

**THE UTILIZATION OF 900 WP OFF-GRID SOLAR POWER PLANT FOR  
PRODUCT INTENSIFICATION OF A HYDROPONICS FARMER GROUP**

**PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 900 WP OFF-  
GRID UNTUK PENINGKATAN PRODUKSI PETANI HIDROPONIK**

**Rizki Putra Prastio\*<sup>1</sup>, Prisma Megantoro<sup>2</sup>, Syamsul Arifin<sup>1</sup>, Dimas Dzaky Raffi  
Muhammad<sup>2</sup>, Irsyad Hilmi<sup>2</sup>, Sigit Dani Perkasa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan, Fakultas Tekonologi Maju dan  
Multidisiplin, Universitas Airlangga

<sup>2</sup> Teknik Elektro, Fakultas Tekonologi Maju dan Multidisiplin, Universitas Airlangga

\*e-mail: [r.p.prastio@ftmm.unair.ac.id](mailto:r.p.prastio@ftmm.unair.ac.id)<sup>1</sup>

**Abstract**

*In collaboration with a group of hydroponics farmers, an activity as a part of community service implementation has been carried out in Pasuruan, Eastern Java. The activity aims to develop a 900 Wp solar power plant capable of providing energy for running the essential electrical devices for the hydroponics system uninterrupted. This idea is to resolve the energy issue when the outage occurs. Moreover, the reliance on the public grid also adds additional expense for the electricity bill. Based on the observation, the power plant reliably provides sufficient energy to turn on different hydroponics electrical devices. It can supply energy for 12 hours without charging to activate, in total, 160 Watt of diverse loads all night long. While during the day, solar panels deliver energy for the batteries recharging and the other loads. Some other facilities are also developed in this activity, including UV plastic roof and addition of the grow lights to promote the plants' growth acceleration. The plastic roof efficiently reduces the sunlight intensity to lower the heat experienced by the plants, transmits specific wavelengths crucial for growth, and prevents the rainwater from entering the nutrient water tank. Meanwhile, the grow lights stimulate faster growth and quickly recover the plants after receiving much heat that causes them to look wilt. As a result, the farmers are now less reliant on the public grid, and the hydroponics system is more weather-resistant.*

**Keywords:** Solar Power Plant; Hydroponics; UV Plastic Roof; Grow Lights.

**Abstrak**

*Kegiatan pengabdian masyarakat yang bekerja sama dengan petani hidroponik di Kabupaten Pasuruan telah dilaksanakan. Kegiatan tersebut bertujuan untuk memanfaatkan pembangkit listrik tenaga surya 900 Wp yang mampu menyediakan energi untuk mengoperasikan perangkat listrik yang penting untuk sistem hidroponik secara berkelanjutan dan menjadi solusi ketika pemadaman terjadi. Berdasarkan pengamatan, pembangkit listrik tenaga surya dapat menyediakan energi pada malam hari untuk menyalakan perangkat listrik total 160 Watt. Pada siang hari, panel surya digunakan untuk mengisi ulang baterai dan beban lainnya. Beberapa fasilitas lain juga dibangun antara lain atap plastik UV dan penambahan grow light untuk mendorong percepatan pertumbuhan tanaman. Atap plastik secara efisien mengurangi intensitas sinar matahari untuk menurunkan panas yang dialami tanaman dan mencegah air hujan masuk ke tangki air nutrisi. Sedangkan, grow light merangsang pertumbuhan pada malam hari.*

Received 20 January 2023; Received in revised form 5 March 2023; Accepted 17 May 2023;  
Available online 10 June 2023.

 [10.20473/jlm.v7i2.2023.220-229](https://doi.org/10.20473/jlm.v7i2.2023.220-229)



Open access under CC BY-SA license

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

**Kata kunci:** *Pembangkit Listrik Tenaga Surya; Hidroponik; Atap Plastik UV; Grow Lights.*

## **PENDAHULUAN**

Kelestarian sumber pangan harus dijaga dengan menerapkan metode pertanian modern yang efisien dan berkelanjutan untuk mencukupi kebutuhan dasar penduduk dunia yang terus bertambah (Arizona *et. al*, 2022; Baiyin *et. al*, 2020; Barbosa *et. al*, 2015). Meskipun teknik konvensional telah dipraktikkan selama berabad-abad, namun dianggap tidak efisien dalam penggunaan air dan lahan. Selain itu, metode konvensional menghasilkan limpasan pestisida yang cukup banyak dan menyebabkan kerusakan tanah (Bouzidi *et. al*, 2021; Chel *et. al*, 2011; Cossu *et. al*, 2020). Lonjakan permintaan pangan di masa depan membuat manusia merevolusi cara bercocok tanam untuk mendapatkan produk dengan kualitas dan kuantitas yang prima.

