

DESAIN IRIGASI TETES OTOMATIS TERINTEGRASI ENERGI MATAHARI BERBASIS *SOILMOISTURE* SEBAGAI UPAYA PENGOPTIMALAN PENGGUNAAN AIR

Design Automatic Drip Irrigation Integrated of Solar Energy Soil Moisture Based as a Efforts To Optimize The Use of Water

Thabed Tholib Baladraf¹⁾*

¹⁾Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Jember

DOI: <http://dx.doi.org/10.21111/agrotech.v6i3.5019>

Terima 15 September 2020

Revisi 19 Oktober 2020

Terbit 31 Desember 2020

Abstrak: Pertanian berperan dalam ketersediaan makanan, energi, dan pakan. Irigasi menjadi hal urgen yang memberikan dampak langsung terhadap tanaman (kualitas dan kuantitas). Indonesia memiliki lahan kering sebesar 70% yang memproduksi komoditas pangan yaitu jagung, kedelai, ubi kayu, dan ubi jalar. Irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* memiliki prospek jangka panjang yang sangat baik untuk pertanian berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui desain irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture*, mengetahui potensi irigasi tetes tenaga surya, dan mengetahui inovasi pertanian yang berperan dalam penanganan masalah ketersediaan air. Peneliti menciptakan irigasi dengan memanfaatkan *renewable energy* sehingga ramah lingkungan. Peneliti membuat rancang bangun dan melakukan tiga pengujian yakni pengujian standar kelembaban tanah untuk menguji otomatisasi alat, pengujian panel surya untuk mengetahui daya, dan pengujian perbandingan irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* dengan irigasi manual. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat sudah bekerja otomatis ketika kelembaban tanah kurang dari 30% maka irigasi tetes terintegrasi energi matahari akan bekerja, uji sel surya mendapatkan hasil 0,6 kWh daya maksimal yang artinya sudah mencukupi, dan uji perbandingan irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* dengan irigasi manual menunjukkan bahwa

* Korespondensi email: thabedtholib2001@gmail.com

Alamat : Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Jember, Jalan Kalimantan Nomor 37, Sumbersari, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur , Indonesia 68121

irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* lebih efektif 55% dibanding irigasi manual.

Kata kunci: Berkelanjutan, Energi Matahari, Irigasi Tetes, Lahan Kering, *Renewable Energy*.

Abstract: Agriculture plays a role in providing foods, feeds and energies. Irrigation is an important factor that has a direct impact on crop quality and quantity. Indonesia has 70% dry land which produces food commodities, namely corn, soybeans, cassava and sweet potato. Solar energy based soilmoisture integrated automatic drip irrigation has excellent long terms prospects for sustainable agriculture. This study aims to determine the design of solar energy-based integrated solar drip irrigation system, to determine the potential of solar powered drip irrigation, and to determine agricultural innovations that play a role in handling water availability problems. Researchers create irrigation by utilizing renewable energy that it is environmentally friendly. Researchers made a design and carried out three tests, namely testing of soil moisture standards to test automation of tools, testing of solar panels to determine power, and testing the comparison of automatic drip irrigation integrated solar energy based on soilmoisture with manual irrigation. The test results show that the tool works automatically when the humidity of the soil is less than 30%, the integrated solar energy drip irrigation will work, the solar panel test produces 0.6 kWh of maximum power which means it is sufficient and the comparison test of automatic drip irrigation is integrated with solar energy based on soilmoisture. Manual irrigation, it shows that the sun energy-based integrated solar drip irrigation is 55% more effective than manual irrigation.

Key words: Sustainable, Solar Energy, Drip Irrigation, Dry Land, Renewable Energy.

1. Pendahuluan

Indonesia menjadi negara pertanian atau agraris yang mempunyai wilayah pertanian sebesar 76 juta hektar (BPS, 2019). Pertanian menjadi sektor utama yang menjadi penyangga tatanan negara Indonesia. Sektor pertanian dianggap terpenting karena sektor pertanian menjadi penyangga dan penyelamat

perekonomian nasional karena pertumbuhannya yang stabil meningkat dan menjadi salah satu sektor PDB tertinggi, sementara sektor lain pertumbuhannya negatif (Kusumaningrum, 2019). Menurut BPS (2016) sektor pertanian memiliki kontribusi pada PDB dengan rincian tanaman hortiluktura sebesar 1,51%, tanaman pangan 3,42%, tanaman perkebunan 3,46%, peternakan 1,62%, jasa pertanian 0,20%, perikanan 2,56% perikanan, dan kehutanan 0,69%. Infrastruktur irigasi merupakan salah satu faktor penting yang memberikan dampak terhadap quality dan quantity tanaman.

