



## **ANALISIS TAPAK AIR PADA SISTEM IRIGASI BAWAH PERMUKAAN DENGAN POCKET FERTIGATION UNTUK TANAMAN MELON DALAM GREENHOUSE**

### *WATER FOOTPRINT ANALYSIS ON SUBSURFACE IRRIGATION WITH POCKET FERTIGATION FOR MELON CULTIVATED IN GREENHOUSE*

Oleh:

**Yasminna Dhiya Ulhaq<sup>1)</sup>, Chusnul Arif<sup>1)</sup>✉, Yuli Suharnoto<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB University  
Kampus IPB Darmaga, Bogor, Indonesia

Komunikasi Penulis, Telp: +62-877-7039-7307; email: chusnul\_arif@apps.ipb.ac.id

Naskah ini diterima pada 15 November 2022; revisi pada 26 Desember 2022;  
disetujui untuk dipublikasikan pada 2 Januari 2023

#### **ABSTRACT**

*The water footprint approach is an important thing in determining water consumption in producing a product. In agricultural production, irrigation systems are the main source of water for plants, especially in the greenhouses. This study aims to analyze the water footprint of an alternative irrigation system with pocket fertigation that adopts a subsurface irrigation system and compare it with conventional surface irrigation systems, especially for melons plants. The research was conducted in March – July 2022 at Kinjiro Farm, Bogor with 2 combinations of irrigation water and 2 irrigation systems. The treatments were pocket fertigation irrigation system with irrigation amount of evaporation (PF-E), pocket fertigation with irrigation of 2 times evaporation (PF-2E), conventional irrigation with irrigation equal to evaporation (SK-E) and conventional irrigation system with irrigation of 2 times evaporation (SK-2E). The results show that pocket fertigation has a water footprint of 40.6% lower than conventional irrigation systems. It was indicated pocket fertigation is more effective in water irrigation used. This is also supported by a higher water productivity value than conventional irrigation. The value of water productivity in the pocket fertigation system and the conventional system is 18.77 kg/m<sup>3</sup> and 11.00 kg/m<sup>3</sup>, respectively. Among the treatments, PF-2E was the best treatment as more efficient to be applied to melon plants, because it has higher yields and water productivity, as well as a lowest water footprint compared to other irrigation systems.*

**Keywords:** *evaporation, irrigation, melon, pocket fertigation, water footprint*

#### **ABSTRAK**

Pendekatan water footprint (tapak air) merupakan suatu hal yang penting dalam menentukan konsumsi air dalam menghasilkan suatu produk. Dalam produksi pertanian, sistem irigasi merupakan sumber air utama tanaman khususnya dalam greenhouse. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis water footprint sistem irigasi alternatif dengan pocket fertigation yang mengadopsi sistem irigasi bawah permukaan dan membandingkannya dengan sistem irigasi permukaan secara konvensional khususnya untuk tanaman melon. Penelitian dilakukan bulan Maret – Juli 2022 di Kinjiro Farm, Bogor dengan 2 kombinasi jumlah air irigasi dan 2 sistem irigasi. Perlakuan tersebut adalah Sistem irigasi pocket fertigation dengan jumlah irigasi sebesar evaporasi (PF-E), pocket fertigation dengan irigasi sebesar 2 kali evaporasi (PF-2E), irigasi konvensional dengan irigasi sebesar evaporasi (SK-E) dan sistem irigasi konvensional dengan irigasi sebesar 2 kali evaporasi (SK-2E). Hasilnya menunjukkan bahwa pocket fertigation memiliki water footprint 40,6% lebih rendah dibandingkan sistem konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa pocket fertigation lebih efektif dalam penggunaan air irigasi. Hal ini juga didukung dengan nilai produktivitas air yang lebih tinggi dibandingkan irigasi konvensional. Nilai produktivitas air sistem pocket fertigation dan sistem konvensional 18,77 kg/m<sup>3</sup> dan 11,00 kg/m<sup>3</sup>. Dari keempat perlakuan PF-2E merupakan yang terbaik dan lebih efisien untuk diaplikasikan pada tanaman melon, dikarenakan memiliki hasil panen dan produktivitas air yang lebih tinggi, serta water footprint yang lebih rendah dibandingkan sistem irigasi lainnya.

**Kata kunci:** *evaporasi, irigasi, melon, pocket fertigation, tapak air*

## I. PENDAHULUAN

Potensi sumber daya air yang dimiliki Indonesia mencapai 3,9 triliun m<sup>3</sup>/tahun, tetapi masih terdapat sekitar 3,2 triliun m<sup>3</sup>/tahun yang belum dimanfaatkan. Beberapa metode dapat digunakan untuk memperkirakan ketersediaan air ini seperti dengan data satelit (Radhika, Firmansyah, & Hatmoko, 2017). Potensi yang tinggi ini dapat digunakan untuk mendukung pertanian, pembangkit listrik, air baku bagi masyarakat perkotaan dan industri, dan pariwisata. Dari potensi sumber daya air yang ada, hanya 20% yang telah dimanfaatkan sementara 80% belum dimanfaatkan. Air yang dapat dimanfaatkan ini dialokasikan sebanyak 20% guna pemenuhan air baku kebutuhan rumah tangga, kota, dan industri. Sedangkan sebanyak 80% lainnya dialokasikan untuk pemenuhan air irigasi (Hartoyo, 2010).

Air mempunyai peranan penting dalam bidang pertanian, khususnya untuk memenuhi kebutuhan tanaman melalui air hujan maupun irigasi. Umumnya petani di Indonesia hanya menggunakan air permukaan dan air tanah sebagai sumber air irigasi. Hal ini dikarenakan, sebanyak 75% dari aliran permukaan yang tersedia pada musim hujan yang berlangsung selama enam bulan, sedangkan sisanya sebanyak 25% terdapat pada musim kemarau yang berdurasi enam bulan menjadi karakteristik curah hujan di Indonesia (Kusumawardani & Permana, 2021). Keberhasilan produksi pertanian baik untuk pertumbuhan vegetatif ataupun generatif sangat tergantung dari air irigasi yang tersedia, sehingga air irigasi ini menjadi kebutuhan primer untuk tanaman. Ketersediaan air irigasi tersebut berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman, sehingga kelebihan dan kekurangan perlu dihindari dari usaha pertanian (Supriadi, Susila, & Sulistyono, 2018).

Melon (*Cucumis melo L.*) menjadi salah satu tanaman buah dari famili *Cucurbitaceae* yang unggul dikarenakan memiliki umur produksi pendek, yaitu selama 60-70 hari dengan nilai ekonomis tinggi, sehingga banyak dibudidayakan (Purdihandoko & Sumarno, 2013). Pembudidayaan tanaman melon tergolong cukup sulit, dikarenakan kecocokan karakteristik melon terhadap kondisi tanah dan udara di lingkungan pertumbuhan melon. Melon memiliki karakteristik yang sensitif terhadap perubahan iklim dan rentan terhadap penyakit. Berdasarkan penelitian Santoso & Murti (2021), proses dalam budidaya melon memiliki faktor kegagalan yang tinggi. Adanya permasalahan ini, menyebabkan diperlukan upaya untuk mengurangi resiko kegagalan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan

adalah budidaya di dalam *greenhouse* untuk mengurangi adanya reaksi dengan lingkungan dan udara sekitar tanaman. Dalam budidaya melon, selain mempertimbangkan faktor media tanam dan lingkungan, faktor pemberian air irigasi juga perlu diperhatikan (Nora, Yahya, Mariana, Herawaty, & Ramadhani, 2020). Salah satu teknik irigasi yang dapat dilakukan menggunakan *pocket fertigation*. *Pocket fertigation* merupakan metode yang menggunakan *pocket* berbentuk *emitter* cincin dimana air akan diberikan secara bersamaan dengan pupuk menuju daerah perakaran tanaman (Arif *et al.*, 2022). Teknik ini mengadopsi sistem irigasi bawah permukaan yang dikembangkan dari sistem irigasi *emitter* cincin (Saefuddin & Saito, 2019).