Hidroponik, diklasifikasikan sebagai Controlled-Environment Agriculture (CEA), adalah salah satu solusi untuk memperbaiki kekurangan yang disebutkan di atas yang dihadapi pertanian konvensional. Seperti namanya, metode ini menggantikan tanah dengan air yang kaya nutrisi sebagai media untuk menanam tanaman pada platform khusus. Satu dapat dengan fleksibel dan mudah mengontrol kondisi air, termasuk konsentrasi nutrisi dan pH, memungkinkan tanaman untuk tumbuh pada tingkat yang optimal. Selain itu, kualitas dan kuantitas produk sangat dapat dikontrol (Chel *et. al*, 2011; FAO, 2012; , Garcia *et. al*, 2021). Meskipun tanaman dapat tumbuh dengan air nutrisi statis dalam tangki, sebagian besar sistem hidroponik menggunakan air mengalir yang disuplai ke akar dengan menggunakan pompa air. Pertanian hidroponik sering dilengkapi dengan lebih banyak perangkat listrik dan konstruksi khusus untuk memberikan kondisi pertumbuhan yang lebih baik untuk skala yang lebih besar atau industri. Dengan kata lain, sistem hidroponik membutuhkan energi listrik yang terus menerus untuk menjalankan perangkat listrik. Penggunaan listrik berbahan bakar fosil akan menambah tambahan biaya produksi. Di sisi lain, hal itu juga memperburuk perubahan iklim akibat polusi, yang sedang diperjuangkan dunia untuk diperbaiki. Oleh karena itu, sumber energi terbarukan menjadi solusi yang menjanjikan untuk pertanian jangka panjang (Chel *et. al*, 2011; Cossu *et. al*, 2020, Garcia *et. al*, 2021; Gleick *et. al*, 2010; Gomez *et. al*, 2019; Gorjian *et. al*, 2020). Hal ini ditunjukkan dalam beberapa penelitian (Hassan *et. al*, 2016; Hollingsworth *et. al*, 2010, Killebrew *et. al*, 2010; Nasution *et. al*, 2021) bahwa listrik bertenaga surya merupakan sumber energi yang menguntungkan untuk aplikasi pertanian.

Karena kemudahan dan fleksibilitas pengoperasiannya, pertanian hidroponik dapat dioperasikan oleh siapa saja tanpa pengetahuan khusus dari pendidikan formal. Kelompok tani bernama “Hidroponikkoe” di Pasuruan, Jawa Timur, telah menjalankan pertanian hidroponik sejak awal tahun 2020. Kelompok ini beranggotakan empat orang ibu rumah tangga bertetangga yang memiliki sistem pertanian hidroponik di pekarangannya, dengan bhok choy (*Brassica rapa*) dan selada (*Lactuca sativa*) sebagai produk utama. Mereka dilatih oleh kader pertanian dan ketahanan pangan kabupaten Pasuruan. Alhasil, saat ini mereka sudah bisa mengantarkan produknya ke konsumen, baik konsumen perorangan maupun restoran lokal di berbagai tempat terdekat. Namun, operasi mereka masih menghadapi beberapa masalah. Pertama-tama, ketergantungan pada jaringan publik sebagai sumber energi utama untuk menjalankan perangkat listrik penting bagi sistem

membuat mereka tidak memiliki pilihan lain untuk sumber energi alternatif selama pemadaman pada hari yang cerah. Menurut laporan dari para petani, penguapan yang berlebihan menyebabkan tanaman lebih layu saat air nutrisi berhenti bersirkulasi akibat pompa air yang tidak aktif dibandingkan saat pompa hidup. Kedua, cuaca sangat mempengaruhi tanaman karena instalasi hidroponik dipasang di luar ruangan tanpa perlindungan apapun. Paparan langsung sinar matahari dan air hujan menyebabkan hasil panen yang tidak stabil dan penurunan kualitas tanaman. Pada musim hujan, air hujan langsung jatuh ke instalasi dan masuk ke tangki air. Akibatnya, itu mengubah konsentrasi nutrisi, yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Selain itu, hal itu meningkatkan kebutuhan nutrisi karena air hujan mengeluarkannya dari tangki.

