

PENGEMBANGAN ALAT UKUR POTENSI *SOLAR PHOTOVOLTAIC* (SPV) MENGUNAKAN ARDUINO

Amanda Khaira Perdana*, **Iswadi Hasyim Rosma****

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, Riau
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau
Email: khairarasyad@gmail.com

ABSTRACT

Utilization of solar energy system is one of the most promising renewable energy resources to meet the energy demand. This resource has been developed and utilized in many countries. Indonesia, as one of the tropical countries has been blessed with a huge amount of radiant energy from the sun during the whole year. However, the solar energy resource data is very limited. Therefore, the purpose of this article is to develop an automatic solar measurement to measure the potential of solar energy resource. The availability of solar energy resource data are the foundation of information for designing, utilizing and deploying of solar energy generation and technologies. The automatic solar measurement has been tested and found that it has capability to measure not only solar radiation data but also other related parameters such as air temperature and humidity with significant accuracy.

Keywords—solar energy source, microcontroller Arduino, solar radiation, temperature, relative humidity

1. Pendahuluan

Indonesia secara posisi geografis terletak pada daerah garis khatulistiwa dengan koordinat 60 LU sampai 60 LS menjadikan wilayah Indonesia akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari sehingga pemanfaatan radiasi matahari ini dapat digunakan sebagai energi listrik yang sering dikenal dengan nama pemanfaatan teknologi energi baru terbarukan (EBT) (Djoko Adi Widodo, Suryono 2010). Namun dalam upaya pemanfaatan teknologi EBT diatas timbul persoalan dan tantangan terhadap pengembangan energi ini. Seperti kebutuhan terhadap informasi/data mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari kedua teknologi ini. Potensi energi surya yang melimpah di negara kita ini tentunya membutuhkan informasi/data hasil pengukuran yang tepat dan efisien di lapangan (*site*) seperti dalam pengukuran potensi SPV (Asrari, Ghasemi, and Javidi 2012) (Rosma, Iswadi Hasyim, et al 2017). Karena potensi kelistrikan dari SPV ini tidak hanya dipengaruhi oleh radiasi matahari namun dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu

lingkungan ($^{\circ}\text{C}$) dan kelembaban udara (%RH) (Hasyim Asy'ari, Jatmiko 2012) (Wiktor Hudy, Jaracz Kazimierz 2015).

Namun saat akan merencanakan dan mengembangkan sistem kelistrikan berbasis SPV ini timbul persoalan dan tantangan lain seperti kurang spesifiknya data dari hasil survey potensi SPV yang ada dikarenakan data yang dirujuk apabila berasal dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) data yang diukur berasal dari sumber pengukuran di titik tertentu seperti di bandar udara dan data-data yang dimiliki BMKG tidak tersedia lengkap. Sehingga apabila dijadikan rujukan informasi mengenai data potensi SPV kurang tepat apabila perencanaan dan pengembangan sistem kelistrikan ini berada di tempat lain yang lokasinya jauh dari bandar udara atau lokasi di mana BMKG menempatkan alat ukurnya. Dan juga data ini bukan bertujuan untuk kebutuhan pendaataan/informasi potensi SPV.

Selain cara mengukur langsung seperti diatas data/informasi potensi SPV ini dapat dilakukan dengan pemodelan numerik untuk memperkirakan potensi surya di masa

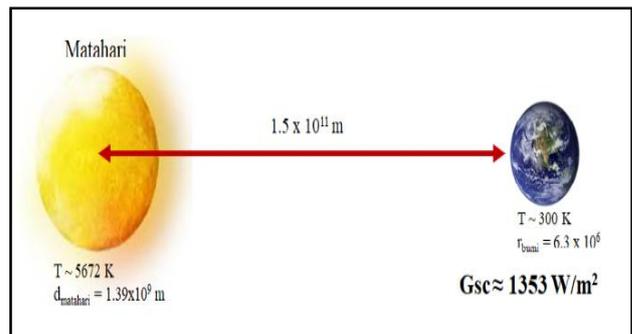
mendatang dan citra satelit untuk resolusi spasial pengukuran yang cukup luas dengan syarat kedua cara ini membutuhkan data/informasi potensi SPV terdahulu. Permasalahan lainnya adalah mahalnya alat ukur potensi SPV ini menjadi kendala selanjutnya jika ingin menerapkannya di lokasi lain yang jumlah banyak dan jaraknya juga tersebar dan berjauhan satu lokasi dengan lokasi lainnya.