Air menjadi komponen penting penentu dalam produksi pertanian. Dimulai proses awal hingga pemanenan, tanaman selalu memerlukan air. Seluruh kegiatan metabolisme tanaman tidak dapat berjalan tanpa air. Jumlah kebutuhan air pada masing-masing fase pertumbuhan selama siklus tanaman berbeda. Hal ini berkaitan langsung dengan adanya proses morfologis, fisiologis, dan gabungan antara kedua faktor tersebut serta faktor-faktor lingkungan. Contohnya keperluan air padi sama dengan jumlah total air yang dikonsumsi untuk transpirasi, evaporasi, dan aktivitas metabolisme. Kebutuhan air dapat ditetapkan menggunakan Metode FAO (Pasquale et al., 2012) berdasarkan persamaan yang disajikan dibawah sebagai berikut:

$$Etc = Kc \times ETo$$

dimana:

Etc : Evapotranspirasi tanaman

ETo: Evapotranspirasi referensi

Kc : Koefisien tanaman

Dapat disimpulkan bahwa tanaman yang memiliki ETo dan Etc lebih tinggi maka periode pertumbuhannya lebih lama, sedangkan ETo dan Etc yang rendah maka periode pertumbuhannya pendek. Menurut Smith et al. (1991) Eto dan Etc musim kemarau selalu menunjukkan hasil lebih besar daripada pada musim hujan. Kebutuhan air pada padi sawah lebih tinggi dari tanaman pangan lain karena keperluan air selama musim hujan menunjukkan intensitas yang rendah, sementara pada saat musim kemarau menunjukkan kebutuhan air yang sangat tinggi. Berdasarkan penjabaran di atas dapat disimpulkan bahwa keperluan air pada irigasi harus diberikan dengan waktu, jumlah, dan mutu yang tepat, jika tidak tepat maka pertumbuhan tanaman akan terganggu dan mempengaruhi siklus produksi pertanian. Pertanian menjadi sektor dengan penggunaan air terbesar, sehingga perlu adanya peningkatan pemanfaatan dan peningkatan efisiensi dalam penggunaannya (Noer, 2011). Keterbatasan air yang terjadi saat ini menyebabkan pemanfaatan lahan kering sebagai lahan potensial belum maksimal.

Menurut BPS (2019), 89% dari lahan pertanian Indonesia merupakan lahan pertanian kering. Dari luas lahan pertanian

kering di Indonesia, 68,89% merupakan lahan potensial yang memproduksi komoditas pangan ubi, kedelai, kacang hijau dan jagung. Berdasarkan data dari BPS (2019) jagung sebesar 83,9%, kedelai sebesar 55,2%, kacang sebesar 82%, dan ubi kayu sebesar 84% ditanam di lahan kering. Program diversifikasi pangan menjadi tantangan apabila berhasil dilakukan karena perlu adanya kesiapan lahan kering untuk lebih berperan dalam menopang kebutuhan pangan. Menurut Khalimi dan Kusuma (2018) lahan kering adalah sumber daya alam yang memiliki potensi besar dalam pembangunan pertanian, baik tanaman hortikultura, pangan, peternakan dan kehutanan.

Potensi lahan kering belum optimal dalam pengelolaannya akibat dipengaruhi komponen internal dan eksternal. Menurut Mulyani dan Sarwani (2013) komponen internal terdiri dari sifat fisik, kimia, biologi tanah dan bahan induk, sedangkan komponen eksternal terdiri dari suhu ekstrim dan curah hujan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu adanya solusi konkret dengan memanfaatkan *renewable energy*, salah satunya tenaga matahari yang menyebabkan suhu ekstrim. Ketersediaan air menjadi permasalahan bagi lahan kering karena akan berdampak kepada produktivitas lahan yang mengandalkan air dari hujan dan tidak memiliki infrastruktur irigasi. Indikator kondisi tanaman yang mengalami cekaman air dapat diketahui selama musim tanam melalui jumlah hari kering. Tanaman yang tidak memperoleh

pasokan air selama 7 hari atau lebih dapat menyebabkan proses pertumbuhan tanaman menjadi terganggu (Eko dan Affan, 2017).