Untuk menguji kinerja *pocket fertigation*, tapak air (*water footprint*) merupakan salah satu indikator yang dapat digunakan. Tapak air merupakan suatu hal yang penting dalam menentukan konsumsi air dalam menghasilkan suatu produk (Hoekstra, 2017). Tapak air identik dengan produktivitas air meskipun pendekatannya berbeda. Penelitian tentang tapak air yang berkaitan dengan sistem irigasi di Indonesia masih minim, oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tapak air sistem irigasi alternatif dengan *pocket fertigation* yang mengadopsi sistem irigasi bawah permukaan dan membandingkannya dengan sistem irigasi permukaan secara konvensional khususnya untuk tanaman melon. Selain itu, produktivitas air dari dua sistem irigasi tersebut juga dievaluasi dan dibandingkan.

## II. METODOLOGI

### 2.1 Waktu, Tempat dan Peralatan

Penelitian dilakukan pada bulan Maret – Juli 2022 di dalam *greenhouse* Kinjiro Farm, Gunungbatu, Kota Bogor, Jawa Barat. Alat yang digunakan dalam penelitian terdiri dari stasiun cuaca, panci evaporasi, EM50 data logger, sensor kelembapan tanah 5-TE sebanyak 3 buah dan GS3 sebanyak 1 buah, bak persemaian, pot, *pocket fertigation*, botol plastik sebagai *inlet water*, dan laptop untuk mengolah data yang dilengkapi software *ECH2O Utility*, *Microsoft Excel*, *SketchUp*, *Google Earth*, dan *ArcGIS*. Bahan yang digunakan, yaitu benih melon varietas Golden Apollo, jenis media tanam tanah alluvial dengan tambahan kompos, pupuk AB-Mix, pupuk NPK Mutiara. Selain itu, data primer yang digunakan dalam penelitian, berupa radiasi matahari, temperatur udara, kelembaban udara yang diukur dengan stasiun cuaca, jumlah pemberian air irigasi, pupuk yang digunakan, hasil panen, dan kelembapan tanah yang diukur dengan sensor dalam *greenhouse*.

## 2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian awal dan belum dibandingkan dengan sistem irigasi konvensional yang digunakan masyarakat seperti irigasi curah. Dalam penelitian ini, *tapak air* di analisis berdasarkan kombinasi sistem irigasi *pocket fertigation* dan jumlah air irigasi sebagai berikut:

- a. Skenario 1 (PF-E): Sistem irigasi *pocket fertigation* dengan irigasi sebesar evaporasi.
- b. Skenario 2 (PF-2E): Sistem irigasi *pocket fertigation* dengan irigasi sebesar 2 kali evaporasi.
- c. Skenario 3 (SK-E): Sistem irigasi konvensional dengan irigasi sebesar evaporasi.
- d. Skenario 4 (SK-2E): Sistem irigasi konvensional dengan irigasi sebesar 2 kali evaporasi.

Sistem irigasi *pocket fertigation* merupakan metode yang menggunakan *pocket* berbentuk *emitter* cincin dimana air akan diberikan secara bersamaan dengan pupuk menuju daerah perakaran tanaman (irigasi bawah permukaan). Sedangkan sistem irigasi konvensional merupakan metode pemberian air yang dilakukan secara langsung ke permukaan pot tanaman dengan menggunakan gelas ukur (irigasi permukaan). Adapun jumlah air irigasi yang diberikan berdasarkan pembacaan penurunan tinggi muka air pada panci evaporasi sehari sebelumnya. Terdapat dua skenario yang terdiri dari pemberian air sebanyak 1 kali evaporasi dan 2 kali evaporasi. Rancangan budidaya melon berdasarkan empat skenario dapat dilihat pada Gambar 1. Interval irigasi diberikan sama untuk semua perlakuan/skenario, sedangkan air yang melimpas dari pemberian irigasi dibiarkan secara alamiah dan tidak tercatat jumlahnya.

Prosedur penelitian terdiri dari tiga tahap kegiatan. Tahap pertama terdiri dari kegiatan persiapan lahan dan media tanam yang dilakukan dengan memastikan kondisi tanah yang gembur untuk mempermudah pengairan, kalibrasi sensor, dan memeriksa instrumen pendukung lainnya. Tahap kedua berupa kegiatan budidaya tanaman melon meliputi penyemaian benih, penanaman bibit, pemeliharaan tanaman, pemanenan buah sebagai *input* hasil panen pada *tapak air*, dan pengumpulan data. Tahap ketiga, yaitu pengolahan dan analisis data untuk memperoleh nilai *tapak air*.

### 2.2.1 Persiapan Lahan

Penelitian dilakukan di dalam *greenhouse* dengan dimensi sebesar 4,70 m (panjang) × 4,05 m

(lebar) × 2,80 m (tinggi). Wadah yang digunakan sebagai media tanam melon berupa pot yang memiliki diameter 46 cm dan *pocket fertigation* dengan diameter selang sebesar 25 cm disiapkan (Gambar 2). Budidaya melon dilakukan dalam pot yang telah dilengkapi sensor kelembapan tanah. Sensor kelembapan tanah dipasang secara horizontal pada kedalaman 6 cm di bawah permukaan tanah dan dilakukan pengaturan untuk penyimpanan data dengan interval 15 menit. Sensor kelembapan tanah yang dipasang ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh perbedaan kondisi kelembapan tanah pada pertumbuhan tanaman melon.

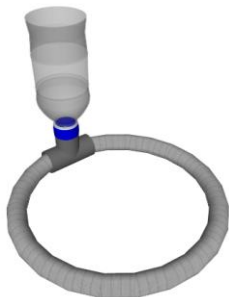
### 2.2.2 Budidaya Tanaman Melon dan Pengumpulan Data

Budidaya melon meliputi penyemaian benih, penanaman benih, pemeliharaan tanaman, dan pemanenan melon. Benih melon terlebih dahulu direndam selama 6-8 jam di air hangat yang kemudian benih disemai di dalam bak persemaian selama 10 hari. Bibit yang telah disemai, kemudian ditanam pada media tanam pot yang telah disiapkan. Kegiatan pemeliharaan tanaman terdiri dari penyiraman, pemupukan, dan pencegahan adanya hama atau gulma pada tanaman. Untuk kegiatan penyiraman, tanaman disiram secara teratur pada pagi hari agar dapat tumbuh dengan baik. Kegiatan penyiraman sekaligus menjadi kegiatan pemupukan yang menggunakan pupuk *AB-Mix*. Sedangkan kegiatan pencegahan hama dilakukan dengan cara penyiangan agar tidak terjadi kompetisi penyerapan unsur hara dan radiasi matahari.