Berdasarkan permasalahan yang teridentifikasi di lapangan, maka program pengabdian masyarakat bertujuan untuk mengembangkan beberapa fasilitas guna mendukung proses produksi kelompok tani tersebut. Pembangkit listrik tenaga surya 900 WP dibangun untuk menyediakan energi listrik untuk mengoperasikan semua perangkat elektronik penting untuk hidroponik. Energi yang terkumpul kemudian disalurkan ke seluruh instalasi di pekarangan rumah setiap anggota kelompok. Sumber energi alternatif ini tentunya dapat mengurangi ketergantungan pada jaringan listrik dan menurunkan biaya produksi karena petani tidak perlu mengeluarkan biaya listrik bulanan. Selain itu, kegiatan ini juga mencoba meminimalisir pengaruh cuaca dengan membangun atap pelindung dari plastik UV untuk platform hidroponik individu. Atap plastik UV memainkan setidaknya dua peran penting untuk tanaman. Ini mengurangi radiasi langsung dari matahari dan secara bersamaan mentransmisikan panjang gelombang tertentu untuk memungkinkan tanaman tumbuh pada kondisi optimal. Manfaat lain dari atap adalah mencegah masuknya air hujan ke dalam instalasi hidroponik sehingga konsentrasi nutrisi tetap stabil. Selain itu, karya ini juga akan memberikan pencahayaan tambahan pada sistem hidroponik, yang disebut grow light, dengan panjang gelombang tertentu, seperti yang ditunjukkan dalam beberapa penelitian (Pascaris *et. al*, 2021; Pinho *et. al*, 2017; Putera *et. al*, 2021; Rao *et. al*, 2018). Penambahan cahaya tumbuh memungkinkan tanaman tumbuh di malam hari. Oleh karena itu, dimungkinkan bagi petani untuk mengintensifkan hasil panen per tahun karena waktu panen yang lebih singkat. Ini juga merupakan kesempatan yang tepat untuk memperkenalkan kepada orang-orang manfaat menggunakan energi terbarukan untuk mendapatkan kesadaran tentang perubahan iklim. Selain itu, fasilitas yang telah dikembangkan menjadi tempat yang sebenarnya untuk belajar pertanian dan sistem pembangkit listrik tenaga surya.

## **METODE PENGABDIAN MASYARAKAT**

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan tim secara berurutan sebelum mengembangkan sistem tenaga surya. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut: 1) Survey tempat, dimana tahap ini memainkan peran penting dalam mengumpulkan informasi sebagai bagian dari perencanaan. Pertama-tama, tim mengumpulkan informasi tentang produk potensial yang dapat diproduksi oleh grup dan profitabilitasnya dengan mewawancarai setiap anggota grup. Pada saat yang sama, platform hidroponik yang ada juga diperiksa untuk membuat desain modifikasi dan memperkirakan jumlah bahan yang dibutuhkan. Survei terakhir adalah pengamatan udara melalui drone untuk mendapatkan data primer untuk perkiraan panjang kabel sebagai bagian dari perencanaan distribusi listrik. 2) Pengadaan material sebagai tindak lanjut dari survey untuk menyediakan bahan

