



ANALISIS WATER FOOTPRINT PADA SISTEM IRIGASI BAWAH PERMUKAAN DENGAN TEKNOLOGI IRIGASI EVAPOTRANSPIRATIF UNTUK BUDIDAYA PAKCOY (*Brassica rapa* L.)

WATER FOOTPRINT ANALYSIS ON SUBSURFACE IRRIGATION SYSTEMS BY EVAPOTRANSPIRATIVE IRRIGATION FOR PAKCOY (*Brassica rapa* L.) CULTIVATION

Oleh:

Nahda Kamila Assyifa¹⁾, Chusnul Arif¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

✉Komunikasi Penulis: email: chusnul_arif@apps.ipb.ac.id

Naskah ini diterima pada 11 Juni 2023; revisi pada 17 Agustus 2023;
disetujui untuk dipublikasikan pada 5 September 2023

ABSTRACT

*The problem of land conversion encourages the development of urban farming by utilizing narrow space. A subsurface irrigation system with applied evapotranspirative irrigation system was developed in this study as a solution in the development of urban farming, especially for easily cultivated horticultural crops such as Pakcoy (*Brassica rapa* L.). Water footprint is a method to evaluate the efficiency and effectiveness of irrigation water used. This study aims to analyze the value of the water footprint in Pakcoy cultivation with various scenarios of water level based on the principle of evapotranspirative irrigation, and to determine subsurface irrigation systems with optimal water levels. The research was conducted in the greenhouse of Kinjiro Farm, Gunung Batu, Bogor, West Java from March to May 2023. There were three treatments of the water level, i.e., Water Level 1 (TMA 1) with a water level of 13 cm depth, Water Level 2 (TMA 2) with a water level of 10 cm depth, and Water Level 3 (TMA 3) with a water level of 7 cm depth. The total plant water requirements of TMA 1, TMA 2, and TMA 3 were 38.79 l, 44.19 l, and 38.47 l respectively. Among the three treatments, TMA 2 is the best irrigation system because it has the lowest water footprint. The water footprint value at TMA 2 was 8% and 34% lower than that TMA 3 and TMA 1, respectively. This developed technology can be easily operated without having to provide irrigation water every day and is feasible to be tested in urban areas.*

Keywords: *greenhouse, pakcoy, subsurface irrigation, water footprint, water level*

ABSTRAK

Permasalahan alih fungsi lahan mendorong untuk pengembangan *urban farming* dengan memanfaatkan lahan sempit. Teknologi sistem irigasi evapotranspiratif bawah permukaan dikembangkan dalam penelitian ini sebagai salah satu solusi dalam pengembangan urban farming khususnya untuk tanaman hortikultura yang mudah dibudidayakan seperti Pakcoy (*Brassica rapa* L.). Salah satu metode untuk menilai efisiensi dan efektifitas penggunaan air irigasi adalah dengan analisis *water footprint*. Adapun penelitian ini bertujuan menganalisis nilai *water footprint* pada budidaya Pakcoy dengan berbagai skenario tinggi muka air berdasarkan prinsip irigasi evapotranspiratif, serta menentukan sistem irigasi bawah permukaan dengan tinggi muka air yang optimal. Penelitian dilakukan di dalam *greenhouse* Kinjiro Farm, Gunung Batu, Bogor, Jawa Barat pada bulan Maret hingga Mei 2023. Terdapat tiga perlakuan pada pengaturan tinggi muka air yaitu Tinggi Muka Air 1 (TMA 1) dengan ketinggian air 13 cm, Tinggi Muka Air 2 (TMA 2) dengan ketinggian air 10 cm, dan Tinggi Muka Air 3 (TMA 3) dengan ketinggian air 7 cm. Total kebutuhan air tanaman pada TMA 1, TMA 2, dan TMA 3 berturut-turut sebesar 38,79 l, 44,19 l, dan 38,47 l. Dari ketiga perlakuan TMA 2 merupakan sistem irigasi terbaik karena memiliki nilai *water footprint* terendah. Nilai *water footprint* pada TMA 2 lebih rendah 8% dan 34% dibandingkan TMA 3 dan TMA 1. Teknologi yang dikembangkan ini dapat dengan mudah dioperasikan tanpa harus memberikan air irigasi setiap hari dan layak untuk diujicobakan pada daerah perkotaan.

Kata kunci: *greenhouse, irigasi bawah permukaan, pakcoy, tinggi muka air, water footprint*

I. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia. Sektor pertanian merupakan sumber penghasilan bagi beberapa masyarakat, karena sebagian besar kawasan Indonesia merupakan lahan pertanian. Para petani biasanya menggunakan tanah untuk media tanam, namun seiring dengan perkembangan kota, lahan pertanian banyak yang berubah menjadi lahan permukiman dan fasilitas kota lainnya sehingga lahan pertanian menjadi semakin sempit. Alih fungsi lahan ini akan berdampak negatif pada ketersediaan dan ketahanan pangan (Prasada & Rosa, 2018). *Urban farming* dengan memanfaatkan lahan yang sempit memungkinkan produksi pertanian khususnya di daerah perkotaan dapat menjadi opsi dalam strategi menjaga ketahanan pangan (Anggrayni *et al.*, 2015). Sistem usaha tani perkotaan meliputi praktik budidaya, dari menanam benih sampai panen, mendistribusikan produk dan memasarkannya sendiri (Surya *et al.*, 2020).

Tanaman hortikultura menjadi salah satu contoh tanaman yang ditanam oleh masyarakat perkotaan pada umumnya. Pakcoy dengan nama latin *Brassica rapa* L. menjadi salah satu contoh sayuran yang diminati masyarakat Indonesia, karena kandungan gizi didalamnya (Jayanti, 2020). Selain itu, tanaman ini juga mudah dibudidayakan dengan berbagai media tanam (Damayanti *et al.*, 2019) termasuk juga dengan sistem hidroponik (Narulita *et al.*, 2019) dan juga diaplikasikan untuk *urban farming* (Samiha, 2023). Permasalahan yang sering dijumpai pada masyarakat perkotaan adalah keterbatasan waktu dalam memelihara tanaman khususnya pemberian air irigasi. Meskipun teknologi hidroponik dengan sistem resirkulasi yang dapat menghemat air, tetapi teknologi ini masih membutuhkan energi listrik untuk mengoperasikan pompa. Sehingga secara ekonomi seringkali kurang menguntungkan karena biaya produksi yang tinggi.