Budidaya melon mencapai kondisi ideal siap panen setelah 70 hari setelah tanam. Pemanenan dilakukan dengan cara tangkai buah dipotong menggunakan pisau. Kemudian tangkai disisakan minimal 2 cm untuk memperlama masa simpan melon. Proses pemanenan dilakukan secara bertahap dan diutamakan buah yang benar-benar siap untuk dipanen. Sayangnya dalam penelitian periode ini, melon tidak bisa dipanen karena serangan hama dan penyakit. Oleh sebab berat dari hasil panen digunakan data sekunder dari penelitian sebelumnya di lokasi dan perlakuan yang sama (Arif *et al.*, 2022). Selain data panen, data pupuk yang digunakan, jumlah air irigasi yang diberikan, dan kelembapan tanah yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan.



**Gambar 1** Rancangan Budidaya Melon dengan Empat Skenario/Perlakuan Irigasi



**Gambar 2** Desain *Pocket Fertigation*

### 2.2.3 Pengolahan dan Analisis Data

Analisis data meliputi perhitungan kebutuhan air tanaman dan *tapak air*. Kebutuhan air tanaman disebut sebagai sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan (Nadjamuddin, Soetopo, & Sholichin, 2014). Besarnya evapotranspirasi dapat diperkirakan menggunakan beberapa metode, salah satunya metode Hargreaves yang hanya membutuhkan dua parameter, yaitu emperature udara rata-rata dan radiasi matahari (Arif, Setiawan, & Sofiyuddin, 2020). Nilai evapotranspirasi potensial (ET<sub>o</sub>) tanaman metode Hargreaves dapat dihitung menggunakan pada persamaan berikut ini (Wu, 1997):

$$ET_o = 0,0135 \times (T_{mean} + 17,78) \times R_s \times \left( \frac{238,8}{598,5 - (0,55 \times T_{mean})} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

- ET<sub>o</sub> : Evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- T<sub>mean</sub> : Temperatur udara rata-rata (°C)
- R<sub>s</sub> : Radiasi matahari (MJ/m<sup>2</sup>/hari)

Hubungan antara evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi tanaman dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 (Allen, Pereira, Raes, & Smith., 1998):

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- ET<sub>c</sub> : Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)
- ET<sub>o</sub> : Evapotranspirasi potensial (mm/hari)
- K<sub>c</sub> : Koefisien tanaman

Nilai ET<sub>c</sub> dijadikan acuan dan pertimbangan dalam pemenuhan kebutuhan air irigasi. Hasil dari ET<sub>c</sub> kemudian dibandingkan dengan hasil dari pengukuran dengan panci evaporasi yang dijadikan acuan penentuan jumlah air irigasi. Tapak air diberikan berdasarkan nilai irigasi aktual di lapangan.

### 2.2.4 *Water Footprint*

Komponen pada tapak air (*water footprint*) terdiri dari *grey water footprint*, *blue water footprint*, dan *green water footprint*. Perhitungan untuk memperoleh nilai *tapak air* membutuhkan nilai kebutuhan air tanaman yang diperoleh dari besarnya evapotranspirasi potensial. Kebutuhan air tanaman *green* dan *blue* dibedakan berdasarkan sumbernya, yaitu hijau dari hujan dan biru dari *ground water*. Dikarenakan penelitian dilakukan di dalam *greenhouse* sehingga tidak terkena air hujan, maka nilai *green water footprint* sebesar 0. Sedangkan pada perhitungan *grey water footprint* tidak membutuhkan data evapotranspirasi dari tanaman karena difokuskan untuk penetral akibat polusi yang ditimbulkan akibat proses pemupukan. Nilai *tapak air* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011):

$$WF = WF_{blue} + WF_{grey} \dots\dots\dots (3)$$

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

$$WF_{grey} = \frac{(\alpha \times AR) / (c_{max} - c_{nat})}{Y} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

- WF : Tapak air (*Water footprint*) tanaman (m<sup>3</sup>/ton)
- WF<sub>blue</sub> : *Blue water footprint* tanaman (m<sup>3</sup>/ton)
- WF<sub>grey</sub> : *Grey water footprint* tanaman (m<sup>3</sup>/ton)
- CWU<sub>blue</sub> : Kebutuhan air tanaman (ET<sub>blue</sub>) (m<sup>3</sup>/ha)
- Y : Hasil produksi tanaman (ton/ha)
- α : *Times the leaching-run-off fraction*
- AR : *Chemical application rate to the field* (kg/ha)
- C<sub>max</sub> : *Maximum acceptable concentration* (kg/m<sup>3</sup>)
- C<sub>nat</sub> : *Natural concentration for the pollutant considered* (kg/m<sup>3</sup>)

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Penerapan Sistem Irigasi di Lapangan

Jumlah air irigasi yang diberikan pada setiap skenario disajikan pada Gambar 3. Grafik menunjukkan besarnya pemberian air irigasi

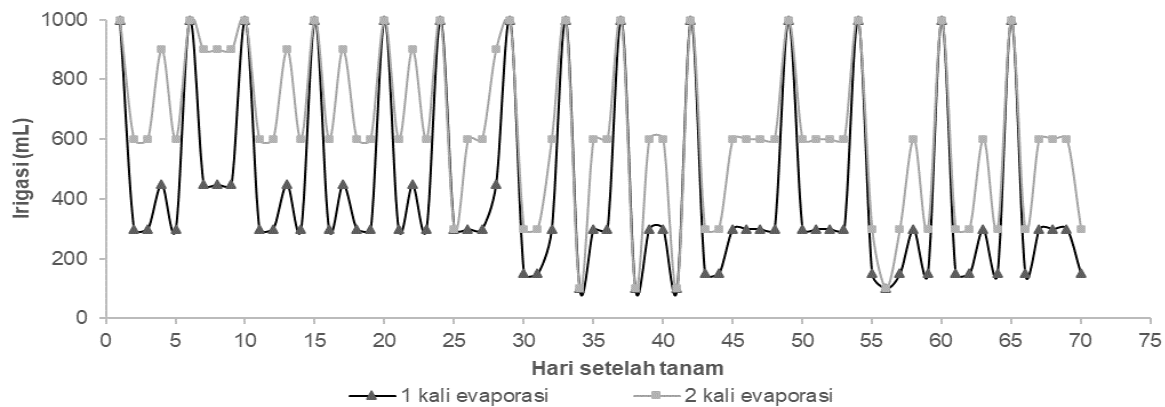
sebesar 1 kali evaporasi dan 2 kali evaporasi selama 70 hari penanaman. Jumlah volume air diperoleh dari pembacaan penurunan tinggi muka air pada panci evaporasi berfluktuasi setiap harinya. Besarnya penurunan tinggi muka air pada panci evaporasi dipengaruhi oleh radiasi matahari, defisit tekanan uap air, kelembapan relatif, dan suhu udara (Wati, Pawitan, & Sopaheluwakan, 2015). Air irigasi yang diberikan berada pada kisaran nilai 150 ml, 300 ml, 450 ml, dan 1.000 ml untuk skenario 1 kali evaporasi. Sedangkan air yang diberikan pada skenario irigasi 2 kali evaporasi memiliki nilai pada kisaran 300 ml, 600 ml, 900 ml, dan 1.000 ml. Pemberian air irigasi sebanyak 1.000 ml dilakukan setiap seminggu sekali agar unsur hara yang terdapat pada pupuk yang diberikan setiap harinya tersebut tidak mengendap pada akar tanaman dan dapat dilakukan pembersihan khususnya dalam media pot. Penggunaan media tanam termasuk dengan pot dan pemberian jumlah air yang tepat menentukan pertumbuhan dan hasil tanaman melon (Carsidi, Saparso, Kharisun, & Febrayanto, 2021). Periode pemberian air irigasi dimulai dari penanaman, berbunga, hingga panen.