Dari pemaparan diatas maka diperlukan pengembangan serta perancangan alat ukur intensitas radiasi matahari sehingga didapatkan informasi/data lokasi yang tepat untuk dijadikan pusat pembangkitan energi dari SPV ini dengan alat ukur yang murah, portable, dan mudah dioperasikan sehingga siapapun dapat melakukan survey tanpa memerlukan biaya yang mahal namun tetap mendapatkan informasi/data pengukuran langsung yang maksimal. Berangkat dari pemaparan yang telah disampaikan diatas maka penelitian berusaha merancang prototipe pengembangan alat ukur potensi *Solar PhotoVoltaic* (SPV) menggunakan Arduino sehingga nantinya dapat digunakan dan dijadikan rujukan untuk survey lokasi untuk perencanaan, perancangan, serta pengembangan teknologi PV yang tepat sehingga diperoleh suatu sistem konversi energi yang optimal dan handal.

2. Landasan Teori

2.1. Radiasi Surya

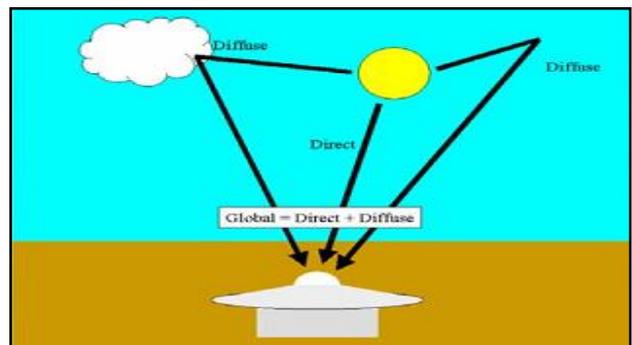
Matahari yang berjarak sekitar $1,5 \times 10^{11}$ m dari bumi mempunyai diameter $1,39 \times 10^9$ m dan terdiri atas materi-materi gas yang sangat panas dengan suhu permukaan yang mencapai sekitar 5.672 K. Besarnya energi radiasi surya persatuan waktu yang diterima permukaan persatuan luas tegak lurus terhadap arah rambatan radiasi surya pada jarak rata-rata bumi-surya di luar atmosfer dinamakan konstanta surya (G_{sc}) yang besarnya adalah 1.353 W/m^2 . Nilai ini merupakan batas atas teoritis dari ketersediaan energi surya di bumi (Mecherikunnel and Richmond 1980).



Gambar 1. Ilustrasi Matahari dan Bumi

Total radiasi surya yang diterima oleh suatu area di permukaan bumi atau disebut juga sebagai radiasi global terbagi atas dua komponen, yaitu:

1. Radiasi langsung, yaitu radiasi yang diterima langsung dari sorotan matahari.
2. Radiasi sebaran/baur atau disebut juga radiasi langit, yaitu radiasi yang dipancarkan ke permukaan penerima oleh molekul- molekul di dalam atmosfer (gas, debu, uap air/awan).



Gambar 2. Radiasi yang diterima oleh bumi dan terukur oleh alat ukur (Forgan 2011)

Besarnya intensitas radiasi surya yang diterima suatu wilayah/area di permukaan bumi berbeda-beda secara ruang dan waktu. Hal ini sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti (Vetri Nurliyanti, Marlina Pandin 2012):

- Letak astronomis (posisi garis lintang / bujur)
- Kondisi geografis (kemiringan, topografi)
- Siklus perputaran bumi (pagi/siang/sore/malam)
- Kondisi atmosfer seperti kualitas dan kuantitas awan (cerah/mendung/berawan), kandungan aerosol, uap air, ozon, dan sebagainya.