antara lain rangka atap dibangun dengan menggunakan saluran C baja, juga dikenal sebagai rangka C, dengan ketebalan 0,6 mm dan 0,75 mm. Mereka dirakit dan disekrup bersama dengan sekrup bor berukuran 12×20. Atap terbuat dari plastik UV 200 mikron, dengan berbagai ukuran tergantung pada dimensi platform hidroponik, yang akan ditahan dengan klip pegas. Stimulator pertumbuhan menggunakan lampu merah dan biru 12V 40W pada malam hari untuk setiap platform hidroponik. Tiga modul panel surya monocrystalline 300 WP dan klem railing, *Solar Charge Controller* (SCC) MPPT 60A 12/24/36/48 V, dua baterai *deep cycle* VOZ 12 V/100 Ah, inverter gelombang sinus murni 500 Watt. 3) Tahap Pengembangan dimana ada dua pekerjaan konstruksi utama dalam kegiatan ini. Mengingat sistem hidroponik sudah ada, tim tidak perlu membangun setup baru. Sebaliknya, pekerjaan itu dimaksudkan untuk memodifikasi platform yang ada untuk menambah atap. Pekerjaan konstruksi lainnya ditujukan untuk membangun kerangka pemasangan panel surya. Setelah semua pekerjaan konstruksi selesai, pemasangan modul panel surya dan komponen lainnya, seperti lampu tumbuh, SCC, baterai, inverter, dan atap plastik, dapat dimulai. 4) Tahap percobaan yang dimulai dari pemeriksaan umum dimana tugas penting yang harus dilakukan dengan memeriksa berbagai aspek sebelum pengujian fungsional seluruh sistem. Beberapa hal yang perlu diperiksa antara lain kekencangan sekrup, baut, polaritas sambungan kabel, dan kondisi komponen pengaman. Pengujian fungsionalitas kemudian dilakukan setiap kali seluruh sistem diperiksa dan dinyatakan aman untuk dioperasikan. 5) Observasi, pengabdian masyarakat ini dirancang berkelanjutan. Kegiatan belum selesai, meski sistem dipastikan bekerja dengan baik. Oleh karena itu, observasi pasca kegiatan wajib dilakukan untuk menjaga kesehatan sistem dan mempererat kerjasama antara tim dan mitra. 6) Sosialisasi, salah satu tujuan dari pekerjaan ini adalah transfer ilmu kepada masyarakat. Beberapa penduduk setempat dilatih untuk memahami, memelihara, dan melakukan troubleshooting pembangkit listrik tenaga surya yang mereka operasikan. Oleh karena itu, warga diharapkan dapat mengelola dan mengembangkan usahanya secara mandiri.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Survei awal yang dilakukan di awal program telah mengumpulkan data berharga. Menurut beberapa informasi yang diperoleh dari petani melalui wawancara, ada ketidakseimbangan antara produksi dan permintaan. Hal ini disebabkan oleh waktu panen yang relatif memakan waktu lebih lama dibandingkan penjualannya. Dalam kondisi normal, waktu panen pakcoy dan selada masing-masing sekitar 35 dan 45 hari. Hasil panen tidak mampu memenuhi permintaan pasar.



Gambar 1. (Atas) Kondisi awal empat instalasi hidroponik. (Bawah) Lokasi semua sistem hidroponik dilihat dari drone.

Selain itu, petani bisa mengalami kerugian karena instalasi dipasang di luar ruangan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1, membuat mereka kurang toleran terhadap cuaca. Survei awal juga menghasilkan foto udara yang menjadi dasar pengetahuan untuk menentukan lokasi terbaik untuk memasang modul panel surya. Selain itu, foto udara dapat digunakan untuk memperkirakan panjang kabel untuk distribusi listrik. Dengan pengamatan ini, desain modifikasi untuk penambahan frame atap telah dibuat.

Gambar 1 di bawah adalah gambar udara yang menampilkan lokasi empat platform hidroponik, dengan panah merah di kanan bawah yang menunjukkan arah utara sebenarnya. Survei menunjukkan bahwa lokasi 1 adalah lokasi terbaik untuk perakitan pembangkit listrik tenaga surya. Terlebih lagi, situs ini merupakan area terbuka dengan sedikit penghalang sinar matahari pada jam puncak matahari. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya dapat menghasilkan daya yang optimal dari penyinaran sinar matahari sebagai akibat dari naungan minimal yang disebabkan oleh gedung-gedung tinggi atau pepohonan di sekitarnya. Energi yang dipanen kemudian didistribusikan ke seluruh lokasi.