Pemberian air irigasi mingguan dapat dilihat pada Tabel 1. Volume irigasi diperoleh berdasarkan nilai evaporasi yang dikalikan dengan luas pot. Volume irigasi tertinggi terdapat pada minggu ke-1 sebesar 3,80 l/minggu untuk 1 kali evaporasi dan 5,60 l/minggu untuk 2 kali evaporasi. Sedangkan untuk volume terendah sebesar 2,20 l/minggu untuk 1 kali evaporasi dan 3,40 l/minggu untuk 2 kali evaporasi terdapat pada minggu ke-9. Berdasarkan penelitian Xu & Singh (1998), peran faktor pengendali evaporasi panci berbeda-beda berdasarkan interval waktu. Menurut Manik, Rosadi, Karyanto, & Praty (2010), dari segi unsur cuaca yang paling berpengaruh, yaitu intensitas radiasi matahari yang kemudian akan memengaruhi suhu udara, kecepatan angin, dan kelembapan udara. Hal ini sebanding dengan besarnya radiasi matahari yang diperoleh dimana nilai tersebut memengaruhi besarnya volume irigasi yang diberikan pada tanaman. Total volume irigasi untuk skenario perlakuan dengan penyiraman 1 kali evaporasi

diperoleh sebesar 26,20 l, sedangkan untuk skenario penyiraman sebesar dua kali dari evaporasi diperoleh 41,30 l.

Perbedaan pemberian air tersebut memengaruhi kelembapan tanah pada masing-masing skenario. Kelembapan tanah merupakan besarnya air yang tersimpan di antara pori-pori tanah yang dipengaruhi adanya penguapan melalui permukaan tanah, transpirasi, dan perkolasi (Caesar, Isnawaty, & Fid, 2016). Rata-rata kelembapan tanah pada masing-masing skenario perlakuan dapat dilihat pada Gambar 4.

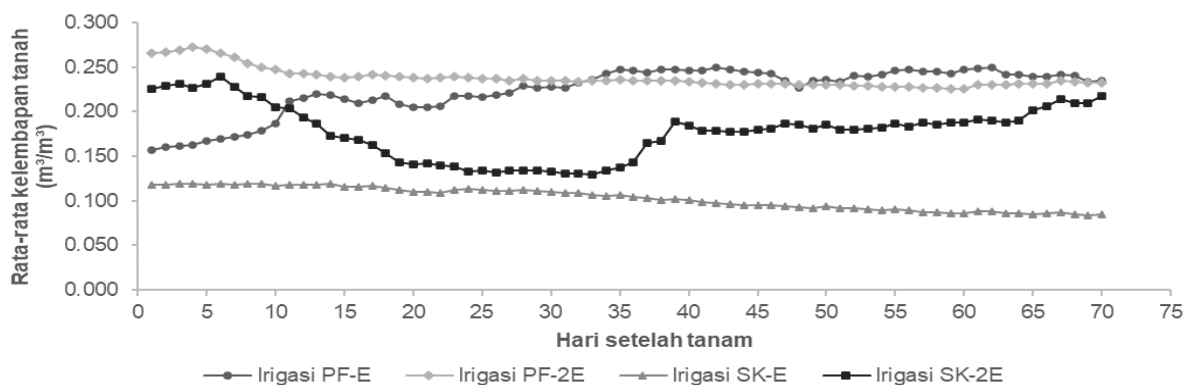
Grafik menunjukkan nilai kelembapan tanah yang diperoleh dari pembacaan sensor kelembapan tanah berfluktuasi. Rata-rata kelembapan tanah untuk irigasi PF-E mengalami fluktuasi dari 0,157 ke 0,234  $m^3/m^3$ . Grafik mengalami sedikit penurunan pada irigasi PF-2E dari 0,266 ke 0,233  $m^3/m^3$ . Sistem irigasi *pocket fertigation* dengan penyiraman sebesar 2 kali evaporasi memiliki nilai kelembapan tanah yang lebih tinggi dibandingkan 1 kali evaporasi. Hal tersebut dikarenakan faktor lingkungan ataupun kedalaman dari penempatan sensor kelembapan tanah. Menurut Karyati, Putri, & Syafrudin (2018), semakin dalam tanah, maka daya serap dan daya rambat panas matahari semakin lambat. Selain itu, pada penelitian Fredy & Abdurrohman (2018) diperoleh hasil bahwa perbedaan kedalaman pada penempatan sensor kelembapan tanah akan memengaruhi nilai kelembapan tanah. Akan tetapi, pada PF-2E dan PF-E selama pertengahan sampai akhir musim tanam, nilainya saling mendekati. Hal ini menunjukkan bahwa pada PF-2E meskipun irigasinya lebih besar tetapi berkorelasi juga pada peningkatan nilai evaporasi maupun evapotranspirasi, sehingga nilai kelembapan tanah komparatif dengan PF-E. Tinggi nilai evaporasi dan evapotranspirasi tersebut dikompensasikan dengan lebih besarnya berat buah (Gambar 7). Irigasi SK-E memiliki nilai yang cenderung konstan namun menurun. Sedangkan irigasi SK-2E memiliki nilai kelembapan tanah yang cenderung menurun dari hari ke 1 hingga ke-30 dari 0,225 ke 0,140  $m^3/m^3$  dan kemudian mengalami kenaikan hingga hari ke-70 sebesar 0,217  $m^3/m^3$ .



Gambar 3 Volume Irigasi Harian yang Diberikan pada Setiap Skenario

Tabel 1 Volume Irigasi Mingguan pada Setiap Skenario

Minggu ke-	Temperatur rata-rata (°C)	Radiasi matahari (MJ/m <sup>2</sup> /minggu)	Volume irigasi (l/minggu)			
			PF-E	PF-2E	SK-E	SK-2E
1	27,45	35,61	3,80	5,60	3,80	5,60
2	27,24	29,40	3,25	5,50	3,25	5,50
3	27,51	30,70	3,65	5,30	3,65	5,30
4	27,23	27,91	3,10	4,90	3,10	4,90
5	27,39	24,38	3,00	3,90	3,00	3,90
6	28,56	26,51	3,10	4,00	3,10	4,00
7	27,72	23,21	2,50	4,00	2,50	4,00
8	26,91	22,65	2,45	3,80	2,45	3,80
9	26,31	18,50	2,20	3,40	2,20	3,40
10	26,30	21,13	2,35	3,70	2,35	3,70
<b>Total</b>			<b>29,40</b>	<b>44,10</b>	<b>29,40</b>	<b>44,10</b>