2.2. Data Radiasi Surya

Analisis sistem tenaga surya membutuhkan data radiasi surya dengan resolusi waktu yang berbeda - beda. Pemilihan resolusi tersebut bergantung pada kebutuhan aplikasi dan jenis teknologi yang digunakan. Data radiasi surya yang diterima di suatu area di permukaan bumi dapat diperoleh dengan 3 cara yaitu:

a. Pengukuran Langsung di Lokasi (Ground Measurement)

Pengukuran langsung dilakukan menggunakan alat ukur radiasi matahari seperti *pyranometer*, *pyrheliometer*, dan *campbell stokest*. Data radiasi surya hasil pengukuran langsung lebih *valid* dibandingkan data hasil pencitraan satelit dan pemodelan, dengan syarat peralatan ukur yang digunakan saat pengukuran berada dalam kondisi optimal dan terkalibrasi.

b. Pemodelan numerik

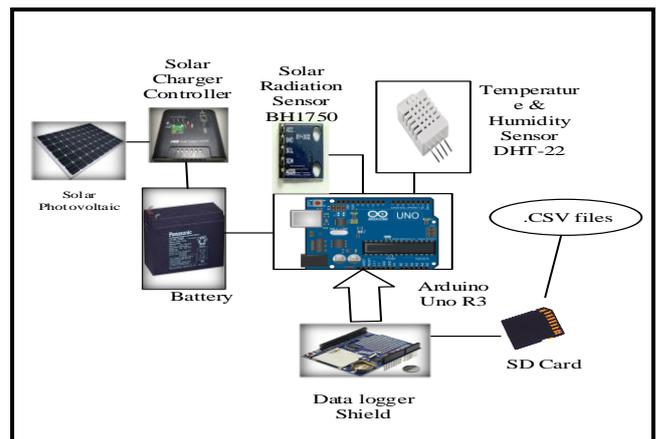
Pemodelan data radiasi surya secara simulasi komputer juga dapat dilakukan untuk mengetahui nilai teoritis radiasi surya di suatu lokasi. Cara ini juga dapat digunakan untuk mengetahui potensi radiasi surya yang akan datang dengan bantuan data potensi radiasi surya sebelumnya.

c. Data Citra Satelit (*Satellite Measurement*)

Metode ini cukup banyak digunakan karena datanya mudah diakses secara global. Selain itu data yang tersedia juga lebih banyak dengan interval pengukuran yang sangat panjang (*long time series*). Namun kelemahan dari data satelit ini adalah resolusi spasial yang cukup besar sehingga kurang optimal jika digunakan untuk tujuan spesifik, seperti untuk verifikasi kinerja operasional sistem PLTS yang telah terpasang.

2.3. Prototipe Alat Ukur

Untuk mendapatkan data-data ukur yang diinginkan maka akan dirancang sebuah prototipe alat ukur sehingga dapat digunakan sebagai alat untuk mengukur dan merekam data yang diinginkan. Prototipe ini menggunakan catu daya dari baterai yang disuplai dengan panel surya karena nantinya akan diletakkan ditempat yang tidak terdapat jaringan listrik PLN. Prototipe yang telah dirancang terlihat seperti gambar 3 dibawah ini .



Gambar 3. Prototipe alat ukur

Pada prototipe ini terdapat sensor-sensor yang diproses hasil pengukurannya dengan mikrokontroler Arduino Uno yang dihubungkan dengan data *logger shield* sehingga data yang diukur direkam di dalam SD card dalam format *.csv*. Sensor yang digunakan ada dua macam yaitu sensor intensitas radiasi matahari dan sensor suhu beserta kelembaban. Pada sensor intensitas radiasi matahari yang banyak terdapat pada pasar lokal elektronika seperti LDR, *photodiode*, *phototransistor*, sensor cahaya digital BH1750 dan masih banyak sensor-sensor lainnya. Untuk alasan ekonomis dan teknis yang telah dikemukakan oleh (Hidalgo, Martinez, and Vidal 2012) bahwa sensor yang paling baik dalam mengukur intensitas radiasi matahari diantara LDR, *photodiode*, dan *phototransistor* adalah phototransistor karena memiliki area pengukuran yang lebih besar daripada 2 sensor lainnya.

Namun dalam penelitian (Pamungkas, Hafiddudin, and Rohmah 2015) yang menggunakan sensor BH1750 memiliki range pengukuran yang hampir sama dengan phototransistor dan kompatibel terhadap arduino sehingga mudah digunakan dan data sudah diukur dalam bentuk digital. Sensor BH1750 ini lebih akurat dan lebih mudah digunakan jika dibandingkan dengan sensor lain seperti photodiode dan LDR yang memiliki keluaran sinyal analog dan perlu melakukan perhitungan dan kalibrasi lebih lanjut untuk mendapatkan data intensitas.