Teknologi irigasi evapotranspiratif dapat diterapkan untuk mengatasi hal tersebut karena memiliki beberapa keunggulan. Diantaranya adalah operator hanya perlu mengisi air (termasuk nutrisi) dalam bejana sekali untuk mencukupi kebutuhan air dan nutrisi dalam beberapa hari kedepan dan tanpa penggunaan sumber daya listrik. Air dan nutrisi hanya hilang digunakan untuk evapotranspirasi tanaman dengan tinggi muka air yang dapat dikendalikan oleh kran dengan katup otomatis yang dapat membuka dan menutup sendiri (Arif *et al.*, 2022; Pande & Arif, 2023). Teknologi ini dikembangkan dari konsep

irigasi evaporasi (Ardiansyah *et al.*, 2019) dan telah diterapkan untuk berbagai jenis tanaman seperti selada (Muharomah *et al.*, 2023) dan padi (Agustina *et al.*, 2022). Irigasi evapotranspiratif terus dikembangkan termasuk sistem pengaliran air ke tanaman. Teknologi ini memungkinkan penggunaan sistem irigasi bawah permukaan (*sub surface irrigation*). Pada sistem irigasi bawah permukaan, air diresapkan di bawah zona perakaran tanaman didalam tanah, sehingga dapat mengurangi evaporasi (Valentín *et al.*, 2020).

Konsep *water footprint* (jejak air) merupakan salah satu konsep yang dapat digunakan untuk mengetahui efektifitas dalam penggunaan air. Konsep *water footprint* memungkinkan untuk mengetahui jumlah pemakaian air yang diperlukan pada suatu aktivitas dalam menghasilkan produk (Putra & Saptomo, 2022). Konsep *water footprint* ini dapat dilakukan dalam upaya mengukur penghematan pemakaian kebutuhan air untuk budidaya tanaman pakcoy agar dapat meningkatkan produktivitas hasil panen tanpa harus menggunakan sumber daya air yang berlebihan. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk 1) menganalisis nilai *water footprint* pada budidaya tanaman pakcoy dengan irigasi bawah permukaan dengan prinsip irigasi evapotranspiratif menggunakan berbagai skenario tinggi muka air serta 2) menentukan sistem irigasi bawah permukaan dengan tinggi muka air yang optimal.

II. METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada bulan Maret-Mei 2023. Penelitian dilaksanakan di dalam *greenhouse* Kinjiro Farm, Kelurahan Gunung Batu, Kecamatan Bogor Barat, Jawa Barat.

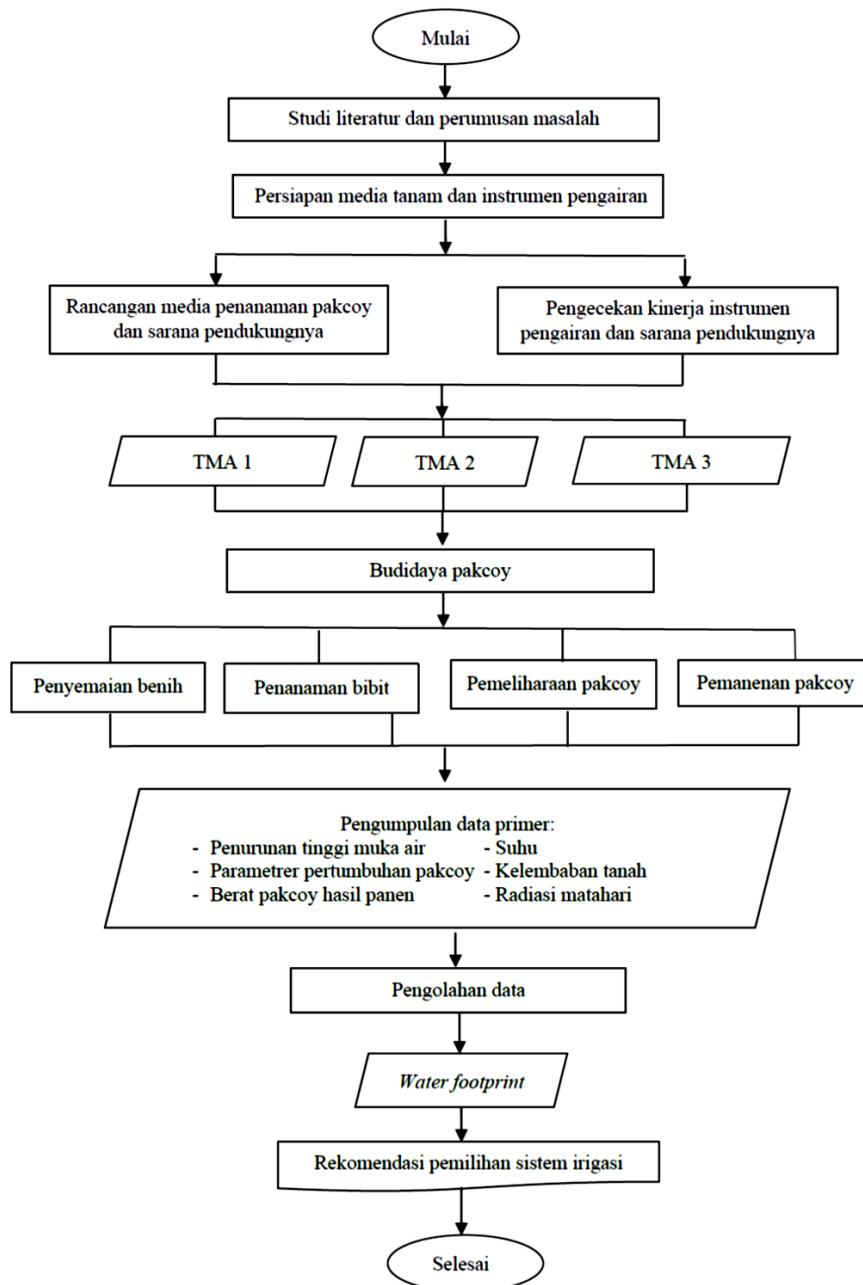
2.1. Material

Alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini berupa bak penampung air berkapasitas 125 l sebanyak 3 buah, media tanam pakcoy berupa pot berkapasitas 19 l sebanyak 18 buah, pipa PVC, sambungan pipa, water level sensor sebanyak 3 buah, meteran air sebanyak 3 buah, kran air sebanyak 3 buah, sensor kelembaban tanah EC-5 yang terkoneksi dengan *data logger* Em50, stasiun cuaca untuk pengukuran suhu udara, kelembapan udara dan radiasi matahari) panci evaporasi untuk pengukuran evaporasi harian, penggaris, meteran, dan baki semai tempat penyemaian benih pakcoy. Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu benih Pakcoy varietas Nauli F1, pupuk urea, dan tanah sebagai media tanam.