Progres konstruksi rangka dimulai sejak semua bahan tersedia, dan digambarkan pada Gambar 2. Rangka atap tersebut menyediakan tempat untuk tumbuh cahaya dan atap plastik UV untuk dijepit. Seperti yang ditunjukkan pada baris terakhir Gambar 2, menambahkan atap plastik semi-transparan tidak diragukan lagi dapat mengurangi efek dari masalah terkait cuaca.



Gambar 2. Pengembangan rangka aluminium untuk pemasangan atap dan modul surya.



Gambar 3. Semua sistem hidroponik di seluruh lokasi sudah didukung dengan pembangkit listrik tenaga surya.

Ini memungkinkan sinar matahari melewatinya untuk fotosintesis dan, pada saat yang sama, mengurangi intensitas cahaya yang menyebabkannya peningkatan suhu pada

tumbuhan. Sebagai hasilnya, tanaman tidak mendapat panas berlebih dan tetap tegak saat hari cerah. Atap juga efektif mencegah air hujan masuk ke tangki air nutrisi. Hal ini sangat menguntungkan petani karena konsentrasi nutrisinya tetap stabil. Oleh karena itu, pada gilirannya, tidak mengganggu pertumbuhan tanaman. Para petani juga bisa lebih menghemat nutrisi di musim hujan.

Sebelum penyaluran tenaga listrik dilakukan pemeriksaan secara menyeluruh untuk menilai keandalan sistem. Prosedur ini, terdiri dari beberapa langkah, dilakukan untuk memastikan bahwa pembangkit listrik akan bekerja dengan baik dalam mengalirkan energi ke semua beban listrik. Pada tahap ini, tim tanpa lelah mencermati setiap detail komponen yang membentuk pembangkit listrik tersebut. Beberapa item perlu dinilai dengan hati-hati, termasuk kondisi setiap modul surya, koneksi polaritas kabel, peringkat daya komponen, sakelar pengaman, dan perangkat perlindungan arus berlebih. Barang-barang tersebut adalah hal-hal penting yang harus diprioritaskan setiap orang untuk diperiksa sebagai bagian dari operasi keselamatan. Segera setelah dinyatakan aman untuk dioperasikan, sistem diaktifkan untuk menyalakan semua beban listrik di lokasi 1 selama beberapa hari untuk diperiksa keandalannya dalam menyediakan energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembangkit listrik tenaga surya ini handal dan mampu menyediakan energi untuk perangkat listrik yang digunakan dalam instalasi hidroponik. Oleh karena itu, distribusi listrik dapat dilakukan.

Bukti yang cukup besar dari distribusi energi disajikan pada Gambar 3. Dari kiri atas searah jarum jam adalah sistem hidroponik di situs 1 dan seterusnya. Ini menunjukkan lampu tumbuh menyala, menghasilkan cahaya ungu sebagai kombinasi cahaya merah dan biru. Perlu dicatat bahwa kegiatan ini memakan waktu beberapa minggu, dan tim bekerja secara berurutan sesuai dengan ketersediaan bahan. Meskipun rangka telah seluruhnya dibangun, atap plastik UV belum tersedia. Jadi, lampu tumbuh itu dipasang beberapa minggu sebelum atap plastik. Karena tidak tersedianya atap, panas matahari menyebabkan tanaman terlihat layu. Kondisi ini memungkinkan untuk mengamati bagaimana tanaman merespon cahaya tumbuh. Menurut pengamatan pertama setelah matahari terbenam, rangsangan cahaya yang tumbuh menyebabkan

tanaman tumbuh lebih cepat dari biasanya, dan para petani juga membenarkannya. Ini berarti tanaman memang merespons cahaya yang tumbuh. Ini mempercepat pertumbuhan tanaman dan berpotensi meningkatkan hasil per tahun. Pembangkit listrik tenaga surya tidak hanya menyediakan energi untuk *grow light*, tetapi juga menyediakan energi untuk pompa air.



Gambar 4. Sosialisasi program dan poster keselamatan.