Dampak kekeringan dapat berupa sosial, lingkungan dan ekonomi sehingga kekeringan menjadi bencana yang sangat kompleks dan memiliki dampak yang sangat buruk terhadap manusia (Savitri dan Pramono, 2018). Kompleksitas lahir karena air menyangkut kemampuan masyarakat untuk menghasilkan barang dan menyediakan layanan. Menurut Zou *et al.* (2017) kekeringan dapat disebabkan oleh faktor alam dan faktor manusia, dimana faktor manusia menjadi faktor yang dapat dikendalikan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Burchfield *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa masyarakat di daerah Sri Lanka bergantung kepada air hujan dalam pemenuhan kebutuhan selama musim kering. Pengetahuan mengenai adaptasi masyarakat terhadap bencana kekeringan dapat digunakan sebagai upaya untuk mengatasi bencana kekeringan (Mihunov *et al.*, 2018). Salah satu solusi efektif yaitu dengan menggunakan irigasi tetes karena menurut Udiana dan Bunganaen (2014) irigasi tetes menjadi solusi kekeringan yang dapat menghemat pemakaian air hingga 87% - 95%, serta dapat meningkatkan kualitas pertanian (Ehret dan Frey, 2012).

Hal inilah yang menarik untuk dikaji lebih lanjut oleh penulis, yaitu dengan membuat kajian tentang inovasi rancang bangun infrastruktur sistem irigasi tetes otomatis terintegrasi energi

matahari yang berbasis sensor *soilmoisture* yang dapat mengatasi masalah infrastruktur irigasi pada daerah minim air dan dapat meningkatkan efektifitas penyiraman tanaman hingga 55%. Tujuan dalam penelitian ini yaitu mengetahui potensi irigasi tetes tenaga surya dalam pengoptimalan penggunaan air, dan mengetahui inovasi pertanian yang berperan dalam penanganan masalah ketersediaan air. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil manfaat yaitu bagi pemerintah dapat digunakan dalam membantu pemerintah dalam meningkatkan perekonomian daerah, dapat menuntaskan masalah ketersediaan air di bidang pertanian, dan dapat memenuhi rantai pasok pangan akibat produktivitas yang meningkat. Sedangkan bagi masyarakat dapat menjadi solusi konkret untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat akibat pemenuhan kebutuhan air.

2. Bahan dan Metode

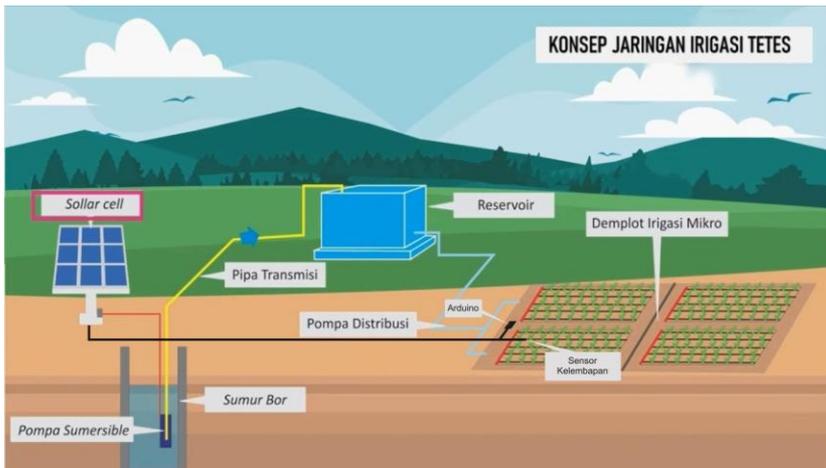
Penelitian dilakukan mulai dari tanggal 2 Februari 2020 hingga tanggal 2 April 2020. Penelitian ini dilakukan di Desa Cobanblimbing, Kecamatan Wonorejo, Kabupaten Pasuruan.

2.1 Alat dan Bahan

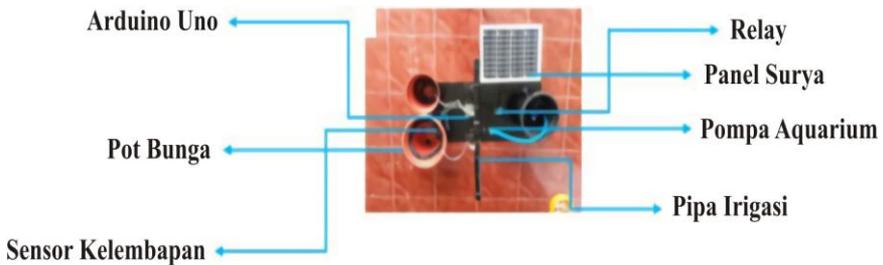
Adapun kebutuhan peralatan dan bahan-bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini antara lain panel surya, pompa aquarium, relay, sensor kelembaban, pot bunga, pipa irigasi, mikrokontroler arduino uno.