Gambar 4 Grafik Kelembapan Tanah pada Berbagai Skenario Perlakuan

Berdasarkan nilai kelembapan tanah yang terdapat pada empat skenario perlakuan, rata-rata nilai kelembapan tanah yang diperoleh untuk sistem irigasi PF-E, PF-2E, SK-E, dan SK-2E berturut-turut, yakni 0,224 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; 0,238 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; 0,103 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>; 0,178 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Menurut (Hasanah, 2017), pemberian air terhadap tanaman akan mempengaruhi nilai kelembapan tanah. Hal tersebut ditunjukkan dengan volume irigasi sebanyak 2 kali evaporasi memiliki nilai

kelembapan tanah yang lebih tinggi dibandingkan 1 kali evaporasi. Penggunaan sistem irigasi *pocket fertigation* memiliki nilai kelembapan tanah yang lebih tinggi dibandingkan sistem irigasi konvensional. Hal ini dikarenakan penggunaan *pocket fertigation* akan memberikan air langsung menuju daerah perakaran tanaman dimana peletakan sensor kelembapan tanah juga di dekat daerah perakaran tanaman sehingga nilai kelembapan tanah menjadi lebih besar

dibandingkan metode konvensional. Sedangkan pada sistem irigasi konvensional, pemberian air dilakukan secara merata pada permukaan tanah media tanam dimana air yang merambat ke dalam tanah lebih sedikit karena penguapan pada permukaan tanah.

Kebutuhan air tanaman disebut sebagai sejumlah air yang dibutuhkan untuk mengganti air yang hilang akibat penguapan (Nadjamuddin, Soetopo, & Solichin, 2015). Kebutuhan air tanaman diperoleh dari evapotranspirasi potensial dan koefisien tanaman. Nilai evapotranspirasi potensial, koefisien tanaman, dan kebutuhan air tanaman dapat dilihat pada Tabel 2. Fase pertumbuhan melon terdiri dari empat fase, yaitu fase vegetatif (perkembangan akar, batang, cabang, dan daun), fase pembungaan, fase pembentukan buah, dan fase pematangan dimana masing-masing fase memiliki nilai koefisien tanaman yang berbeda. Nilai koefisien tanaman diperoleh dari literatur (Cumulus, 1992) dimana koefisien tanaman untuk fase vegetatif sebesar 0,81; fase pembungaan sebesar 0,97; fase pembentukan buah sebesar 1,16; dan fase pematangan sebesar 0,85. Dari nilai tersebut diperoleh nilai  $E_{Tc}$  sebesar 57,24 mm. Rata-rata kebutuhan air tanaman pada fase vegetatif memiliki nilai lebih besar dibandingkan fase lainnya sebesar 5,92 mm dimana hal ini sesuai dengan penelitian Fuadi, Purwanto, & Tarigan (2016) yang memperoleh hasil konsumsi air tertinggi terdapat pada fase vegetatif dikarenakan peranan air pada saat pembentukan akar, batang, cabang, dan daun juga sangat penting pada awal fase pemasakan. Selain itu, rata-rata kebutuhan air tanaman tertinggi juga terdapat pada fase pembentukan buah sebesar 5,84 mm dikarenakan kebutuhan air pada fase pembuahan memiliki kebutuhan air yang juga lebih besar dibandingkan fase lainnya (Khalid, Saleh, & Purnomo, 2019). Nilai  $E_{Tc}$  bila dibandingkan dengan di luar greenhouse cukup kecil, hal ini karena radiasi yang masuk berkurang cukup tinggi. Nilai radiasi harian berkisar antara 2-6 MJ/m<sup>2</sup>/hari.

Tanaman dilakukan pengamatan setiap harinya untuk diamati pertumbuhan yang terjadi akibat adanya perbedaan skenario perlakuan, yaitu metode dan besarnya pemberian air pada tanaman. Pengamatan tanaman yang dilakukan meliputi fase vegetatif. Fase vegetatif merupakan fase pertumbuhan yang sebagian besar menggunakan karbohidrat dari proses

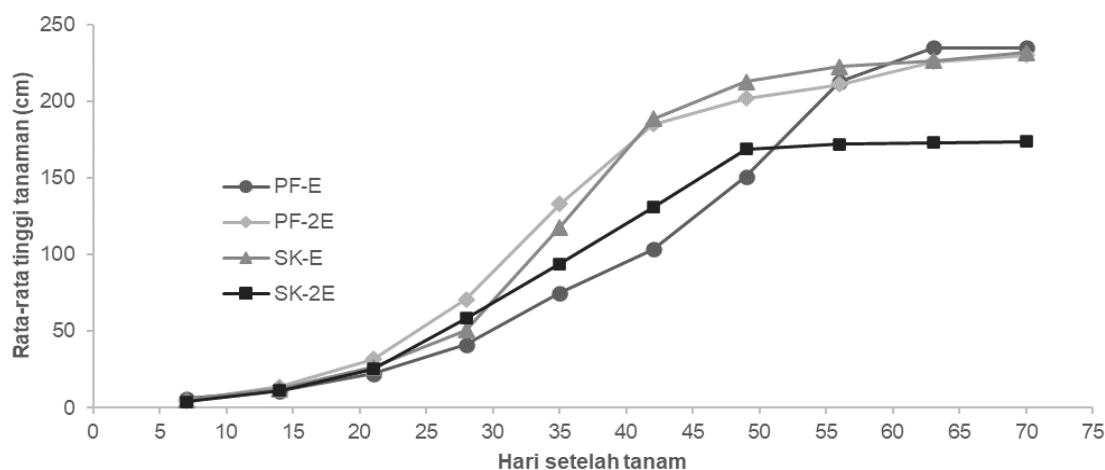
fotosintesis. Pada fase vegetatif, pengamatan dilakukan pada faktor pertumbuhan tinggi dan jumlah daun tanaman melon. Tanaman melon dipindahkan ke pot sebagai media tanam saat 10 hari penyemaian dimana masing-masing tanaman telah memiliki 2-3 daun utama saat dipindahkan untuk memperkuat penempatan tanaman pada media tanam yang baru. Rata-rata tinggi tanaman dari empat skenario perlakuan dimana setiap skenario memiliki lima pot tanaman yang dapat dilihat pada Gambar 5.

Pada sistem irigasi PF-E, rata-rata tinggi tanaman mengalami kenaikan pesat dari 6,16 ke 235 cm. Irigasi PF-2E memiliki nilai tinggi tanaman yang meningkat setiap minggunya dari 4,66 ke 230 cm dimana skenario tersebut mempunyai nilai rata-rata pertumbuhan tinggi melon tertinggi dibandingkan sistem irigasi lainnya. Sedangkan untuk irigasi SK-E memiliki rata-rata tinggi tanaman yang meningkat pesat dari 5,38 ke 232 cm. Rata-rata tinggi tanaman pada irigasi SK-2E mengalami kenaikan dari 3,96 ke 174 cm dimana skenario irigasi SK-2E merupakan skenario yang memiliki nilai pertumbuhan tinggi tanaman melon terendah. Rata-rata tanaman tertinggi sebelum dipangkas diperoleh pada sistem irigasi PF-2E. Adanya pemangkasan dalam tanaman melon merupakan salah satu upaya untuk mengoptimalkan proses produksi dan kualitas buah, serta mengurangi kelembapan dalam tajuk tanaman (Yuda & Susila, 2009). Selain itu, perlakuan memangkas pucuk perlu dilakukan sehingga pertumbuhan tanaman ke arah atas akan terhenti dan asimilat akan lebih banyak didistribusikan sebagai cadangan makanan dalam buah (Meliawati, 2014).

