



PENINGKATAN KETERAMPILAN DAN PRODUKTIVITAS CABAI KELOMPOK PETANI BERBASIS PENERAPAN AGROVOLTAIC: IMPLEMENTASI MITIGASI PERUBAHAN IKLIM

Syahrullah¹, Tenri Sau²

¹Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Puangrimaggalutung

²Prodi Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Puangrimaggalutung

Email : syahrullah.farming@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan Iklim yang tidak terkendali, diprediksi akan memicu persoalan katahanan energi, pangan dan air. Berbagai dampak perubahan iklim sangat dirasakan dari berbagai negara seperti banjir, gelombang panas, kebakaran hutan dan ancaman krisis pangan. Maka diperlukan terobosan inovasi dan teknologi yang ramah lingkungan pada setiap kegiatan pengelolaan industri. Kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan kapasitas dan akses petani terhadap dampak perubahan iklim melalui kegiatan peningkatan keterampilan kelompok tani dan produktivitas tanaman cabai berbasis inovasi dan teknologi Agrovoltaic. Metode pelaksanaannya dimulai pada kegiatan observasi, perencanaan program, Pelaksanaan kegiatan Pelatihan/pendampingan pemasangan teknologi agrovoltaic kemudian diakhiri dengan kegiatan monitoring dan evaluasi. Adapun hasil dari program ini adalah dihasilkannya penerapan inovasi ramah lingkungan yaitu teknologi Agrovoltaic dalam kegiatan pelatihan dan pendampingan kepada peserta anggota kelompok tani PADA IDI sehingga mampu meningkatkan keterampilan kelompok tani(100%) dalam penerapan inovasi agrovoltaic menjadi teknologi penyediaan energi terbarukan yang terintegrasi pelindung tanaman dari hama yang sangat bermanfaat, murah dan ramah lingkungan sehingga berdampak pada peningkatan produktivitas lahan dan keseimbangan ekosistem lingkungan hidup di sekitar tanaman cabai. Adapun kisaran peningkatan produksi cabai adalah 12% dari data produksi sebelumnya.

Kata kunci : Kelompok Tani, Agrovoltaic, Inovasi, Mitigasi, Perubahan Iklim

ABSTRACT

Climate change not, eliminate coal and oil-fueled vehicles will be substituted for electric vehicles. In the future, it is predicted that there will be more government policies to create innovations related to climate change mitigation and adaptation. Therefore, innovations and environmentally friendly technology breakthroughs are needed in every industrial and MSME management activity, one of which is the production and management of rice plants. This service activity aims to substitute the use of chemical fertilizers for the use of environmentally friendly fertilizers through activities to increase farmer group skills and productivity of rice plants based on Agrovoltaic innovation and technology. The implementation method begins with observation activities, program planning, implementation of training/assistance activities for making Agrovoltaic and then ends with monitoring and evaluation activities. The result of this program is the application of environmentally friendly innovation, namely Agrovoltaic technology in Mentoring activities to participants of the Pada Idi farmer group members so that they are able to improve the skills of farmer groups (100%) in utilizing agricultural waste into fertilizer that is very useful, cheap and environmentally friendly so that it has an impact on increasing land productivity and the balance of environmental ecosystems around rice fields. The range for the increase in rice production is 15% from the previous production data.

Keywords: Farmer; Agrovoltaic; Inovation; Mitigation; Climate change.

PENDAHULUAN

Perubahan Iklim yang tidak terkendali, diprediksi akan memicu persoalan katahanan energi, pangan dan air. Tahun 2021, berbagai dampak

perubahan iklim sangat dirasakan dari berbagai negara seperti banjir, gelombang panas, kebakaran hutan dan ancaman krisis pangan. Pada forum COP26 di Inggris diputuskan untuk zero emisi,

menghapus batu bara dan kendaraan berbahan bakar Minyak akan disubstitusi ke kendaraan Listrik. Kedepannya, diprediksi akan lebih banyak kebijakan pemerintah untuk menciptakan inovasi yang berkaitan dengan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Untuk pertanian tanaman pangan, yang berkaitan dengan optimasi lahan, salah satu teknologi pengendalian hama cabai yang dinilai efektif dan efisien adalah pemanfaatan Agrovoltaic.