Terpasangnya pembangkit listrik tenaga surya bukan berarti menghilangkan keterbatasan tersebut. Sistem memanen energi matahari dan menyimpannya di baterai sebagai cadangan saat pemadaman terjadi atau pada malam hari. Pastinya, baterai tidak dapat disangkal memiliki batas maksimum untuk menyimpan energi yang harus diketahui oleh para petani. Menyalakan banyak beban listrik secara bersamaan untuk waktu yang lama menyebabkan pemakaian baterai yang berlebihan. Ini menyebabkan sistem mati sampai panel surya mengisi ulang baterai. Mengingat keterbatasan yang telah disebutkan sebelumnya, maka diberikan edukasi manajemen beban kepada petani untuk mencegah terjadinya over discharge. Baterai tersebut dapat menyediakan energi untuk beban total 160 Watt selama 12 jam tanpa mengisi ulang dari panel surya, seperti pada malam hari. Sedangkan pada siang hari, sistem dapat mengkonversi penyinaran matahari untuk mengisi ulang baterai dan mensuplai daya ke beban secara bersamaan. Dengan menjelaskan batasan sistem kepada para petani, mereka dapat mengatur muatan yang harus diaktifkan pada malam hari. Akibatnya, tidak ada laporan masalah pasokan listrik di semua lokasi sejak pertama kali beroperasi. Hal ini menunjukkan bahwa pembangkit listrik tersebut handal dalam menyediakan energi yang kontinyu untuk beban-bebannya.

Sosialisasi merupakan kegiatan penting dari program pengembangan masyarakat ini. Ini adalah kesempatan yang sangat baik untuk mengenalkan masyarakat pada energi terbarukan, khususnya pembangkit listrik tenaga surya. Pada kesempatan tersebut, prinsip dasar sistem tenaga surya disampaikan dengan cara yang dapat dipahami oleh warga. Menyadari bahwa program ini telah membangun sistem dengan potensi bahaya yang tinggi, maka pendidikan keselamatan ketenagalistrikan bagi warga menjadi sangat penting. Pengetahuan disampaikan dan didemonstrasikan dengan poster, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 sisi kanan. Seperti yang dilaporkan oleh ketua kelompok, kegiatan ini diharapkan dapat berkelanjutan di masa mendatang dengan inovasi-inovasi baru dan ide-ide berdampak lainnya. Kegiatan ini dianggap menguntungkan bagi mereka.

## **PENUTUP**

**Simpulan.** Pembangunan PLTS 900 WP dan fasilitas lainnya untuk kelompok tani hidroponik telah dilaksanakan. Kegiatan ini telah memecahkan beberapa masalah yang dihadapi oleh para petani. Pembangkit listrik mampu menyediakan energi terus menerus, tanpa bergantung pada jaringan publik, untuk mengoperasikan perangkat listrik yang digunakan dalam sistem hidroponik, seperti lampu tumbuh dan pompa air. Secara total, sistem dapat mendukung beban listrik 160 Watt selama 12 jam tanpa pengisian, seperti pada malam hari. Hal ini juga menunjukkan bahwa tanaman merespon rangsangan dari lampu tumbuh. Khususnya, sistem ini sekarang lebih toleran terhadap cuaca. Pengembangan plastik UV sebagai atap melindungi tanaman dari pengaruh buruk cuaca. Ini mengurangi radiasi sinar matahari yang menyebabkan paparan panas ekstrem pada tanaman. Plastik UV juga memungkinkan panjang gelombang tertentu untuk melewatinya, mendorong pertumbuhan optimal, dan mencegah air hujan memasuki tangki air nutrisi.



