di sini adalah lama matahari di atas horison atau jarak antara matahari terbit dan terbenam.

Sudut zenith ditunjukkan persamaan (2.2) ditentukan oleh sudut deklinasi yang ditentukan oleh hari ke berapa dalam satu tahun (Julian day) dan jam. Pada jam 12.00 waktu matahari sudut zenit minimum, dan saat matahari di horison, sudut zenit maksimum. Lama siang hari sesuai persamaan (2.3) ditentukan oleh deklinasi dan lintang setempat. Oleh karena itu dalam satu hari total energi matahari tergantung pada hari ke (tanggal pada Julian day) dan lintang setempat.

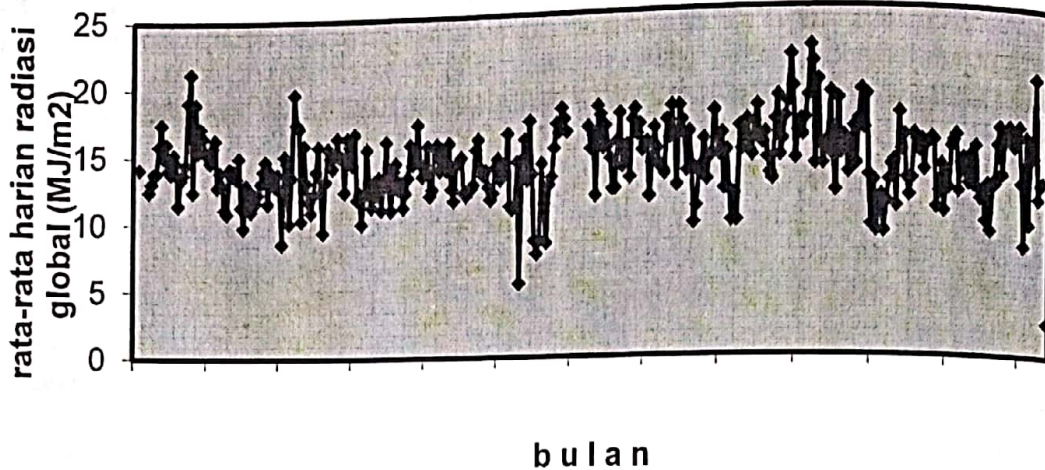
Untuk Bandung yang berada pada -6,9° LS lama siang hari sebagai fungsi sudut deklinasi dapat dilihat pada Gambar 3.1. Sudut deklinasi paling kecil dilihat dari Bandung (-6,9° LS), atau saat matahari melintas di atas Bandung terjadi pada awal bulan Maret dan awal bulan Oktober. Deklinasi terkecil terjadi sekitar tanggal 21 Juni. Lama siang hari terpanjang terjadi sekitar bulan Desember – Januari dan terpendek terjadi sekitar tanggal 21 Juni.

Berdasarkan posisi matahari tersebut, maka seharusnya radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi di Bandung tinggi sekitar bulan Oktober sampai Januari, dan rendah pada bulan sekitar Juni. Tetapi pada bulan Oktober – Januari Bandung sedang mengalami musim hujan dan peralihan yang penutupan awannya relatif tinggi, sedangkan Bulan Juni pada kondisi musim yang normal sudah memasuki musim kemarau dengan penutupan awan relatif rendah. Hasil di lapangan jumlah rata-rata harian energi matahari pada tanggal yang sama selama 31 bulan dapat dilihat pada Gambar 3.2.



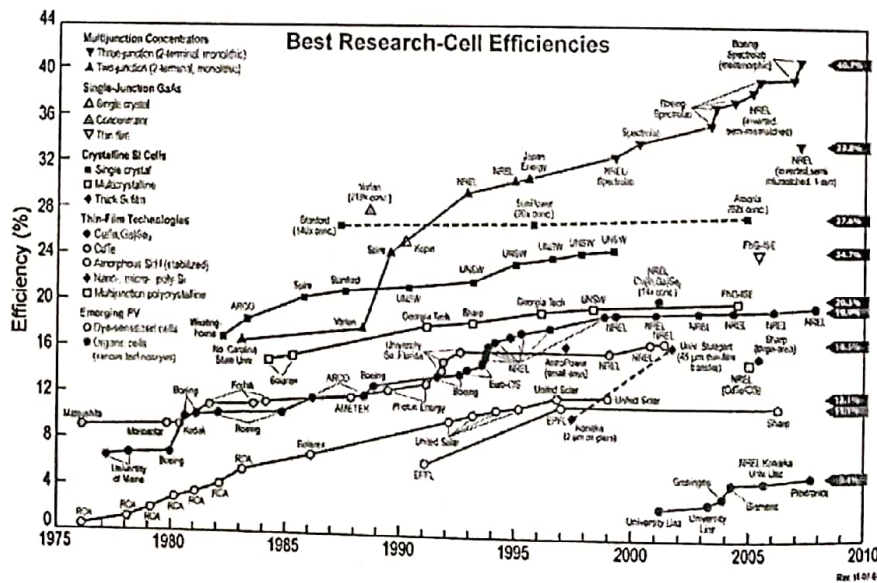
Gambar 3.1. Sudut deklinasi (garis merah) dan panjang siang hari di Bandung (garis biru).

Dari dua faktor yaitu penutupan awan dan posisi matahari tersebut menghasilkan energi rata-rata harian yang sampai ke permukaan bumi dalam waktu yang lama tidak signifikan dipengaruhi oleh tanggal. Faktor awan mereduksi radiasi yang sampai ke permukaan bumi di Bandung ketika deklinasi rendah dan lama siang hari panjang, sehingga nilai rata-rata total hariannya hampir sama ketika deklinasi tinggi dan lama siang hari pendek. Selama periode pengukuran diperoleh besarnya energi matahari rata-rata sebesar $14,13 \text{ MJ/m}^2$ dengan nilai minimum $4,53 \text{ MJ/m}^2$ dan maksimum $24,67 \text{ MJ/m}^2$.