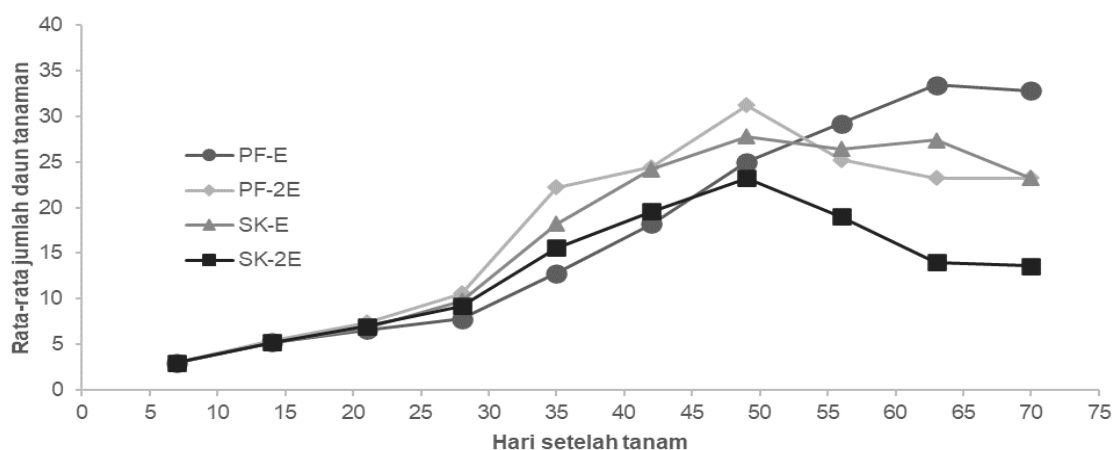
Berdasarkan pengamatan terhadap tinggi tanaman yang terdapat pada empat skenario perlakuan selama 70 hari penanaman, rata-rata tinggi tanaman yang diperoleh untuk sistem irigasi PF-E, PF-2E, SK-E, dan SK-2E berturut-turut, yakni 109,32 cm; 130,82 cm; 129,60 cm; dan 101,25 cm. Rata-rata tanaman tertinggi terdapat pada skenario irigasi PF-2E. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pocket fertigation dengan pemberian air 2 kali evaporasi lebih efisien dibandingkan metode lainnya yang ditunjukkan pada pertumbuhan tanaman yang lebih tinggi. Sedangkan rata-rata jumlah daun tanaman melon dari empat skenario perlakuan dapat dilihat pada Gambar 6.

**Tabel 2** Kebutuhan Air Tanaman Mingguan

Minggu ke-	Temperatur rata-rata (°C)	Radiasi matahari (MJ/m <sup>2</sup> /minggu)	ET <sub>o</sub> (mm/minggu)	Kc melon	ET <sub>c</sub> (mm/minggu)
1	27,45	35,60	8,90	0,81	7,23
2	27,24	29,40	7,31	0,81	5,92
3	27,51	30,70	7,70	0,81	6,24
4	27,23	27,91	7,00	0,81	5,67
5	27,39	24,38	6,10	0,81	4,94
6	28,56	26,51	6,81	0,81	5,52
7	27,72	23,21	5,87	0,97	5,69
8	26,91	22,65	5,58	1,16	6,48
9	26,31	18,50	4,48	1,16	5,20
10	26,30	21,13	5,13	0,85	4,36
<b>Total</b>					<b>57,24</b>



**Gambar 5** Grafik Tinggi Tanaman pada Berbagai Skenario Perlakuan



**Gambar 6** Grafik Jumlah Daun pada Berbagai Skenario Perlakuan

Rata-rata jumlah daun pada irigasi PF-E mengalami kenaikan pesat dari 3 ke 33 daun. Sedangkan untuk irigasi PF-2E memiliki nilai yang signifikan meningkat pada hari ke-7 hingga ke-49 dengan jumlah daun dari 3 meningkat ke 32 daun

yang kemudian mengalami penurunan yang signifikan hingga hari ke-63 sebesar 24 daun dan meningkat hingga hari ke-67 sebesar 23 daun. Pada skenario irigasi SK-E, jumlah daun tanaman meningkat dari 3 ke 24 daun. Untuk sistem irigasi

SK-2E memiliki jumlah daun yang meningkat dari 3 ke 14 daun. Rata-rata jumlah daun tanaman masing-masing skenario PF-E, PF-2E, SK-E, dan SK-2E berturut-turut, yaitu 18 daun, 18 daun, 17 daun, dan 13 daun. Rata-rata jumlah daun terbanyak terdapat pada sistem irigasi pocket fertigation yang menunjukkan penggunaan sistem irigasi tersebut lebih efisien dibandingkan metode konvensional. Dikarenakan adanya pemangkasan pada tanaman, menyebabkan tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman dibatasi untuk mensuplai pembentukan buah.

### 3.2 Tapak Air (*Water Footprint*)

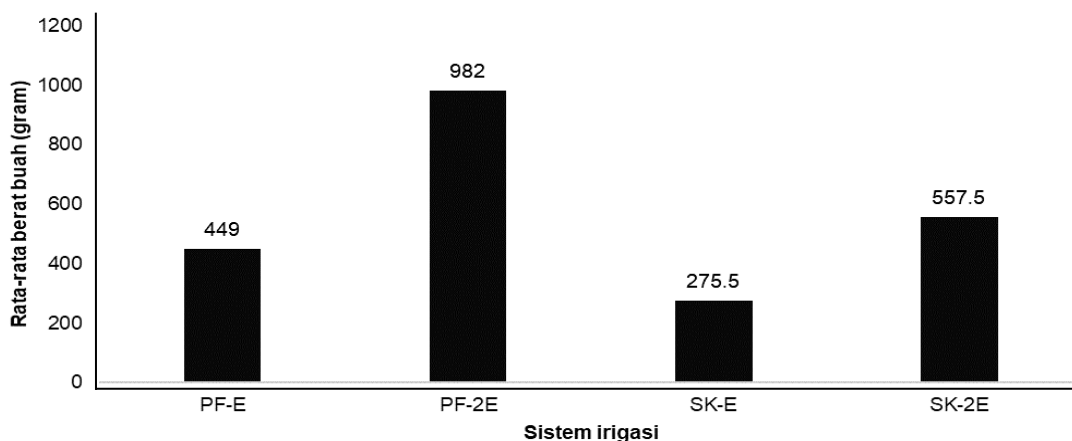
Pemanenan buah dilakukan setelah 70 hari masa tanam dimana diperoleh rata-rata berat tanaman untuk skenario PF-E sebesar 449 gr, PF-2E sebesar 982 gr, SK-E sebesar 275,5 gr, dan SK-2E sebesar 557,5 gr. Hasil panen tertinggi diperoleh pada irigasi PF-2E. Hal yang dapat memengaruhi produksi hasil pertanian, yaitu tingkat penggunaan faktor produksi dimana salah satu faktor produksi yang menentukan hasil panen tersebut adalah luas lahan (Ekaputri, 2008). Selain itu, produksi pertanian juga dipengaruhi penggunaan pupuk dan sistem tanam. Selama masa tanam berlangsung, tanaman beberapa kali mengalami gangguan hama. Hama yang paling banyak terdapat di lahan, yaitu embun tepung. Selain itu, terdapat hama yang menurunkan produktivitas pertumbuhan tanaman, yaitu kutu kebul yang terdapat di bawah permukaan daun dan berwarna jingga. Hasil panen dari setiap skenario sistem irigasi dapat dilihat pada Gambar 7.