Sensor lainnya yaitu sensor suhu dan kelembaban. Banyak sensor yang dikembangkan dalam mendeteksi suhu dan

kelembaban ini. Tiap jenis dan tipe sensor ini memiliki ketelitian yang berbeda-beda. Pengujian dari beberapa sensor suhu menggunakan mikrokontroler Arduino didapat kesimpulan bahwa *error* pengukuran dari beberapa sensor yang ada seperti LM35 sebesar 4.69%, DHT11 adalah 3.12%, DHT22 adalah 1.96%, dan DS18B20 adalah 1.6% (Yoga Alif Kurnia Utama 2016). Dapat disimpulkan bahwa sensor DS18B20 memiliki ketelitian yang paling tinggi jika dibandingkan dengan sensor LM35, DHT11, dan DHT22. Terkait penelitian ini agar bernilai ekonomis maka dipilih sensor DHT22 yang memiliki *error* pengukuran yang mendekati *error* terkecil dari sensor DS18B20 dan keuntungan menggunakan sensor ini dapat mengukur 2 parameter sekaligus yaitu suhu dan kelembaban dibanding sensor DS18B20 yang hanya dapat mengukur parameter suhu saja.

Setelah sensor mengukur data yang diinginkan maka selanjutnya data tersebut diolah melalui mikrokontroler Arduino Uno. Data yang diolah kemudian disimpan ke dalam modul data *logger shield* untuk melakukan penyimpanan data pada SD Card. Shield ini dilengkapi dengan *real time clock* (RTC) yang digunakan untuk mengetahui waktu penyimpanan data yang dilakukan meskipun Arduino yang digunakan sudah tidak teraliri listrik namun RTC akan tetap berjalan karena terdapat baterai pada modul ini.

3. Metodologi

Tahapan pertama yang dilakukan pada penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur untuk memahami teori-teori yang berkaitan dengan topik. Langkah selanjutnya yaitu melakukan perancangan dan pembuatan alat. Hal hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan alat antara lain adalah harga, keandalan dan kinerja komponen terkait. Pemilihan komponen ini juga mempertimbangkan hasil kajian yang dilakukan oleh peneliti lain.

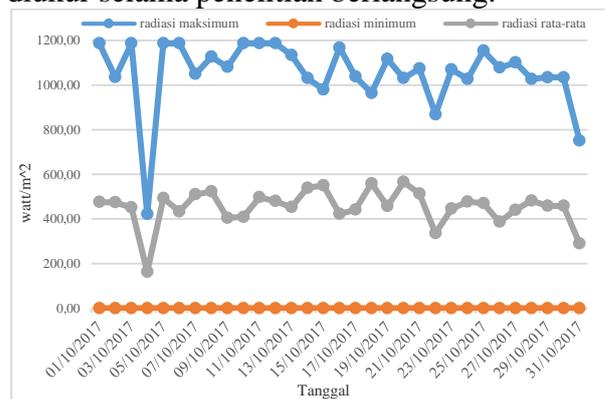
Setelah memilih komponen utama tersebut, maka tugas selanjutnya adalah merangkai komponen tersebut sehingga menjadi perangkat yang sesuai dengan rancangan yang diinginkan. Tahapan selanjutnya adalah melakukan perancangan

software untuk sistem minimum Arduino Uno. Setelah itu maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian alat untuk memeriksa kelayakannya. Setelah alat bekerja maka dilakukan proses kalibrasi agar alat yang dibuat memiliki akurasi yang baik dengan dibandingkan dengan alat ukur standar.

4. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengukuran selama periode bulan Oktober 2017 maka didapatkan data pengukuran yang mana data ini direkam setiap 10 detik sekali dan dikumpulkan setiap harinya. *Raw* data yang terkumpul setiap 10 detik sekali setiap harinya disaring menjadi data per 5 menit agar didapatkan hasil data yang *smooth* dan memudahkan proses analisa dari data yang telah diolah. Data per 5 menit setiap harinya tadi mencakup data intensitas radiasi matahari, data suhu, dan data kelembaban relatif di sekitar alat ukur dipasang.