## UCAPAN TERIMA KASIH

Tim mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknologi Maju dan Multidisiplin yang telah mendanai kegiatan pengabdian masyarakat ini dan kelompok usaha hidroponik “Hidroponikkoe” di Pasuruan atas dukungan kerjasama yang sangat baik selama kegiatan berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arizona, R., Kurnia, H., Elfiano, E., Rahman, J., & Kurniadi, S. (2022). Dissemination of LED Grow Light Radiation Technology to Accelerate Hydroponic Plant Growth in the Sidomulyo Hydroponics Business in Perhentian Marpoyan Village, Marpoyan Damai District, Pekanbaru City. *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat Indonesia*, 2(1).
- Baiyin, B., Tagawa, K., & Gutierrez, J. (2020). Techno-Economic Feasibility Analysis of a Stand-Alone Photovoltaic System for Combined Aquaponics on Drylands. *Sustainability*, 12(22), 9556.
- Barbosa, G. L., Gadelha, F. D., Kublik, N., Proctor, A., Reichelm, L., Weissinger, E., . . . Halden, R. U. (2015). Comparison of land, water, and energy requirements of lettuce grown using hydroponic vs. conventional agricultural methods. *International journal of environmental research and public health*, 12(6), 6879–6891. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph120606879>.
- Bouzidi, B., & Campana, P. E. (2021). Optimization of photovoltaic water pumping systems for date palm irrigation in the Saharan regions of Algeria: increasing economic viability with multiple-crop irrigation. *Energy, Ecology and Environment*, 6(4), 316–343.
- Chel, A., & Kaushik, G. (2011). Renewable energy for sustainable agriculture. *Agronomy for sustainable development*, 31(1), 91–118.
- Cossu, M., Yano, A., Solinas, S., Deligios, P. A., Tiloca, M. T., Cossu, A., & Ledda, L. (2020). Agricultural sustainability estimation of the European photovoltaic greenhouses. *European Journal of Agronomy*, 118, 126074.
- FAO. (2012). *FAO in the 21st Century: Ensuring Food Security in a Changing World: Executive Summary*. FAO.
- Garcia, A. M., Gallagher, J., Chacon, M. C., & Mc Nabola, A. (2021). The environmental and economic benefits of a hybrid hydropower energy recovery and solar energy system (PAT-PV), under varying energy demands in the agricultural sector. *Journal of Cleaner Production*, 303, 127078.
- Gleick, P. H. (2010). Roadmap for sustainable water resources in southwestern North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(50), 21300–21305. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1005473107>.

- Gomez, C., Currey, C. J., Dickson, R. W., Kim, H.-J., Hernandez, R., Sabeh, N. C., . . . Burnett, S. E. (2019). Controlled environment food production for urban agriculture. *HortScience*, 54(9), 1448--1458. doi:https://doi.org/10.21273/HORTSCI14073-19.
- Gorjian, S., Calise, F., Kant, K., Ahamed, M. S., Copertaro, B., Najafi, G., . . . Shamshiri, R. R. (2020). A review on opportunities for implementation of solar energy technologies in agricultural greenhouses. *Journal of Cleaner Production*, 124807. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124807
- Hassan, G. E., Salah, A. H., Fath, H., Elhelw, M., Hassan, A., & Saqr, K. M. (2016). Optimum operational performance of a new stand-alone agricultural greenhouse with integrated-TPV solar panels. (Elsevier, Ed.) *Solar Energy*, 136, 303–316. doi:https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.07.017.
- Hollingsworth, J. A., Ravishankar, E., O'Connor, B., Johnson, J. X., & DeCarolis, J. F. (2020). Environmental and economic impacts of solar-powered integrated greenhouses. *Journal of Industrial Ecology*, 24(1), 234–247.
- Killebrew, K., & Wolff, H. (2010). *Environmental impacts of agricultural technologies*.
- Nasution, I., Munawar, A., Satriyo, P., Gunawan, H., Yunus, Y., & others. (2021). Precision agriculture: automated irrigation system in tandem with solar panels for melon farming cultivation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 644(1), 012084. doi:DOI:10.1088/1755-1315/644/1/012084
- Pascaris, A. S., Schelly, C., Burnham, L., & Pearce, J. M. (2021). Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics. *Energy Research & Social Science*, 75, 102023. doi:https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102023
- Pinho, P., Jokinen, K., & Halonen, L. (2017). The influence of the LED light spectrum on the growth and nutrient uptake of hydroponically grown lettuce. *Lighting Research & Technology*, 49(7), 866–881.
- Putera, P., Novita, S. A., Hamid, M. I., & Syafii, S. (2015). Development and Evaluation of Solar--Powered Instrument for Hydroponic System in Limapuluh Kota, Indonesia. *Advanced Science Engineering Information Technology*, 5(5), 284–288.
- Rao, M. J., Sahu, M. K., & Subudhi, P. K. (2018). Pv based water pumping system for agricultural sector. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 1008–1016.