Penggabungan ketahanan pangan dan ketahanan energi berkelanjutan dalam satuan lahan merupakan solusi masalah konflik lahan pertanian dan lahan infrastruktur(6). Inovasi Agrovoltaic dipraktikkan pada lahan kering, area yang berada di bawah panel surya disimpulkan dapat mempertahankan kelembaban tanah dan secara signifikan lebih menghemat air 328% lebih efisien (7). Tinjauan dan pendekatan ekonomi (8) melakukan riset inovasi agrovoltaic di daerah padat penduduk dan menyatakan bahwa agrovoltaic memproduksi energi dan pangan secara simultan, yang berkorelasi dengan manfaat ekonomi(green Economy) bagi petani serta potensi untuk memberikan efek sinergis.

Kelompok Tani Pada Idi merupakan salah satu kelompok tani yang berada di wilayah Desa Sappa kecamatan Belawa kabupaten Wajo. Kelompok tani Pada Idi berdiri dan disahkan pada tanggal 27 November 2008 dan saat ini jumlah anggota yang terdaftar sebanyak 29 Orang. Lahan sawah kelompok tani Pada Idi pengairannya dengan sistem irigasi teknis pompanisasi, sehingga potensi komoditas utama yang diusahakan anggota kelompok tani adalah padi sawah. Namun pada praktik dan pengelolaan budidaya tanaman cabai masih tergolong konvensional cenderung tidak memperhatikan dampak lingkungan yang berakibat pada rusaknya ekosistem lahan sawah sehingga diprediksi bisa menyumbang positif efek gas rumah kaca, misalnya dengan penggunaan pupuk kimia secara terus menerus dan penggunaan pestisida yang bisa meningkatkan residu logam berat pada lahan.

Penanganan masalah atau pengendalian hama terpadu sudah banyak diteliti, berdasarkan penelitian (3,4) mengemukakan bahwa teknologi Pengendalian Hama Terpadu dan penggunaan pestisida berdasarkan ambang kendali, dapat menekan penggunaan pestisida sebesar 73,33% dengan hasil panen tetap tinggi yaitu sebesar 15,46 ton/ha. Dengan penerapan PHT tanaman cabai akan menjadi lebih sehat dan toleran terhadap serangan *Thrips* Sp. Dan menghasilkan produksi yang optimal. Hasil analisis usaha tani tanaman cabai pada perlakuan PHT dan konvensional menunjukkan bahwa hasil produksi cabai rawit pada

perlakuan PHT lebih banyak dibanding perlakuan konvensional. Bila dilihat dari perhitungan BCR, keuntungan yang dihasilkan pada perlakuan PHT lebih tinggi (5,85 kali lipat dari modal yang didapatkan) daripada perlakuan konvensional 3,34 kali lipat dari modal yang didapatkan(5). **Namun demikian**, tidak semua petani cabai mengetahui apalagi memiliki keterampilan khusus untuk mengimplementasikan atau menerapkan inovasi Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Instalasi, investigasi dan identifikasi ilmu komponen-komponen teknologi PHT yang rumit membuat petani kebingungan untuk menerapkan teknologi. **Kelompok Tani "PADA IDI"** yang akan menjadi mitra pengabdian program PKMS mengharapkan pelatihan dan pendampingan untuk penerapan teknologi PHT yang inovatif.