2.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian secara rinci disajikan pada diagram alir pada Gambar 1. Beberapa tahapan kegiatan yang meliputi kegiatan persiapan instrumen pengairan dan media tanam, kegiatan penanaman dan budidaya tanaman pakcoy, pengumpulan data, pengolahan data serta analisis water footprint. Kegiatan persiapan instrumen pengamatan dan media tanam dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap desain media penanaman, pengecekan sistem pengairan bawah permukaan, dan pengecekan kinerja sarana dan prasarana pendukung seperti sensor kelembaban

tanah dan kondisi *greenhouse*. Kegiatan penanaman dan budidaya tanaman Pakcoy dilakukan mulai dari penyemaian benih, penanaman bibit pada media penanaman, pemupukan tanaman, dan pemeliharaan tanaman dari hama dan penyakit. Pengumpulan data primer meliputi pengukuran dan pengambilan data-data seperti penurunan tinggi muka air secara manual, penggunaan air yang terpakai, pertumbuhan tinggi tanaman, suhu rata-rata, kelembaban tanah, dan radiasi matahari. Data-data yang telah diperoleh selama penelitian selanjutnya dilakukan pengolahan dan analisis data untuk menentukan nilai *water footprint*.

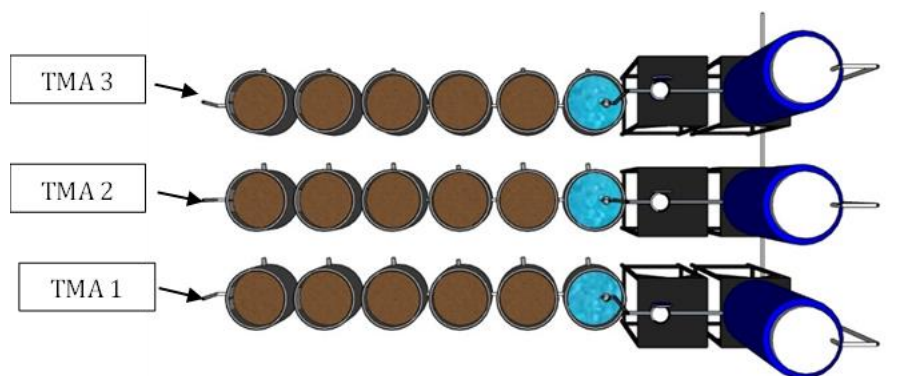


Gambar 1 Diagram Alir Desain Penelitian

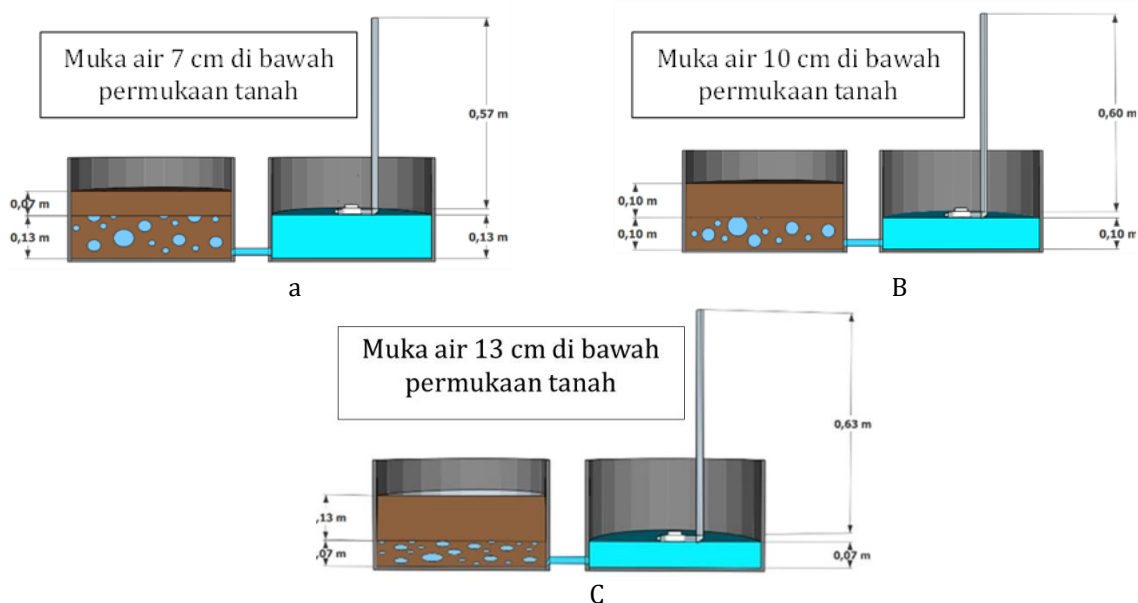
2.2.1 Persiapan Media Tanam dan Instrumen Pengairan

Media penanaman pakcoy menggunakan pot plastik berdiameter 45 cm yang disusun sebanyak tiga baris. Setiap baris berisi satu pot pengontrol tinggi muka air dan lima pot sebagai media tanam. Pot pengontrol tinggi muka air dilengkapi dengan kran dengan katup otomatis dan ditutup untuk menghindari evaporasi. Air hanya hilang melalui evapotranspirasi sehingga sistem ini dikenal dengan irigasi evapotranspiratif. Rancangan media penanaman dapat dilihat pada Gambar 2. Pot sebagai media tanam diisi oleh tanah setinggi

20 cm. Setiap baris susunan pot mewakili satu perlakuan dimana perlakuan dibedakan dari tinggi muka air pada media tanam. Media tanam pada skenario pertama dikondisikan dengan tinggi muka air 13 cm (atau 7 cm dari permukaan tanah) dan disebut Tinggi Muka Air 1 (TMA 1). Media tanam pada skenario kedua dikondisikan dengan tinggi muka air 10 cm (atau 10 cm di bawah permukaan tanah) dan disebut Tinggi Muka Air 2 (TMA 2). Media tanam pada skenario ketiga dikondisikan dengan tinggi muka air 7 cm (atau 13 cm dari permukaan tanah) dan disebut Tinggi Muka Air 3 (TMA 3). Detail dan ilustrasi ketiga skenario dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 2 Rancangan Media Penanaman dengan Sistem Irigasi Evapotranspiratif



Gambar 3 Skenario Sistem Irigasi Bawah Permukaan pada (a) Tinggi Muka Air 1 (TMA 1), (b) Tinggi Muka Air 2 (TMA 2), dan (c) Tinggi Muka Air 3 (TMA 3)

2.2.2 Budidaya Pakcoy

Budidaya pakcoy dilakukan dengan kegiatan seperti penyemaian benih, penanaman bibit, pemeliharaan tanaman, dan pemanenan. Penyemaian dilakukan dengan cara menebar benih pakcoy ke wadah nampan yang sudah disiapkan dan berisi tanah. Selanjutnya bibit tersebut dipindah tanam sekitar 7-14 hari setelah dilakukan persemaian. Bibit pakcoy yang sudah siap ditanam selanjutnya dipindahkan ke media penanaman berupa pot di dalam *greenhouse*. Penanaman bibit pakcoy dilakukan dengan memasukkan bibit pakcoy ke dalam pot yang sudah berisi tanah. Disusun sebanyak empat bibit dalam satu pot.