Hasil panen tertinggi dari keempat skenario sistem irigasi diperoleh pada PF-2E sebanyak 982 gr, sedangkan sistem irigasi dengan hasil panen terendah terdapat pada SK-E sebanyak 275,5 gr. Berdasarkan metode sistem irigasi *pocket fertigation* dan konvensional, diperoleh

pemberian air sebanyak 2 kali evaporasi memiliki hasil panen yang lebih unggul dibandingkan 1 kali evaporasi. Hal ini sesuai dengan penelitian (Manh & Wang, 2014) bahwa adanya peningkatan ketersediaan air atau pemberian air dapat meningkatkan bobot biomassa tanaman melon. Pemberian air sangat berkaitan dengan tingkat ketersediaan air dalam tanah dimana air yang tersedia akan berpengaruh dalam pertumbuhan tanaman. Jika ketersediaan jumlah air berkurang mengakibatkan tanaman mengalami titik kritis yang memengaruhi produksi tanaman (Maimunah, Rusmayadi, & Langai, 2018).

Hasil perhitungan *blue water footprint* dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan nilai *blue water footprint* masing-masing skenario berdasarkan hasil panen yang diperolehnya. *Blue water footprint* dihitung mengacu pada konsumsi air dari sumber air permukaan dan tanah (Budiman, 2017). *Blue water footprint* dilakukan perhitungan berdasarkan masing-masing skenario dikarenakan adanya perbedaan besar pemberian air. Nilai *blue water footprint* tertinggi diperoleh pada irigasi SK-E sebesar 106,72 m<sup>3</sup>/ton. Sedangkan *blue water footprint* terendah sebesar 44,91 m<sup>3</sup>/ton terdapat pada sistem irigasi PF-2E. Hasil perhitungan *grey water footprint* dapat dilihat pada Tabel .

Tabel tersebut menunjukkan hasil perhitungan *grey water footprint* pada tanaman melon. Penggunaan *grey water footprint* untuk mengencerkan polutan dihitung berdasarkan skenario masing-masing. Nilai *grey water footprint* tertinggi terdapat pada skenario irigasi SK-E sebesar 701,74 m<sup>3</sup>/ton. Sedangkan untuk *grey water footprint* terendah sebesar 292,12 m<sup>3</sup>/ton terdapat pada skenario irigasi PF-2E. Hasil perhitungan total *water footprint* dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 7 Berat Buah pada Berbagai Skenario Sistem Irigasi (Arif et al., 2022)

**Tabel 3** Hasil Perhitungan *Blue Water Footprint*

Sistem Irigasi	Hasil Panen (ton/ha)	ET <sup>blue</sup> (L/hari)	CWU <sup>blue</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	WF <sup>blue</sup> (m <sup>3</sup> /ton)
PF-E	27,00	29,40	1.767,89	65,48
PF-2E	59,05	44,10	2.651,83	44,91
SK-E	16,57	29,40	1.767,89	106,72
SK-2E	33,52	44,10	2.651,83	79,10

**Tabel 4** Hasil Perhitungan *Grey Water Footprint*

Sistem Irigasi	Hasil Panen (ton/ha)	Unsur	$\alpha$	AR (kg/ha)	C <sub>max</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>nat</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	WF grey (m <sup>3</sup> /ton)	Total WF grey (m <sup>3</sup> /ton)
PF-E	27,00	N	0,1	549,09	0,02	0,0001	102,20	430,58
		P	0,03	292,58	0,001	0,00001	328,38	
PF-2E	59,05	N	0,1	894,17	0,02	0,0001	76,09	292,12
		P	0,03	420,96	0,001	0,00001	216,03	
SK-E	16,57	N	0,1	549,09	0,02	0,0001	166,56	701,74
		P	0,03	292,58	0,001	0,00001	535,18	
SK-2E	33,52	N	0,1	894,17	0,02	0,0001	134,03	514,55
		P	0,03	420,96	0,001	0,00001	380,52	

**Tabel 4** Hasil Perhitungan Total Tapak Air (*Water Footprint*)

Sistem Irigasi	Hasil panen (ton/ha)	WF <sup>blue</sup> (m <sup>3</sup> /ton)	WF <sup>grey</sup> (m <sup>3</sup> /ton)	Total WF (m <sup>3</sup> /ton)
PF-E	27,00	65,48	430,58	496,06
PF-2E	59,05	44,91	292,12	337,03
SK-E	16,57	106,72	701,74	808,45
SK-2E	33,52	79,10	514,55	593,65

Tabel tersebut menunjukkan total tapak air (*water footprint*) yang terdiri dari *blue water footprint* dan *grey water footprint* berdasarkan hasil panen yang diperoleh. Total *water footprint* terendah terdapat pada sistem irigasi PF-2E sebesar 337,03 m<sup>3</sup>/ton sehingga penggunaan sistem irigasi *pocket fertigation* dengan irigasi sebanyak 2 kali evaporasi lebih efisien dibandingkan skenario lainnya. Apabila dibandingkan antara *pocket fertigation* dengan sistem konvensional, maka didapatkan hasil *water footprint* untuk *pocket fertigation* dan sistem irigasi konvensional adalah 416 m<sup>3</sup>/ton dan 701 m<sup>3</sup>/ton. Hal ini berarti *pocket fertigation* lebih efektif dan hemat dalam penggunaan air. Selain itu, irigasi dalam *greenhouse* membutuhkan air yang lebih banyak (2 kali evaporasi). Hal ini dapat dilihat bahwa penggunaan air 2 kali evaporasi menghasilkan *water footprint* yang lebih rendah daripada sekali evaporasi. Rata-rata tapak air (*water footprint*) 2 kali evaporasi adalah 465 m<sup>3</sup>/ton, sedangkan 1 kali evaporasi adalah 652 m<sup>3</sup>/ton.