Gambar 3.2. Rata-rata harian energi matahari yang diterima di Bandung selama 31 bulan.

Energi matahari tersebut dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan solar sell. Efisiensi solar sell terus dikembangkan dari sekitar 1 % sehingga sekarang bisa mencapai 40 % (Gambar 3.3). Hidayati (1984) dalam penelitiannya menemukan solar sell yang beredar di pasaran dengan efisiensi 11 %. Sampai saat ini umumnya yang beredar di pasar efisiensi solar sell antara (12 -18)% (http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell). Dengan asumsi efisiensi solar sell 15 %, maka energi matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik rata-rata per harinya diperoleh sebesar $2,13 \text{ MJ/m}^2$.



Gambar 3.3. Efisiensi solar sel (Sumber: http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell).

Dari energi bersih tersebut jika dikonversi ke dalam pembakaran kayu, batubara, minyak, dan gas dapat dilihat pada Tabel 3.1. Perhitungan ini adalah energi matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik dan energi yang dapat diperoleh dari pembakaran bahan bakar dengan asumsi efisiensi 100 %. Dan dalam pembakaran tersebut dihasilkan emisi gas CO₂ sebesar yang ditabelkan pada Tabel 3.2. Dalam prakteknya tentu saja efisiensi bahan bakar juga tidak 100 %, oleh karena itu Tabel 3.1 dan 3.2 dalam prakteknya akan mengkonsumsi bahan bakar yang lebih dan emisi CO₂ yang lebih tinggi pula.

Tabel 3.1. Kesetaraan bahan bakar yang harus dibakar dengan energi matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik.

Bahan bakar	Nilai kalor (MJ/kg)	Bahan bakar yang harus dibakar untuk endapatkan energi sebesar 2,13 MJ
gas alam	52.3 ⁽¹⁾	0,041
diesel/ solar	42.9 ⁽¹⁾	0,049
bensin	46.5 ⁽¹⁾	0,046
minyak residu	42 ⁽¹⁾	0,050
minyak tanah	47 ⁽²⁾	0,045
limbah pertanian	8.8 ⁽¹⁾	0,241
kayu	11.5 ⁽¹⁾	0,184
batubara (bituminius)	28.7 ⁽¹⁾	0,074
batubara (anthracite)	27.2 ⁽¹⁾	0,078
batubara (lignite)	15.9 ⁽¹⁾	0,133

1.Sumber: IPCC, 2007

2.Sumber: http://www.kayelaby.npl.co.uk/chemistry/3_11/3_11_4.htm

Tabel 3.2. Emisi CO₂ dari pembakaran berbagai bahan bakar untuk menghasilkan energi 2,13 MJ.

Bahan bakar	CO ₂ yang diemisikan (g/MJ) *	CO ₂ yang diemisikan untuk mendapatkan energi 2,13 MJ (kg)
gas alam	50,30	0,107
diesel/ solar	59,76	0,127
bensin	68,36	0,146
minyak residu	69,22	0,147
minyak tanah	81,26	0,173
limbah pertanian	83,83	0,179
kayu	88,13	0,188
batubara (bituminius)	91,57	0,195
batubara (anthracite)	92,43	0,197
batubara (lignite)	96,73	0,206

Sumber: <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/coefficients.html>.

Dengan mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik adalah salah satu alternatif untuk mengurangi emisi CO₂. Seberapa besar energi yang dibutuhkan atau seberapa besar emisi CO₂ yang harus direduksi adalah fungsi luas lahan. Agar ada efisiensi lahan, maka solar cell bisa diletakkan di atas rumah sebagai atap atau sebagai atap green house

4. KESIMPULAN

Hampir sepanjang tahun rata-rata harian energi matahari yang diterima di Bandung hampir sama, karena saat siang hari panjang dan deklinasi kecil Bandung sedang musim hujan dan peralihan yang relatif penutupan awannya tinggi, sedangkan saat deklinasi matahari tinggi dan lama siang hari pendek sedang musim kemarau. Energi rata-rata harian sebesar 14,13 MJ/m², diperkirakan dapat dikonversi menjadi energi listrik sebesar 2,13 MJ/m². Energi sebesar 2,13 MJ tersebut setara dengan pembakaran pembakaran 0,041 kg bahan bakar gas, (0,046 - 0,050) kg bahan bakar minyak, (0,074 - 0,133) kg batu bara, dan (0,184 - 0,241) kg kayu bakar. Penggunaan energi matahari menjadi energi listrik dengan asumsi bahan bakar efisiensinya 100 %, dapat direduksi emisi CO₂ antara (0,107 - 0,207) kg

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Asif Awaludin yang telah membantu berdiskusi masalah efisiensi solar sell.

DAFTAR RUJUKAN

- EIA: US Energy Information Administration in Voluntary Reporting of Greenhouse Gases Program <http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/coefficients.html>.
- ESDM, 2010, Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2009.
- Hidayati, R., 1984, Pengukuran Karakteristik Sell Surya, Berita Pusrihan No. 39 LAPAN Bandung.
- IPCC, 2007, IPCC: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (untuk energi), Workbook Volume 2.
- NPL (National physics laboratory), Table of physical and chemical constants http://www.kavelaby.npl.co.uk/chemistry/3_11/3_11_4.html, download, Januari 2010.
- Wikipedia, Solar Cell http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cell, Download Januari 2010.