Kegiatan pemeliharaan tanaman meliputi pemupukan dan pencegahan hama dan penyakit termasuk gulma tanaman. Pemupukan selama budidaya pakcoy dilakukan sebanyak dua kali yaitu saat pakcoy berumur 10 hari, dan 30 hari setelah ditanam. Pupuk yang digunakan adalah pupuk urea. Kegiatan pengendalian hama dilakukan melalui usaha seperti penyiangan gulma. Pemanenan dapat dilakukan ketika pakcoy sudah berusia ±42 hari setelah ditanam dan dengan ciri fisik yang susah memadai untuk dipanen. Berat dari hasil panen tersebut akan digunakan dalam analisis *water footprint*.

2.2.3 Pengumpulan Data

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui pengukuran secara langsung dengan sensor dan stasiun cuaca di lokasi penelitian termasuk kelembaban tanah. Untuk data tinggi muka air, penurunan tinggi muka air pada bak penampung, jumlah air irigasi yang dialirkan ke pot penanaman, diukur secara manual setiap hari. Sedangkan kelembaban tanah diukur dengan menggunakan sensor EC-5 dari Meter Group Ltd pada kedalaman 5 cm di bawah permukaan tanah. Data tanaman seperti tinggi tanaman dan berat pakcoy hasil panen yang diperoleh setelah masa pemanenan.

2.2.4 Pengolahan dan Analisis Data

Analisis data meliputi perhitungan kebutuhan air dan *water footprint*. Kebutuhan air irigasi secara keseluruhan perlu diketahui karena merupakan salah satu tahap penting yang diperlukan dalam perencanaan dan pengelolaan sistem irigasi (Fuadi et al., 2016). Kebutuhan air irigasi diperoleh dari banyaknya jumlah air yang digunakan dalam memenuhi kebutuhan air yang telah terpakai dalam aktivitas yang terjadi pada tanaman seperti evapotranspirasi. Perhitungan evapotranspirasi potensial dapat dilakukan dengan menggunakan model Hargreaves yang menggunakan parameter suhu dan radiasi matahari (Fausan et al., 2020).

Metode ini banyak digunakan karena hanya menggunakan minimum input parameter cuaca dengan hasil yang mendekati metode standar FAO melalui model Penman-Monteith. Perhitungan menggunakan model Hargreaves dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$ET_o = 0,0135 (T_{mean} + 17,78)R_s \left[\left(\frac{238,8}{595,5 - 0,55 \times T_{mean}} \right) \right] \dots (1)$$

Keterangan:

- ET_o = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- T_{mean} = Suhu udara rata-rata (°C)
- R_s = Radiasi matahari (MJ/m²/hari)

Analisis mengenai *water footprint* dalam proses produksi dapat membantu dalam mengalokasikan sumber daya air secara merata. *Water footprint* merupakan jumlah keseluruhan air yang digunakan dalam suatu proses untuk menghasilkan produk tertentu. Terdapat tiga komponen pada *water footprint*, yaitu: *green water footprint*, *blue water footprint*, dan *grey water footprint* (Hoekstra, 2017; Hoekstra & Chapagain, 2007). Pengukuran nilai *green water footprint* mengacu pada jumlah air hujan yang mengalami evaporasi selama proses budidaya tanaman. Budidaya Pakcoy sepenuhnya dilakukan di dalam bangunan *greenhouse* sehingga penggunaan air hujan sebagai penyedia kebutuhan air tidak terjadi. Nilai *blue water footprint* mengacu pada jumlah penggunaan air permukaan serta air tanah sebagai irigasi yang terevaporasi selama proses produksi. Nilai *grey water footprint* menunjukkan jumlah air yang terpakai untuk mereduksi polutan seperti polutan yang berasal dari pemakaian pestisida dan pupuk kimia pada budidaya tanaman (Budiman, 2017). Oleh sebab itu, *grey water* ditentukan dengan persamaan dari data penggunaan pupuk. Nilai total *water footprint* dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$WF = WF_{blue} + WF_{grey} \dots (2)$$

$$WF_{blue} = \frac{CWU_{blue}}{Y} \dots (3)$$

$$WF_{grey} = \frac{WU_{blue}}{Y} \dots (4)$$

Keterangan:

- WF = *Water footprint* tanaman (m³/kg)
- WF_{blue} = *Blue water footprint* tanaman (m³/kg)
- WF_{grey} = *Grey water footprint* tanaman (m³/kg)
- CWU_{blue} = *Blue crop water use*/kebutuhan air tanaman (m³/m²)
- WU_{grey} = *Grey water use* (m³/m²)
- Y = Hasil panen (kg/m²)

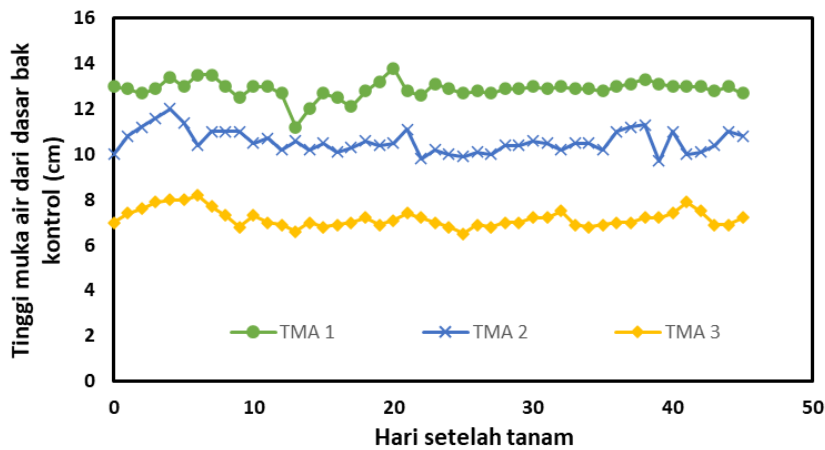
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Aktual di Lapangan