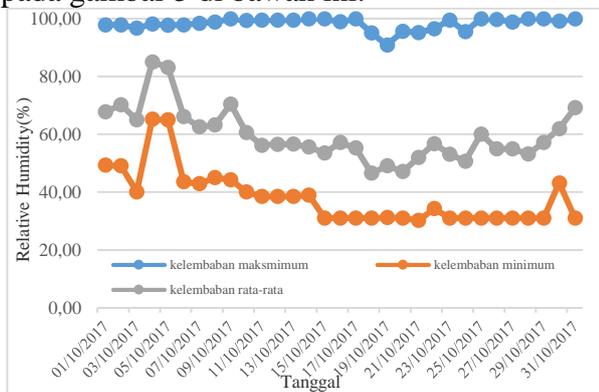
Lalu data masing-masing parameter yang telah diukur ini diolah sehingga didapatkan data maksimum, minimum, dan data rata-rata dari tiap-tiap parameter yang diukur setiap harinya. Selanjutnya data yang telah diolah sedemikian rupa ini di kelompokkan menjadi data perbulan. Data perbulan ini dianalisa dan didapatkan kesimpulannya. Berikut hasil data yang telah diukur selama penelitian berlangsung.



Gambar 4. Grafik intensitas radiasi selama bulan Oktober

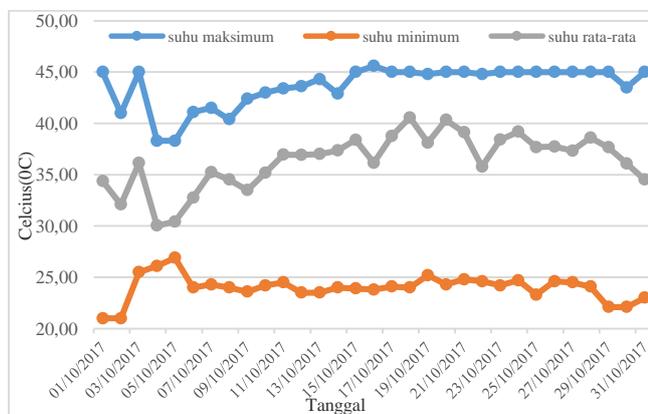
Pada grafik intensitas radiasi matahari di atas terlihat bahwa intensitas radiasi matahari berfluktuasi setiap harinya. Pada tanggal 4 oktober 2017 terjadi penurunan intensitas radiasi maksimum per hari yang paling rendah sekitar 400 watt/m² dan intensitas radiasi maksimum tertinggi terjadi selama 7 hari pada

tanggal 1,3,5,6,10,11, dan 12 Oktober skitar 1200 watt/m². Intensitas radiasi rata-rata terendah terjadi pula pada tanggal 4 Oktober 2017 yang nilainya < 200 watt/m². Selain intensitas radiasi matahari berikut juga disajikan hasil pengukuran paramater lain yaitu kelembaban relatif selama bulan Oktober 2017 pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Kelembaban relatif selama bulan Oktober

Dari Gambar 5 di atas dapat kita lihat bahwa kelembaban relatif maksimum selalu mencapai nilai > 95% kecuali pada tanggal 19 Oktober 2017 yang mana kelembaban relatif maksimum mengalami penurunan sekitar 90%. Sedangkan kelembaban rata-rata setiap harinya berfluktuasi dengan nilai kelembaban rata-rata tertinggi sekitar 85% dan kelembaban terendah sering menyentuh angka 30%. Selain intensitas radiasi matahari dan kelembaban relatif parameter terakhir yang disajikan dalam proses pengukuran pada bulan Oktober ini adalah parameter suhu pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Grafik suhu selama bulan Oktober

Dari gambar 6 terlihat bahwa suhu maksimum yang terukur terus berfluktuasi dari

tanggal 1-17 Oktober. Setelah melewati tanggal 17 Oktober nilai suhu maksimum selalu berkisar pada nilai 45 °C sampai akhir bulan Oktober 2017. Suhu maksimum terendah terjadi pada tanggal 5-6 Oktober yang bernilai sekitar 38 °C. Dan suhu rata-rata mengalami fluktuasi yang begitu signifikan. terlihat dari grafik tersebut suhu rata-rata tertinggi terjadi pada tanggal 19 dan 21 Oktober dengan nilai berkisar 41 °C. Untuk suhu minimum tercatat mengalami nilai terendah pada tanggal 4 Oktober dengan nilai hampir menyentuh angka 20 °C.