2.2 Desain Alat

Berikut adalah desain rancang bangun irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* pertanian skala besar dan pertanian skala kecil ditinjau dari sisi atas disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



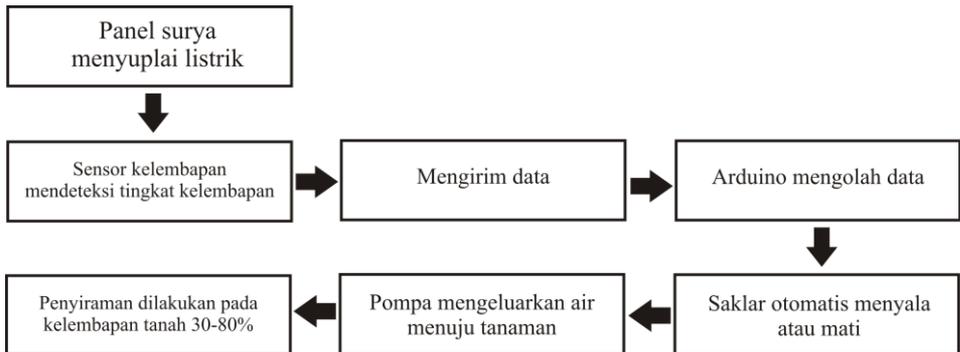
Gambar 1. Rancang bangun skala besar (Sumber: Penulis)



Gambar 2. Rancang bangun skala kecil (Sumber: Penulis)

2.3 Skema Kerja

Skema kerja irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema kerja irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture*

2.4 Metode Analisis

Penelitian ini menggunakan metode analisis penelitian yang terdiri dari pengujian fungsionalitas otomatisasi irigasi dengan metode *black box*, pengujian daya panel surya yang digunakan, dan pengujian komparasi irigasi.

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan rancangan alat menggunakan model irigasi tetes. Model irigasi tetes dipilih karena dinilai cocok dan efektif

dalam menanggulangi kekeringan serta pengoptimalan penggunaan air. Cara pemberian irigasi yang tidak tepat menjadi penyebab utama rendahnya produktivitas (Yanto *et al.*, 2014). Menurut Ridwan (2013) model irigasi tetes merupakan irigasi yang hemat air dan optimal dalam penggunaan air. Irigasi tetes memiliki empat manfaat dibandingkan irigasi yang lain, yaitu (1) tingginya efisiensi aplikasi irigasi, (2) nutrisi tanaman dapat dikelola dengan sempurna, (3) penanganan keasinan (salinitas) tanah yang baik, dan (4) irigasi tetes membutuhkan energi yang rendah dibanding sistem irigasi lainnya. Irigasi tetes tanaman dapat mempertahankan kelembaban, penyiraman tepat ke zona perakaran dan volume yang tidak berlebihan sehingga pertumbuhan tanaman dan penggunaan air menjadi optimal (Rana dan Rahim, 2014).

3.1 Pengujian Fungsionalitas Otomatisasi Irigasi Dengan Metode *Black Box*

Pengujian yang dilakukan menajbarkan jika kelembaban yang dideteksi kurang dari 30% maka pompa akan menyala dan bekerja secara otomatis. Namun, jika kelembaban yang dideteksi lebih dari 80% maka pompa otomatis akan berhenti bekerja. Pengujian fungsionalitas otomatisasi irigasi mendapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengujian fungsionalitas otomatisasi irigasi metode *black box*

| No | Jenis Tanah | Kelembaban | Pompa |
|----|-------------|------------|-------|
| 1 | Kering | <30% | Hidup |
| 2 | Basah | 75-80% | Mati |