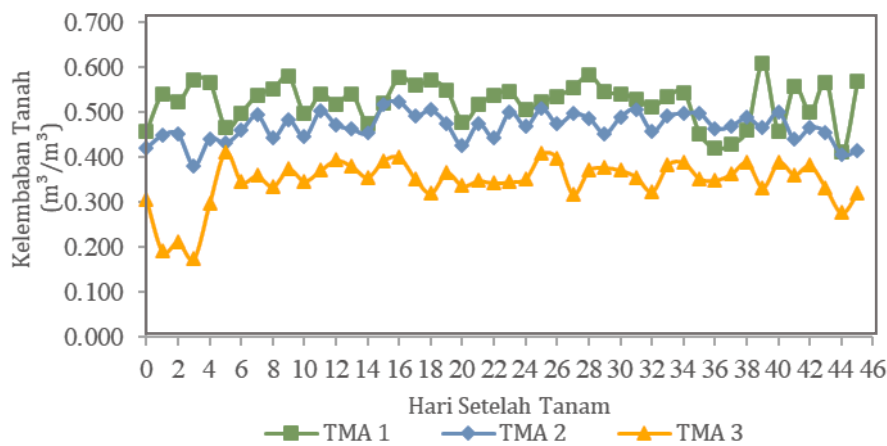
Media penanaman pakcoy menggunakan sistem irigasi bawah permukaan dan pipa digunakan sebagai media pengaliran air irigasi. Meskipun dikendalikan dengan kran otomatis, ketinggian muka air selama masa tanam sedikit berfluktuasi pada semua skenario sistem irigasi. Akan tetapi, perubahan tinggi muka air tidak signifikan dan masih mendekati dengan tinggi muka air yang diharapkan sebagaimana disajikan pada Gambar 4. Rata-rata tinggi muka air pada TMA 1, TMA 2 dan TMA 3 adalah 12,9 cm, 10,6 cm, dan 7,2 cm yang berarti penyimpangan tinggi muka air hanya 0,95%, 5,63%, dan 2,45%. Hal ini menunjukkan bahwa irigasi evapotranspiratif mampu mengendalikan tinggi muka air dengan sangat baik. Teknologi yang dikembangkan ini merupakan teknologi yang sederhana dan tidak membutuhkan sumberdaya energi listrik dengan

menggunakan sistem irigasi evapotranspiratif yang dapat menjaga tinggi muka air yang dikehendaki. Hal ini sejalan dengan usaha peningkatan produktivitas hasil pertanian dapat melalui upaya seperti pengembangan teknologi sistem irigasi (Triana *et al.*, 2018).

Berdasarkan ketiga skenario sistem irigasi, terdapat pengaruh pada kelembaban tanah pada masing-masing kondisi lahan. Berdasarkan hasil pengukuran, kelembaban tertinggi terjadi pada TMA 1 dengan rata-rata kelembaban sebesar $0,53 \text{ m}^3/\text{m}^3$. TMA 2 memiliki rata-rata kelembaban sebesar $0,47 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Kelembaban terendah terjadi pada TMA 3 sebesar $0,35 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Kelembaban tanah pada setiap skenario ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 5. Bila dibandingkan dengan tinggi muka air, kelembaban tanah berkorelasi positif dengan kenaikan tinggi muka air sebagaimana disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Grafik Ketinggian Muka Air pada Berbagai Skenario Tanam



Gambar 5 Grafik Kelembaban Tanah pada Berbagai Skenario Tanam

Penanaman Pakcoy dilakukan di dalam *greenhouse* sehingga parameter cuaca seperti kecepatan angin sangat kecil dan hampir tidak berpengaruh pada evapotranspirasi. Sedangkan parameter lain seperti suhu udara dan radiasi matahari menjadi faktor dominan yang berpengaruh pada proses evapotranspirasi. Radiasi matahari rata-rata yang diperoleh selama 6 minggu setelah penanaman sebesar 4,01 MJ/m²/hari sedangkan suhu rata-rata yang diperoleh sebesar 27,73°C (Tabel 1). Dibandingkan dengan nilai di luar *greenhouse* pada lokasi yang sama, nilai radiasi matahari tersebut 72% lebih kecil (Arif et al., 2022). Hal ini berimbas pada semakin kecilnya evapotranspirasi yang terjadi dibandingkan dengan diluar *greenhouse*.

3.2. Kebutuhan Air Tanaman

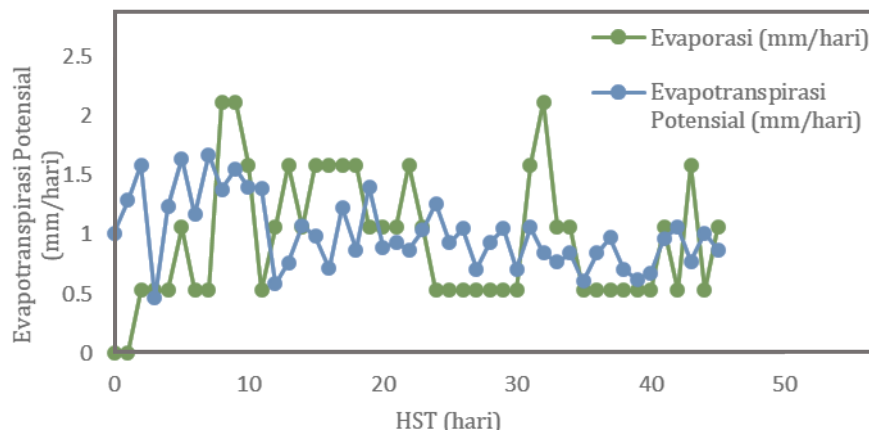
Perhitungan kebutuhan air tanaman dilakukan untuk mengetahui nilai *water footprint*. Perkalian antara evapotranspirasi potensial dan koefisien tanaman menghasilkan evapotranspirasi tanaman (ETc). Nilai evapotranspirasi potensial dapat diketahui dengan metode Hargreaves dan nilai evaporasi dapat diketahui melalui pengamatan panci evaporasi. Perhitungan evapotranspirasi potensial menggunakan metode Hargreaves membutuhkan data cuaca dari lokasi tempat penanaman Pakcoy seperti suhu rata-rata dan radiasi matahari. Nilai evaporasi melalui pengamatan panci evaporasi diketahui dengan membaca penurunan tinggi muka air setiap hari. Perbandingan nilai evaporasi dan evapotranspirasi harian disajikan oleh grafik pada Gambar 6. Nilai evaporasi dan evapotranspirasi potensial berfluktuasi dengan rata-rata evaporasi dan evapotranspirasi potensial adalah 0,94 mm

dan 1,01 mm. Nilai ini sangat kecil dibandingkan dengan nilai diluar *greenhouse*. Hal ini disebabkan kecilnya nilai radiasi matahari yang diteruskan di dalam *greenhouse* tersebut (Tabel 1).