Agrovoltaic dapat menjadi pendekatan atau strategi teknis yang solutif untuk pertanian berkelanjutan, membantu memenuhi kebutuhan energi dan produksi pangan secara terintegrasi dan prospektif dan sekaligus menghemat sumber daya lahan Pertanian(Weselek et al., 2019). Dalam studi pemodelan baru-baru ini yang membahas produksi jagung, Amaducci et al., (2018) menunjukkan bahwa produktivitas lahan untuk industri energi terbarukan bahkan dapat diintegrasikan dengan Agrovoltaic dibandingkan dengan produksi terpisah dengan jagung dan energi dengan modul Panel surya yang dipasang pada lahan. Pada tahun 2010, Dupraz et al., (2011) menyiapkan fasilitas uji Agrovoltaic untuk memvalidasi asumsi, untuk menemukan kombinasi produksi pangan dan energi yang seimbang.

Peneliti **University of Arizona, Tucson, AZ, USA** Kinney et al., (2018) melakukan penelitian dengan pendekatan integratif instrumen kondisi iklim mikro, suhu panel panel surya, kelembaban tanah dan penggunaan air irigasi, fungsi ekofisiologi tanaman dan produksi biomassa tanaman dalam ekosistem agrivoltaic dan dalam instalasi Panel surya tradisional dan pola sistem tanam. Dan beliau menemukan bahwa naungan oleh panel surya memberikan banyak manfaat aditif dan sinergis, termasuk pengurangan stres kekeringan tanaman, produksi pangan yang lebih besar, dan pengurangan stres panas pada panel panel surya. Dan beliau juga **merekomendasikan teknologi inovasi Agrovoltaic** untuk dieksplorasi di masa depan menuju ketahanan sistem pangan dan energi di bawah proyeksi peningkatan tekanan lingkungan atas isu pengaruh perubahan iklim yang menjadi perbincangan hangat pemimpin dunia masa kini.

Penggabungan ketahanan pangan dan ketahanan energi berkelanjutan dalam satuan lahan merupakan solusi masalah konflik lahan pertanian

dan lahan infrastruktur (Elnaz Hassanpour Adeh, John S. Selker, 2018). Inovasi Agrovoltaic dipraktikkan pada lahan kering, area yang berada di bawah panel surya disimpulkan dapat mempertahankan kelembaban tanah dan secara signifikan lebih menghemat air 328% lebih efisien (Schindele et al., 2020). Tinjauan dan pendekatan ekonomi (Jain et al., 2021) melakukan riset inovasi agrovoltaic di daerah padat penduduk dan menyatakan bahwa agrivoltaic memproduksi energi dan pangan secara simultan, yang berkorelasi dengan manfaat ekonomi (green Economy) bagi petani serta potensi untuk memberikan efek sinergis.

Berdasar pada fenomena dan hasil riset serta pengembangan tentang teknologi inovasi dan teknologi Agrovoltaic tersebut kami selaku pengabdian tertantang untuk segera memberikan pelatihan kepada para petani yang tergabung di kelompok tani Pada Idi dengan harapan mampu meningkatkan keterampilan dalam pengelolaan budidaya dan produksi tanaman cabainya.

METODE PELAKSANAAN

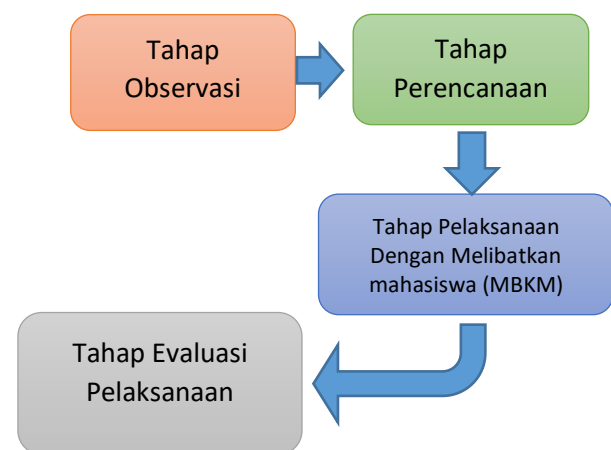
Berharap capaian skill/keterampilan dalam membuat Agrovoltaic yang sangat bermanfaat dan murah maka pelaksanaan kegiatan dilaksanakan dengan metode pelatihan. Pelatihan adalah kegiatan yang melibatkan kegiatan yang disertai dengan percontohan dan pengoperasian sistem kendali atau peralatan (Morelli, 2015). Sedangkan tahapan-tahapan yang akan dilakukan untuk mencapai keberhasilan kegiatan adalah persiapan, pelaksanaan kegiatan dan evaluasi pelaksanaan.