Dari hasil pengukuran selama bulan oktober 2017 didapatkan hasil bahwa untuk besar nilai intensitas radiasi matahari maksimum sebesar 1186.45 watt/m², intensitas radiasi matahari minimum sebesar 0.02 watt/m², dan intensitas radiasi matahari rata-rata sebesar 453.80 watt/m². Untuk nilai kelembaban relatif maksimum sebesar 99.90 %, kelembaban relatif minimum sebesar 30.20 %, dan kelembaban relatif rata-rata sebesar 59.73 %. Serta nilai suhu maksimum sebesar 45.60 °C, nilai suhu minimum sebesar 21.00 °C, dan nilai suhu rata-rata sebesar 36.36 °C. Nilai pengukuran bulan oktober secara jelas dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil akhir pengukuran bulan Oktober 2017

Bln	Intensitas Radiasi Matahari (watt/m ²)			Kelembaban (%) RH			Suhu (°C)		
	max	min	rata	max	min	rata	max	min	rata
Okt	1186.5	0.02	453.8	99.9	30.2	59.73	45.6	21	36.3

5. Kesimpulan

Setelah dilakukan proses perancangan, pengujian serta analisa dari proses pengukuran serta membandingkannya dengan teori-teori penunjang, maka dapat disimpulkan beberapa hal berikut.

1. Alat ukur telah berhasil bekerja dengan baik untuk mengukur parameter intensitas radiasi matahari, suhu, dan kelembaban relatif secara otomatis dan disimpan ke dalam SD-Card.

2. Hasil pengukuran telah berhasil disimpan dan diolah dengan baik dengan Microsoft Excel.
3. Dari data ukur pada bulan Oktober 2017 ini terlihat bahwa kota Pekanbaru berpotensi dikembangkan SPV.

Daftar Pustaka

- Asrari, Arash, Abolfazl Ghasemi, and Mohammad Hossein Javidi. 2012. "Economic Evaluation of Hybrid Renewable Energy Systems for Rural Electrification in Iran — A Case Study." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16(5): 3123–30.
- Djoko Adi Widodo, Suryono, Tatyantoro A. 2010. "Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas." *Jurnal Teknik Elektro* Vol. 2 No.
- Forgan, Bruce W. 2011. *Solar Radiation Measurement*.
- Hasyim Asy'ari, Jatmiko, Angga. 2012. "Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya." *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*: 52–57.
- Hidalgo, Fernando Guerra, Robinson Faez Martinez, and Edward Fuentealba Vidal. 2012. "Design of a Low-Cost Sensor for Solar Irradiance." *IEEE*: 1–8.
- Mecherikunnel, A T, and J C Richmond. 1980. *Spectral Distribution of Solar Radiation*.
- Pamungkas, Muchamad, Yuyun Siti Hafiddudin, and Rohmah. 2015. "Perancangan Dan Realisasi Alat Pengukur Intensitas Cahaya." *ELKOMIKA* 3(2):120–32.
- Hasyim Rosma, Iswadi, Dian Yayan Sukma, Irsan Taufik Ali, Amanda Khaira Perdana. 2017. "Automatic Solar Station for Ground Based Measurement of Solar Energy in Pekanbaru City Indonesia." *Conference the 1st International Conference and Informatics Engineering (ICELTics) 2017* 1(1): 1–4.
- Vetri Nurliyanti, Marlina Pandin, Bono Pranoto. 2012. "Pembuatan Peta Potensi Energi Surya." *Majalah Mineral & Energi* 10(Desember): 47–54.
- Wiktor Hudy, Jaracz Kazimierz, Pytel Krzysztof. 2015. "An Influence of Selected Anthropogenic and Climatic Conditions on the Production of Energy in Photovoltaic Panels." *IEEE*: 181–85.
- Utama, Yoga Alif Kurnia. 2016. "Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu Dengan Menggunakan Arduino Pro Mini." *e-Jurnal NARODROID* 2(2): 145–50.