3.2 Pengujian Daya Panel Surya yang Digunakan

Pengujian ini memiliki tujuan untuk mengetahui daya yang digunakan panel surya untuk menjalankan irigasi. Jika daya yang dihasilkan >1 kWh maka panel surya dapat digunakan untuk menjalankan irigasi tetes berbasis *soilmoisture*. Pengujian dilakukan pada hari Selasa mulai pukul 09.00-15.00 dan mendapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pengujian panel surya selama 1 hari

| Waktu | Tegangan | Arus | Daya | Irradiance (W/M ²) | Suhu (C) |
|-------|----------|-------|---------|--------------------------------|----------|
| 09.00 | 19.79 | 0.44 | 8.7076 | 542 | 49 |
| 09.30 | 19.88 | 0.33 | 6.5604 | 687 | 54 |
| 10.00 | 19.75 | 0.35 | 6.9125 | 728 | 56 |
| 10.30 | 19.93 | 0.12 | 2.3916 | 788 | 62 |
| 11.00 | 19.44 | 0.3 | 5.832 | 733 | 58 |
| 11.30 | 19.53 | 0.128 | 2.49984 | 844 | 59 |
| 12.00 | 19.50 | 0.12 | 2.34 | 824 | 58 |
| 12.30 | 19.50 | 0.14 | 2.73 | 820 | 58.2 |
| 13.00 | 19.12 | 0.3 | 5.736 | 741 | 60.2 |
| 13.30 | 18.95 | 0.4 | 7.58 | 650 | 58 |
| 14.00 | 19.36 | 0.3 | 5.808 | 566 | 56.6 |
| 14.30 | 19.32 | 0.3 | 5.796 | 390 | 53.2 |
| 15.00 | 19.59 | 0.125 | 2.44875 | 340 | 50.6 |

3.3 Pengujian Komparasi Irigasi

Pengujian komparasi bertujuan untuk mengetahui hasil perbandingan menggunakan sistem irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* dan irigasi manual. Pengujian komparasi mendapatkan hasil yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data hasil perbandingan

| No | Metode | Tinggi tanaman awal | Tinggi tanaman akhir setelah 1 bulan |
|----|--|---------------------|--------------------------------------|
| 1. | Irigasi tetes terintegrasi energi matahari | 25 cm | 45 cm |
| 2. | Manual | 25 cm | 36 cm |

Pengujian ini memperoleh perbedaan hasil penyiraman menggunakan metode irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* dan irigasi biasa. Pengujian dimulai dengan kondisi awal tanaman dengan tinggi 29 cm dan dilakukan perlakuan sama, yaitu dilakukan penyiraman ketika tanah sudah mulai kering, atau pH (keasaman) sudah dibawah standar. Pada irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* ketika sensor mendeteksi kelembaban tanah berada pada angka 30% maka akan dilakukan penyiraman otomatis hingga kelembaban tanah mencapai 80%. Hasilnya irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* lebih

unggul dengan mempertahankan kelembaban, penyiraman tepat ke zona perakaran dan volume yang tidak berlebihan, sehingga irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* lebih efisien dan efektif sebesar 55%. Hal ini disebabkan karena pada sistem irigasi manual, tanah akan cepat mengalami kekeringan, sehingga penyiraman dilakukan sehari sekali, untuk menghindari tanaman mati dalam pengujian piranti irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture*. Hasil penelitian sesuai dengan Widiastuti dan Wijayanto (2018) bahwa sistem irigasi tetes dapat secara efektif menghemat penggunaan air karena dapat meminimumkan kehilangan air yang terjadi seperti evaporasi, aliran permukaan, dan perkolasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Rancang bangun irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* dapat digunakan pada pertanian skala besar dan skala kecil.
2. Berdasarkan hasil uji coba fungsionalitas otomatisasi irigasi, irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* dapat bekerja dengan baik. Ketika kelembaban tanah <30% maka otomatis melakukan penyiraman otomatis hingga mencapai kelembaban optimal

80%. Sedangkan ketika kelembaban tanah sudah mencapai 80% maka berhenti melakukan penyiraman

3. Berdasarkan hasil uji coba daya pada alat panel surya, panel surya berhasil menghasilkan daya maksimal sebesar 0,6 kWh. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya yang peneliti gunakan sangat mencukupi untuk irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture*.
4. Berdasarkan hasil uji coba komparasi, irigasi tetes otomatis terintegrasi energi matahari berbasis *soilmoisture* lebih unggul 55% dibandingkan dengan irigasi manual. Berdasarkan kesimpulan dari penelitian, maka penulis merekomendasikan saran agar desain alat dibuat semakin bervariasi dengan menambahkan fitur pemupukan otomatis.

5. Acknowledgement

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember yang telah membantu dalam mewadahi penulis untuk mengikuti Festival Sains dan Teknologi Seminar Nasional Universitas Darussalam Gontor. Terima kasih diucapkan kepada bapak Andrew Setiawan Rusdianto, S.TP., M.Si yang telah membantu dalam membimbing penulis hingga artikel dapat terselesaikan dengan baik.