Pelaksanaan kegiatan pelatihan dan pendampingan penerapan inovasi agrovoltaic kepada anggota kelompok tani dilaksanakan di sekretariat kelompok tani Pada Idi Desa Sappa kecamatan Belawa kabupaten Wajo provinsi Sulawesi Selatan. Turut hadir pada acara tersebut: LPPM Universitas Puangrimaggalatung, Dekan fakultas pertanian, ketua prodi agroteknologi, dan beberapa dosen lainnya lingkup fakultas pertanian UNIPRIMA. Selain akademisi hadir juga dari kalangan pengusaha kuliner owner Rumah Makan wisata desa Wirgal, dan tentu juga hadir dari kalangan anggota kelompok tani lainnya yang merupakan peserta primer dari kegiatan pelatihan/pendampingan ini.

Pelaksanaan kegiatan Pelatihan diawali dengan pemaparan materi dari Tim Pelaksana Pengabdian yang terdiri dari 3 orang. Saat pelatihan

materi disampaikan oleh 1 orang dan yang lainnya sebagai teknisi pelatihan dan pendampingan. Dalam pelatihan disampaikan potensi wilayah setempat untuk menggali lebih banyak lagi potensi ekonomi masyarakat, salah satunya potensi sumber daya alam sebagai bahan dasar pengembangan inovasi PHT untuk dikembangkan dan diintegrasikan dengan Agrovoltaic yang akan mampu meningkatkan keseimbangan sehingga lingkungan tetap terjaga, sehingga tercipta sistem pertanian berkelanjutan.

Secara administrasi pelaksanaan kegiatan pelatihan dan pendampingan dilaksanakan beberapa tahap. Adapun Tahapan-tahapan digambarkan pada gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Bagan Program PKM-MBKM

HASIL DAN PEMBAHASAN PELAKSANAAN

1. Pelatihan dan pemaparan materi.

Pemaparan materi sebagaimana kondisinya pada gambar 1. dilaksanakan dengan melibatkan 3 pemateri:

Pertama: materi dibawakan oleh Tim Pelaksana Pengabdian yang membahas tentang strategi dan Tantangan Teknologi masa perubahan iklim lingkup adaptasi dan mitigasi perubahan iklim spesifik pemanfaatan inovasi ramah lingkungan pada tanaman pangan dan hortikultura.

Kedua: Pembahasan materi pelatihan dibawakan oleh ibu Sulfiani, S.P.,M.Si selaku ahli Pengendalian hama Terpadu(PHT) pembahasan filosofis tentang hama sangat penting pada pembahasan ini, dengan membahas secara mendalam tentang anatomi dan fisiologi hama dan penyakit tanaman tertentu yang endemik, maka akan lebih mudah dikendalikan secara alami dan berkelanjutan. Petani sangat antusias mendengarkan pemaparan materi karena diberikan contoh-

contoh konkrit di lapangan sehingga mudah dipahami oleh mereka.

Ketiga : Pembahasan tentang Pertanian Tumpang sari. Dibawakan oleh bapak Muhammad Adhan, S.P., M.P. yang membahas secara spesifik simbiosis mutualisme tanaman jagung dengan tanaman hortikultura(cabai). Metode tumpang sari antara tanaman jagung dan cabai sangat menguntungkan ditinjau dari segi ekonomi dan ekologi dalam pemanfaatan lahan, apalagi hal ini dinilai merupakan sistem pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan karena dapat meminimalisir penggunaan pestisida sintesis.



Gambar 1. Kondisi kegiatan Pelatihan.