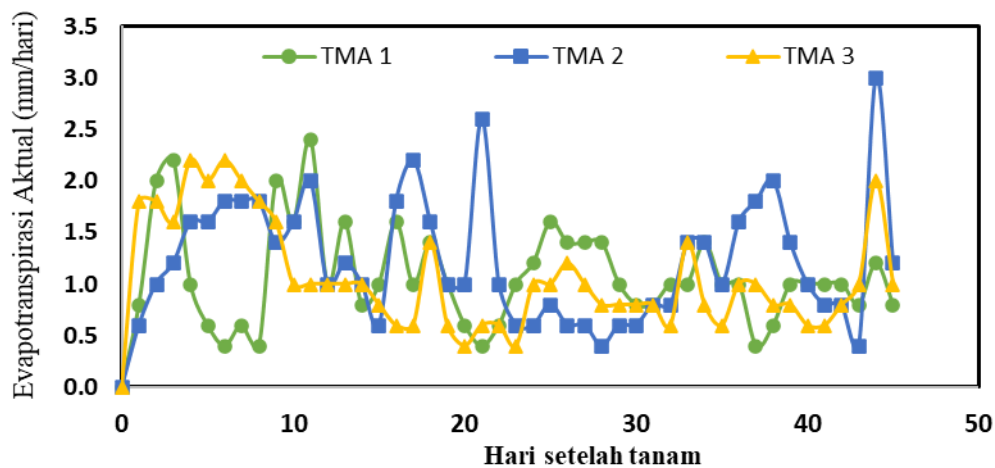
Kebutuhan air tanaman diperoleh berdasarkan jumlah air yang digunakan untuk evapotranspirasi tanaman. Fluktuasi nilai evapotranspirasi harian dari tiga skenario kondisi lahan selama 45 hari penanaman disajikan oleh grafik pada Gambar 7. TMA 2 memiliki kebutuhan air tanaman tertinggi jika dibandingkan dengan TMA 1 dan TMA 3. Hal tersebut berbanding lurus dengan nilai total evapotranspirasi selama 6 minggu pengukuran yang menunjukkan TMA 2 memiliki nilai total evapotranspirasi tertinggi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Total kebutuhan air tanaman pada TMA 1, TMA 2, dan TMA 3 berturut-turut sebesar 38,79 l, 44,19 l, dan 38,47 l. Nilai evapotranspirasi ini berkorelasi dengan produksi yang dihasilkan, semakin besar nilai evapotranspirasi maka produksi akan meningkat (Tabel 3). Selain itu, evapotranspirasi aktual juga berkorelasi positif dengan kebutuhan air tanaman.

Tabel 1 Rata-Rata Radiasi Matahari dan Suhu di Dalam *greenhouse*

Minggu ke-	Rs (MJ/m ² /hari)	T _{mean} (°C)
1	5,04	27,34
2	4,59	27,74
3	3,92	28,16
4	3,86	27,40
5	3,29	28,05
6	3,36	27,67
Rata-rata	4,01	27,73



Gambar 6 Grafik Perbandingan Evaporasi dan Evapotranspirasi Potensial



Gambar 7 Grafik Evapotranspirasi Aktual Harian Tanaman Pakcoy

Tabel 2 Total Kebutuhan Air Tanaman

Minggu ke-	Total Evapotranspirasi (mm/minggu)			Total Kebutuhan Air Tanaman (Liter)		
	TMA 1	TMA 2	TMA 3	TMA 1	TMA 2	TMA 3
1	7,60	9,60	13,60	6,04	7,63	10,81
2	9,80	10,00	8,40	7,79	7,95	6,68
3	7,00	10,80	5,00	5,56	8,58	3,97
4	8,60	4,60	6,00	6,84	3,66	4,77
5	7,00	6,60	5,80	5,56	5,25	4,61
6	8,80	14,00	9,60	6,99	11,13	7,63
Total	24,40	30,40	27,00	38,79	44,19	38,47

Tabel 3 Perhitungan *Water Footprint*

Jenis Irigasi	Luas Lahan (m ²)	Berat Pakcoy (kg)	Hasil Panen (kg/m ²)	CWU _{blue} (m ³ /m ²)	WU _{grey} (m ³ /m ²)	WF _{blue} (m ³ /kg)	WF _{grey} (m ³ /kg)	Total WF (m ³ /kg)
TMA 1	0,79	0,18	0,23	0,05	0,14	0,22	0,62	0,84
TMA 2	0,79	0,25	0,32	0,06	0,14	0,18	0,45	0,63
TMA 3	0,79	0,22	0,28	0,05	0,14	0,17	0,51	0,68

3.3. Pengaruh Sistem Irigasi Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Analisis terhadap pertumbuhan pakcoy dilihat berdasarkan pertumbuhan rata-rata tinggi pakcoy, jumlah daun dan berat hasil panen. Pengukuran dilakukan setiap satu minggu selama 45 hari tanam. Berdasarkan pengukuran, rata-rata pertumbuhan tinggi pakcoy tertinggi terjadi pada sistem TMA 2 dan terendah terjadi pada sistem TMA 1. Rata-rata pertumbuhan tinggi pakcoy pada sistem TMA 2 hampir sama dengan TMA 3. Selain tinggi pakcoy, pertumbuhan rata-rata jumlah daun juga menjadi parameter untuk melihat pengaruh ketiga skenario terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy. Rata-rata pertumbuhan jumlah daun tertinggi terjadi pada sistem TMA 2 dan terendah

terjadi pada sistem TMA 1. Pertumbuhan jumlah daun perlahan bertambah setiap minggunya.