6. Referensi

- BPS. 2019. *Luas Lahan Menurut Penggunaan di Indonesia*. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- BPS. 2016. *Indikator Pertanian/Agricultural Indicators*. Badan Pusat Statistik, Jakarta.
- Burchfield, E., Williams, N. E., & Carrico, A. R. 2018. Rescaling drought mitigation in rural Sri Lanka. *Journal Regional Environmental Change*. 18(2): 2495-2503.
- Ehret, D., dan B. Frey. 2012. Effects of Drip Irrigation Configuration and Rate on Yield and Fruit Quality of Young Highbush Blueberry Plants. *Journal HORTSCIENCE*. 47(3): 414-421.
- Eko, W., dan Affan, B. 2017. Prototype Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Atmega 328. *Jurnal Elektro*. 2(1): 2-11.
- Khalimi, F. dan Z. Kusuma. 2018. Analisis Ketersediaan Air pada Pertanian Lahan Kering di Gunungkidul Yogyakarta. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 5(1): 721-725.
- Kusumaningrum, S. 2019. Pemanfaatan Sektor Pertanian sebagai Penunjang Pertumbuhan Perekonomian Indonesia. *Jurnal Transaksi*. 11(1): 80-89.
- Mihunov, V., N. Lam, L. Zou, R. Rohli, N. Bushra, M. Reams, dan J. Argote. 2018. Community resilience to drought hazard in

- the South-Central United States. *Annals of the American Association of Geographers*. 108(3): 739–755.
- Mulyani, A. dan M. Sarwani. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Suboptimal untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 7(1): 47-58.
- Noer, H. 2011. Optimalisasi Pemanfaatan Sumberdaya Air Melalui Perbaikan Pola Tanam dan Perbaikan Teknik Budidaya Pada Sistem Usahatani. *Indonesian Journal of Agricultural Economics*. 2(2): 169-182.
- Pasquale, S., C. Theodore, F. Elias. 2012. *Crop Yield Response to Water*. FAO Drainage and Irrigation Paper No. 66. Food and Agriculture Organization, Rome. <http://www.fao.org/3/i2800e/i2800e.pdf> (Diakses pada 9 September 2020).
- Rana, M., dan A. Rahim. 2014. Manuring And Irrigation Effect On Growth, Flowering, And Fruiting of Dragon Fruit (*Hylocereus Undatus* Haw) In Bangladesh. 2014. *IJCBS Research Paper*. 1(6): 28-32.
- Ridwan, D. 2013. Model Jaringan Irigasi Tetes Berbasis Bahan Lokal untuk Pertanian Lahan Sempit. *Jurnal Irigasi*. 8(2): 90-98.

- Savitri, E. dan I. Pramono. 2018. Identifikasi dan Mitigasi Kerentanan Kekeringan Das Moyo. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. 2(2): 173-187.
- Smith, M., R. Allen, J. Monteith, A. Perrier, L. Pereira, dan A. Segeren. 1991. *Report on The Expert Consultation on Procedures for Revision of FAO Guidelines for Prediction of Crop Water Requirements*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/29/062/29062763.pdf (Diakses pada tanggal 10 September 2020).
- Togatorop, A. 2017. Modernisasi Pertanian Terhadap Pemakaian Pupuk Dalam Meningkatkan Taraf Hidup Petani di Desa Sirisirisi Kecamatan Doloksanggul Sumatera Utara. *JOM FISIP*. 4(2): 1-15.
- Udiana, I., dan W. Bunganaen. 2014. Perencanaan Sistem Irigasi Tetes (Drip Irrigation) di Desa Besmarak Kabupaten Kupang. *Jurnal Teknik Sipil*. 3(1): 63-74.
- Widiastuti, I., dan D. S. Wijayanto. 2018. Implementasi Teknologi Irigasi Tetes pada Budidaya Tanaman Buah Naga. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 6(1): 1-8.
- Yanto, H., A. Tusi, S. Triyono. 2014. Aplikasi Sistem Irigasi Tetes Pada Tanaman Kembang Kol (Brassica Oleracea Var. Botrytis L. Subvar. Cauliflora Dc) Dalam Greenhouse. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 3(2): 141-154.

Zou, L., J. Xia, dan D. She. 2017. Effects of large-scale climate patterns and human activities on hydrological drought: a case study in the Luanhe River basin, China. *Journal Water Resource Management*. 76(3): 1687–1710.