2. Pendampingan Implementasi Agrovoltaic.

Dalam simulasi berdasarkan data dari periode 40 tahun (Amaducci et al., 2018), menemukan bahwa membudidayakan jagung di bawah Agrovoltaic dalam kondisi non-irigasi mengurangi penguapan tanah dan juga meningkatkan hasil rata-rata. Pendampingan pemasangan Agrovoltaic tersebut bertujuan untuk melatih dan menambah wawasan pengetahuan anggota kelompok tani tentang pemanfaatan inovasi ramah lingkungan untuk menghasilkan energi pengganti BBM yang diintegrasikan dengan tanaman pangan. Pendampingan tersebut dengan menggunakan bahan panel surya, kemudian ditegakkan dengan pada tiang-tiang baja ringan pembibitan cabai. Kondisi lapangan setelah pemasangan alat agrovoltaic terlihat petani dan pemuda setempat sangat antusias membantu sebagaimana terlihat pada gambar 2, karena hal ini dinilai daya tarik pemuda tani terhadap agrovoltaic cukup tinggi karena berkaitan dengan kebutuhan dasar teknologi modern yang dekat dengan kebutuhan primer sumber energi listrik untuk menjalankan fungsi HP dan perangkat elektronik lainnya.



Gambar 2. Kegiatan Pendampingan pemasangan Agrovoltaic oleh tim MBKM.

Agrovoltaic yang dipasang merupakan inovasi yang diimplementasikan untuk penerapan program PHT. Penanganan masalah atau pengendalian hama terpadu sudah banyak diteliti, berdasarkan penelitian (3,4) mengemukakan bahwa teknologi Pengendalian Hama Terpadu dan penggunaan pestisida berdasarkan ambang kendali, dapat menekan penggunaan pestisida sebesar 73,33% dengan hasil panen tetap tinggi yaitu sebesar 15,46 ton/ha. Dengan penerapan PHT tanaman cabai akan menjadi lebih sehat dan toleran terhadap serangan *Thrips* Sp. Dan menghasilkan produksi yang optimal. Hasil analisis usaha tani tanaman cabai pada perlakuan PHT dan konvensional menunjukkan bahwa hasil produksi cabai rawit pada perlakuan PHT lebih banyak dibanding perlakuan konvensional. Bila dilihat dari perhitungan BCR, keuntungan yang dihasilkan pada perlakuan PHT lebih tinggi (5,85 kali lipat dari modal yang didapatkan) daripada perlakuan konvensional 3,34 kali lipat dari modal yang didapatkan(5).

3. Penerapan Tumpangsari Jagung dengan Cabai

Pada penerapan pola tanam monokultur, populasi hama cenderung berkembang karena hilangnya keanekaragaman hayati. Penurunan aktivitas dan jumlah agens hayati terjadi karena sumber pakan, berupa: polen, nektar, mangsa ataupun inang alternatif yang diperlukan oleh musuh alami untuk makan dan bereproduksi menjadi berkurang (Landis et al., 2000). Berdasar pada teori ini diperlukan model tumpangsari sebagai pendekatan baru untuk mengurangi resiko serangan hama pada tanaman. Selain itu model tumpangsari juga dinilai mampu memberikan manfaat ganda secara ekonomi, ekologi dan sosial petani.



Gambar 3. Pendampingan petani oleh mahasiswa, penerapan tanaman tumpangsari jagung + cabai.