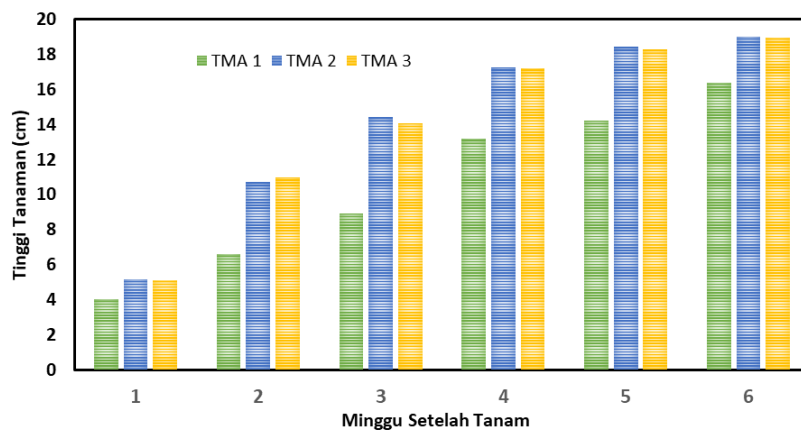
Selanjutnya adalah jumlah berat Pakcoy hasil panen dengan keseluruhan lima pot setiap jenis irigasi. Secara menyeluruh total berat Pakcoy hasil panen tertinggi terjadi pada sistem TMA 2 dan terendah terjadi pada sistem TMA 1. Sedangkan untuk hasil jumlah berat per pot didapat pot keempat di sistem TMA 1 tertinggi dan terendah di sistem TMA 1 pada pot pertama. Pertumbuhan rata-rata tinggi Pakcoy, rata-rata jumlah daun dan jumlah berat Pakcoy hasil panen disajikan oleh grafik-grafik pada Gambar 8 s.d. 10. Hal ini menunjukkan bahwa produksi panen berkorelasi positif dengan besarnya evapotranspirasi aktual sebagaimana dinyatakan pada penelitian sebelumnya (Elmetwalli & Elnemr, 2020). Selain

itu tinggi muka air yang berlebihan justru dapat menurunkan produksi sebagaimana terjadi pada TMA 1. Hal ini juga menunjukkan bahwa ketersediaan air irigasi dan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman (Supriadi *et al.*, 2018).

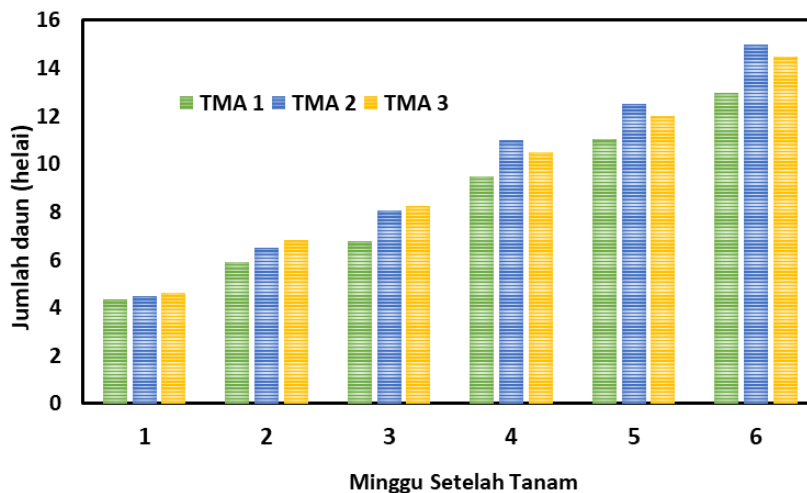
3.4. Analisis Water Footprint

Water footprint dihitung berdasarkan jumlah total pemakaian air dalam memenuhi kebutuhan tanaman untuk menghasilkan produk (panen). Data hasil panen dan penggunaan air serta hasil perhitungan *water footprint* ditunjukkan pada Tabel 3. Data panen merupakan data total dari perlakuan masing-masing sistem irigasi. Terdapat dua komponen pada *water footprint* yaitu *blue water footprint* dan *grey water footprint*. *Blue water footprint* berasal dari air yang digunakan untuk

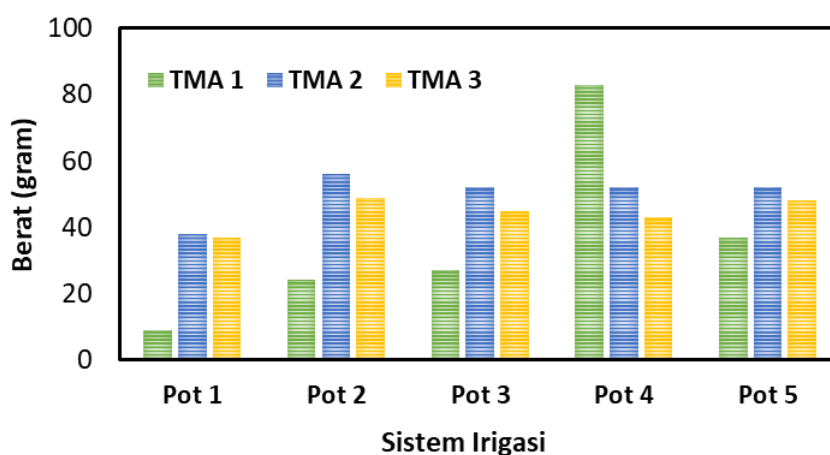
proses evapotranspirasi sedangkan *grey water footprint* berasal dari pemakaian air untuk pemberian pupuk. Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai *water footprint* TMA 1, TMA 2, dan TMA 3 berturut-turut sebesar 0,83 m³/kg, 0,62 m³/kg, dan 0,67 m³/kg. Namun *water footprint* Pakcoy untuk sistem irigasi lain belum dapat ditemukan sebagai bahan perbandingan. TMA 1 memiliki nilai *water footprint* tertinggi sedangkan TMA 2 memiliki nilai *water footprint* terendah. Hal ini menunjukkan bahwa TMA 2 merupakan skenario terbaik karena untuk memproduksi tanaman Pakcoy tidak membutuhkan air yang berlebihan. TMA 2 ini juga menunjukkan penggunaan air yang lebih sedikit dibandingkan dengan TMA 1 tetapi menghasilkan produksi yang lebih tinggi.



Gambar 8 Grafik Pertumbuhan Rata-Rata Tinggi Pakcoy



Gambar 9 Grafik Rata-Rata Jumlah Daun Pakcoy



Gambar 10 Grafik Berat Hasil Panen Pakcoy

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan sistem irigasi bawah permukaan dengan irigasi evapotranspiratif menunjukkan bahwa TMA 1 memiliki nilai *water footprint* tertinggi ($0,84 \text{ m}^3/\text{kg}$) sedangkan TMA 2 memiliki nilai *water footprint* terendah ($0,63 \text{ m}^3/\text{kg}$). Dengan hasil tersebut TMA 2 dengan menjaga tinggi muka air 10 cm di bawah permukaan tanah merupakan sistem irigasi terbaik untuk tanaman Pakcoy.

Teknologi yang dikembangkan ini dapat dengan mudah dioperasikan tanpa harus memberikan air irigasi setiap hari karena bekerja dengan sistem irigasi evapotranspiratif dan layak untuk diujicobakan pada daerah perkotaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini sebagian didanai oleh hibah penelitian Riset Dasar tahun 2023 dengan nomor kontrak "18791/IT3.D10/PT.01.02/M/T/2023" oleh Kemenristek – Dikti.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, H., Setiawan, B. I., Sugiyanta, Solahudin, M., & Dewi, V. A. K. (2022). Subsurface evapotranspiration irrigation system design in System of Rice Intensification (SRI) Salibu paddy cultivation. *Asian Journal of Applied Sciences*, 10(1). <https://doi.org/10.24203/ajas.v10i1.6891>

Anggrayni, F. M., Andrias, D. R., & Adriani, M. (2015). Ketahanan pangan dan coping strategy rumah tangga urban farming pertanian dan perikanan Kota Surabaya. *Media Gizi Indonesia*, 10(2), 173-178. <https://doi.org/10.20473/mgi.v10i2.173-178>

Ardiansyah, Setiawan, B. I., Arif, C., & Saptomo, S. K. (2019). Peningkatan efisiensi aplikasi air pada petakan sawah dengan penerapan irigasi evaporatif (kajian teoritis). *Jurnal Irigasi*, 14(1), 47-54. <http://dx.doi.org/10.31028/ji.v14.i1.47-54>

Arif, C., Saptomo, S. K., Setiawan, B. I., Taufik, M., Suwarno, W. B., & Mizoguchi, M. (2022). A model of evapotranspirative irrigation to manage the various water levels in the System of Rice Intensification (SRI) and its effect on crop and water productivities. *Water*, 14(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/w14020170>

Budiman, M. E. (2017). Water footprint produksi gula tebu. *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, 1(2), 120-131. <https://doi.org/10.33024/jrets.v1i2.1106>

Damayanti, N. S., Widjanto, D. W., & Sutarno, S. (2019). Pertumbuhan dan produksi tanaman sawi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) akibat dibudidayakan pada berbagai media tanam dan dosis pupuk organik. *Journal of Agro Complex*, 3(3), 142-150. <https://doi.org/10.14710/joac.3.3.142-150>

Elmetwalli, A. H., & Elnemr, M. K. (2020). Influence of deficit irrigation and nitrogen fertilization on potato yield, Water Productivity and Net Profit. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 22(3), 61-68.

Fausan, A., Setiawan, B. I., Arif, C., & Saptomo, S. K. (2020). Analisa model evaporasi dan evapotranspirasi menggunakan pemodelan matematika pada visual basic di Kabupaten Maros: *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 5(3), 179-196. <https://doi.org/10.29244/jsil.5.3.179-196>

- Fuadi, N. A., Purwanto, M. Y. J., & Tarigan, S. D. (2016). Kajian kebutuhan air dan produktivitas air padi sawah dengan sistem pemberian air secara SRI dan konvensional menggunakan irigasi pipa. *Jurnal Irigasi*, 11(1), 23-32. <https://doi.org/10.31028/ji.v11.i1.23-32>
- Hoekstra, A. Y. (2017). Water footprint assessment: evolvement of a new research field. *Water Resources Management*, 31(10), 3061-3081. <https://doi.org/10.1007/s11269-017-1618-5>
- Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K. (2007). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resources Management*, 21(1), 35-48. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9039-x>
- Jayanti, K. D. (2020). Pengaruh berbagai media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *Chinensis*). *Jurnal Bioindustri (Journal of Bioindustry)*, 3(1), 590-588. <https://doi.org/10.31326/jbio.v3i1.828>
- Muharomah, R., Setiawan, B. I., & Watanabe, T. (2023). A Model and Its Performance of Evapotranspirative Irrigation Tested to Grow Water Lettuces. *Journal of Appropriate Technology*, 9(1), 1-8. <https://doi.org/10.37675/jat.2022.00185>
- Narulita, N., Hasibuan, S., & Mawarni, R. (2019). Pengaruh sistem dan konsentrasi nutrisi terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica Rapa* l.) secara hidroponik. *Bernas : Jurnal Penelitian Pertanian*, 15(3), 99-108.
- Pande, I. G. P. M., & Arif, C. (2023). Water footprint analysis of paddy cultivation by subsurface irrigation in a greenhouse. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 14(1), 1-12.
- Prasada, I. M. Y., & Rosa, T. A. (2018). Dampak alih fungsi lahan sawah terhadap ketahanan pangan di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 14(3), 210-224. <https://doi.org/10.20956/jsep.v14i3.4805>
- Putra, A. G., & Saptomo, S. K. (2022). Water dan carbon footprint pada budidaya tanaman padi dengan sistem otomatisasi model irigasi bawah permukaan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 7(1), 33-48. <https://doi.org/10.29244/jstil.7.1.33-48>
- Samiha, Y. T. (2023). Strategi pemanfaatan media air (hidroponik) pada budidaya tanaman kangkung, pakcoy, dan sawi sebagai alternatif urban farming. *Journal on Education*, 6(1), 5835-5848. <https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.3774>
- Supriadi, D. R., Susila, A. D., & Sulistyono, E. (2018). Penetapan kebutuhan air tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) dan cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 9(1), 38-46. <https://doi.org/10.29244/jhi.9.1.38-46>
- Surya, B., Syafri, S., Hadijah, H., Baharuddin, B., Fitriyah, A. T., & Sakti, H. H. (2020). Management of slum-based urban farming and economic empowerment of the community of Makassar City, South Sulawesi, Indonesia. *Sustainability*, 12(18), 7324. <https://doi.org/10.3390/su12187324>
- Triana, A. N., Purnomo, R. H., Panggabean, T., & Juwita, R. (2018). Aplikasi Irigasi Tetes (Drip Irrigation) dengan Berbagai Media Tanam pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 6(1), 91-98.
- Valentín, F., Nortes, P. A., Domínguez, A., Sánchez, J. M., Intrigliolo, D. S., Alarcón, J. J., & López-Urrea, R. (2020). Comparing evapotranspiration and yield performance of maize under sprinkler, superficial and subsurface drip irrigation in a semi-arid environment. *Irrigation Science*, 38(1), 105-115. <https://doi.org/10.1007/s00271-019-00657-z>