4. Monitoring dan Evaluasi Pelaksanaan

Selain tahapan observasi, pelaksanaan kegiatan pengabdian juga dilaksanakan tahapan evaluasi sebagai tahapan komprehensif program pendampingan program Peningkatan keterampilan dan produksi tanaman cabai yang telah dilaksanakan. Evaluasi dilaksanakan melalui wawancara kepada peserta anggota petani yang tergabung di kelompok tani Pada Idi yang telah berpartisipasi. Berdasar pada hasil evaluasi didapatkan bahwa kegiatan pelatihan dan pendampingan pemanfaatan inovasi Agrovoltac yang telah dilakukan memberikan manfaat peningkatan keterampilan bagi kelompok tani Pada Idi desa Sappa, karena mereka mendapatkan pengetahuan/skill baru untuk kembali membuat Agrovoltac yang lebih banyak untuk kemudian diaplikasikan ke lahan pertanian anggota kelompok tani, ide peluang bisnis dari teknologi Agrovoltac (Dupraz et al., 2011a; Pang et al., 2019; Schindele et al., 2020; Trommsdorff et al., 2021) juga merupakan kebutuhan pemerintah untuk menekan penggunaan pupuk kimia dan pestisida berbahaya bagi ekosistem keseimbangan lingkungan hidup. Setelah mengikuti kegiatan pelatihan dan pendampingan, sesuai data dari hasil wawancara pada peserta pelatihan, terdapat peningkatan kemampuan peserta kelompok tani untuk membuat produk Agrovoltac 100% dan hasil produksi tanaman cabai meningkat, karena menurut pengakuannya berdasarkan perhitungan rata-rata produksi per hektar setelah penggunaan Agrovoltac mencapai 7,5 ton/Ha dari sebelum penggunaan Agrovoltac hanya kisaran 5,8 ton/ha. Jadi peningkatan yang didapatkan selama program pengabdian yaitu kegiatan pendampingan pembuatan Agrovoltac adalah sebanyak 12% dari produksi sebelumnya.

Pemanfaatan inovasi Agrovoltac dalam praktik pengelolaan budi daya tanaman cabai oleh kelompok tani secara terus menerus dinilai sangat menguntungkan pihak-pihak yang berkepentingan, dari segi produksi dan keseimbangan ekosistem lahan hal ini bisa berkelanjutan, dari segi ekosistem lingkungan hidup memberikan ruang yang kondusif terhadap makhluk-makhluk kecil yang di sekitar tanaman cabai sawah. Dan tidak kalah pentingnya dari pemanfaatan Agrovoltac sebagai pengganti pupuk kimia adalah membantu program pemerintah dalam rangka pengurangan efek gas rumah kaca dari program Mitigasi dan Adaptasi perubahan iklim global (Barron-Gafford et al., 2019; Elnaz Hassanpour Adeg, John S. Selker,

2018; Nugroho, 2020; syahrullah; et all, 2022; Weselek et al., 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemaparan di atas dapat disimpulkan bahwa Implementasi dan penerapan inovasi ramah lingkungan yaitu teknologi Agrovoltac yang diprogramkan dalam kegiatan Pendampingan kepada peserta anggota kelompok tani Pada Idi dinilai mampu meningkatkan keterampilan kelompok tani (100%) dalam pemanfaatan limbah pertanian menjadi pupuk yang sangat bermanfaat, murah dan ramah lingkungan sehingga berdampak pada peningkatan produktivitas lahan dan keseimbangan ekosistem lingkungan hidup di sekitar tanaman cabai sawah. Adapun kisaran peningkatan produksi padi adalah 12% dari data produksi sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaducci, S., Yin, X., & Colauzzi, M. (2018). Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy*, 220, 545–561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A. K., Nabhan, G. P., & Macknick, J. E. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, 2(9), 848–855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011a). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011b). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
- Elnaz Hassanpour Adeg, John S. Selker, C. W. H. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE*, 13(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>

- Jain, P., Raina, G., Sinha, S., Malik, P., & Mathur, S. (2021). Agrovoltaics: Step towards sustainable energy-food combination. *Bioresource Technology Reports*, 15(May), 100766. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100766>
- Kinney, K., Minor, R., & Barron-Gafford, G. (2018). Testing predictions used to build an agrivoltaics installation on a small-scale educational model. *UA Science*. <https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1395&context=star>
- Morelli, N. (2015). Challenges in designing and scaling up community services. *The Design Journal*, 18(2), 269–290. <https://doi.org/doi.org/10.2752/175630615X14212498964394>
- Nugroho, H. (2020). Memperkokoh Keterkaitan Ketahanan Pangan, Energi, dan Air (Food-Energy-Water Nexus) dalam Perencanaan Pembangunan Indonesia. *Bappenas Working Papers, III(2)*, 238–243.
- Pang, K., Van Sambeek, J. W., Navarrete-Tindall, N. E., Lin, C. H., Jose, S., & Garrett, H. E. (2019). Responses of legumes and grasses to non-, moderate, and dense shade in Missouri, USA. I. Forage yield and its species-level plasticity. *Agroforestry Systems*, 93(1), 11–24. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0067-8>
- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265(March), 114737. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>
- syahrullah; et all. (2022). Lodging Rice Resistant: Identification on MorphoPhysiological Paddy Stems Falling Factor in Different Planting Methods. *JUATIKA*, 4(1), 234–241.
- Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., Weselek, A., Högy, P., & Obergfell, T. (2021). Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 140(December 2020). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110694>
- Weselek, A., Bauerle, A., Hartung, J., Zikeli, S., Lewandowski, I., & Högy, P. (2021). Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(5). <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00714-y>
- Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4). <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>
- Amaducci, S., Yin, X., & Colauzzi, M. (2018). Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. *Applied Energy*, 220, 545–561. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.03.081>
- Barron-Gafford, G. A., Pavao-Zuckerman, M. A., Minor, R. L., Sutter, L. F., Barnett-Moreno, I., Blackett, D. T., Thompson, M., Dimond, K., Gerlak, A. K., Nabhan, G. P., & Macknick, J. E. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*, 2(9), 848–855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011a). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011b). Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2011.03.005>
- Elnaz Hassanpour Adeg, John S. Selker, C. W. H. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. *PLoS ONE*, 13(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203256>
- Jain, P., Raina, G., Sinha, S., Malik, P., & Mathur, S. (2021). Agrovoltaics: Step towards sustainable energy-food

- combination. *Bioresource Technology Reports*, 15(May), 100766. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2021.100766>
- Kinney, K., Minor, R., & Barron-Gafford, G. (2018). Testing predictions used to build an agrivoltaics installation on a small-scale educational model. *UA Science*. https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1395&context=s_tar
- Morelli, N. (2015). Challenges in designing and scaling up community services. *The Design Journal*, 18(2), 269–290. <https://doi.org/doi.org/10.2752/175630615X14212498964394>
- Nugroho, H. (2020). Memperkokoh Keterkaitan Ketahanan Pangan, Energi, dan Air (Food-Energy-Water Nexus) dalam Perencanaan Pembangunan Indonesia. *Bappenas Working Papers*, III(2), 238–243.
- Pang, K., Van Sambeek, J. W., Navarrete-Tindall, N. E., Lin, C. H., Jose, S., & Garrett, H. E. (2019). Responses of legumes and grasses to non-, moderate, and dense shade in Missouri, USA. I. Forage yield and its species-level plasticity. *Agroforestry Systems*, 93(1), 11–24. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0067-8>
- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265(March), 114737. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>
- syahrullah; et all. (2022). Lodging Rice Resistant : Identification on MorphoPhysiological Paddy Stems Falling FACTOR in Different Planting Methods. *JUATIKA*, 4(1), 234–241.
- Trommsdorff, M., Kang, J., Reise, C., Schindele, S., Bopp, G., Ehmann, A., Weselek, A., Högy, P., & Obergfell, T. (2021). Combining food and energy production: Design of an agrivoltaic system applied in arable and vegetable farming in Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 140(December 2020). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110694>
- Weselek, A., Bauerle, A., Hartung, J., Zikeli, S., Lewandowski, I., & Högy, P. (2021). Agrivoltaic system impacts on microclimate and yield of different crops within an organic crop rotation in a temperate climate. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(5). <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00714-y>
- Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4). <https://doi.org/10.1007/s13593-019-0581-3>