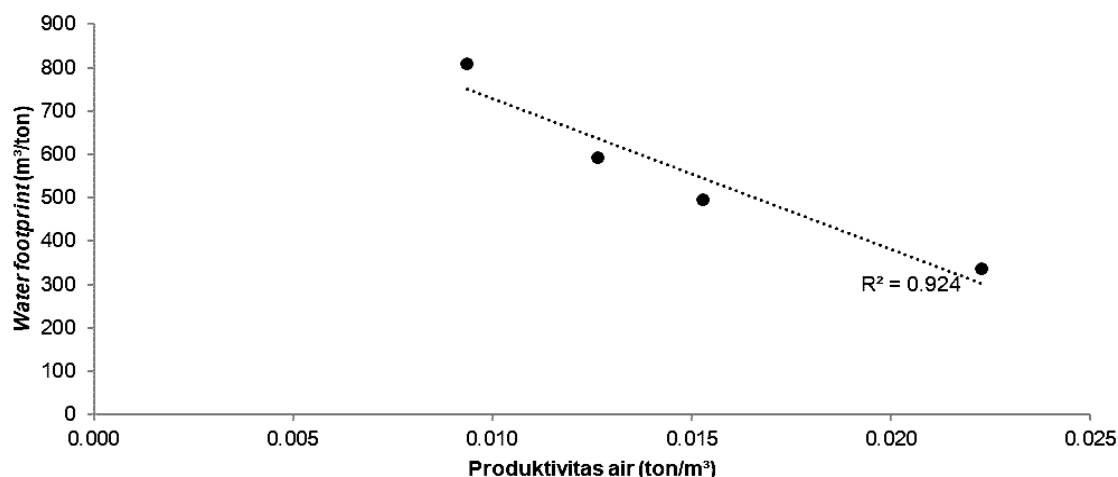
### 3.3 Produktivitas Air

Produktivitas air (WP IR) dihitung berdasarkan perbandingan antara hasil panen dengan volume irigasi yang digunakan untuk memperoleh hasil panen tersebut. Hasil perhitungan produktivitas air dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 6 menunjukkan nilai produktivitas air yang diperoleh dari empat sistem irigasi. Produktivitas air yang diperoleh sistem irigasi PF-E; PF-2E; SK-E; dan SK-2E berturut-turut, yaitu 15,27 kg/m<sup>3</sup>; 22,27 kg/m<sup>3</sup>; 9,37 kg/m<sup>3</sup>; dan 12,64 kg/m<sup>3</sup> dimana nilai tersebut hampir sama dengan produktivitas air tanaman tomat pada penelitian Molden *et al.* (2010) yang menghasilkan produktivitas air sebesar 5-20 kg/m<sup>3</sup>. Produktivitas air tertinggi terdapat pada sistem irigasi PF-2E sebesar 22,27 kg/m<sup>3</sup> dimana sistem irigasi *pocket fertigation* dengan pemberian air 2 kali evaporasi menjadi sistem irigasi yang optimal. Tingginya produktivitas air pada sistem irigasi PF-2E dapat dikarenakan besarnya hasil panen yang diperoleh dibandingkan skenario irigasi lainnya. Sistem irigasi PF-2E juga memiliki total *tapak air* yang jauh lebih kecil dibandingkan metode lainnya. Sedangkan produktivitas air terendah terdapat pada sistem irigasi SK-E dengan nilai 9,37 kg/m<sup>3</sup> dimana sistem irigasi SK-E memiliki nilai *tapak air* tertinggi dibandingkan skenario lainnya. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh faktor produktivitas air terhadap nilai *tapak air* yang dapat dilihat pada Gambar 8.

**Tabel 5** Produktivitas Air Masing-masing Skenario

Sistem Irigasi	Hasil Panen (kg)	Irigasi (m <sup>3</sup> )	WP IR (kg buah/m <sup>3</sup> air)
PF-E	0,45	0,03	15,27
PF-2E	0,98	0,04	22,27
SK-E	0,28	0,03	9,37
SK-2E	0,56	0,04	12,64



**Gambar 8** Hubungan antara Produktivitas Air dengan *Water Footprint*

Grafik menunjukkan adanya hubungan antara produktivitas air dengan nilai *tapak air* pada masing-masing sistem irigasi. Grafik tersebut menunjukkan adanya korelasi yang cukup kuat antara produktivitas air dengan *tapak air* yang mana ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,924. Nilai koefisien determinasi menunjukkan seberapa besar atau penting kontribusi pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen (Fathussyaadah & Ratnasari, 2019). Nilai koefisien determinasi yang mendekati 1 menunjukkan besarnya pengaruh antar variabel (Nduru, Situmorang, & Tarigan, 2014). Semakin tinggi produktivitas airnya, maka nilai *tapak air*. Hal ini sesuai dengan penelitian Rizqi & Utami (2020) bahwa meningkatkan produktivitas air menjadi cara yang efektif untuk menekan jumlah penggunaan air untuk menghasilkan suatu komoditas tertentu. Meskipun demikian, perlu diperhatikan batas nilai kritikal pemberian air irigasi, karena kekurangan air irigasi dapat menyebabkan stress pada tanaman yang dapat menurunkan produktifitas. Nilai hubungan linear tersebut hanya berlaku pada selang tertentu saja.

#### IV. KESIMPULAN

*Tapak air (water footprint)* dari *pocket fertigation* memberikan nilai yang lebih kecil dari sistem irigasi konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa *pocket fertigation* lebih hemat dan efektif dalam

pemakaian air irigasi. *Pocket fertigation* memiliki *tapak air* 40,6% lebih rendah dibandingkan sistem konvensional. Hal ini juga didukung dengan nilai produktivitas air yang lebih tinggi dibandingkan irigasi konvensional. Nilai produktivitas air sistem *pocket fertigation* dan sistem konvensional 18,77 kg/m<sup>3</sup> dan 11,00 kg/m<sup>3</sup>. Dari keempat perlakuan PF-2E merupakan yang terbaik dan lebih efisien untuk diaplikasikan pada tanaman melon, dikarenakan memiliki hasil panen dan produktivitas air yang lebih tinggi, serta *tapak air* yang lebih rendah dibandingkan sistem irigasi lainnya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada *reviewer* yang telah memberikan masukan untuk perbaikan kualitas artikel ini. Penelitian ini didanai dari Program Penelitian Kolaborasi Indonesia (PPKI) tahun 2021 dengan nomor kontrak 1376/IT3.L1/PN/2021.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop Evapotranspiration—Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Arif, C., Setiawan, B., & Sofiyuddin, H. (2020). Analisis evapotranspirasi potensial pada berbagai model

- empiris dan jaringan syaraf tiruan dengan data cuaca terbatas. *Jurnal Irigasi*, 15(2), 71–84.
- Arif, C., Wibisono, Y., Nugroho, B. D. A., Saputra, S. F. D., Malik, A., Setiawan, B. I., Mizoguchi, M., & Ardiansyah, A. (2022). Functional Design of Pocket Fertigation under Specific Microclimate and Irrigation Rates: A Preliminary Study. *Agronomy*, 12(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061362>
- Budiman, M. E. S. (2017). Water footprint produksi gula tebu. *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, 1(2), 120–131.
- Caesar, P. Y., Isnawaty, & Fid, A. (2016). Rancang bangun prototype system monitoring kelembapan tanah melalui SMS berdasarkan hasil penyiraman tanaman “studi kasus tanaman cabai dan tomat”. *Semantik*, 2(1), 97–110.
- Carsidi, D., Saparso, Kharisun, & Febrayanto, C. R. (2021). Pengaruh media tumbuh dengan aplikasi irigasi tetes terhadap pertumbuhan dan hasil melon. *Jurnal Agro*, 8(1), 68–83. <https://doi.org/10.15575/9514>
- Cumulus, A. R. (1992). *Perencanaan sistem irigasi tetes untuk tanaman melon (Cucumis melo L.) di PT Hortitek Tropika Sari Bogor* (Skripsi). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ekaputri, N. (2008). Pengaruh luas panen terhadap produksi tanaman pangan dan perkebunan di Kalimantan Timur. *Journal Economic Part Period*, 5(2), 36–43.
- Fathussyadah, E., & Ratnasari, Y. (2019). Pengaruh stres kerja dan kompensasi terhadap kinerja karyawan di Koperasi Karya Usaha Mandiri Syariah Cabang Sukabumi. *Jurnal Ekonomak*, 5(2), 16–35.
- Fredy, P. A., & Abdurrohman, M. (2018). Sistem pemantau kelembapan tanah akurat dengan protokol Zigbee IEEE 802.15.4 pada platform M2M OpenMTC. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 6(4), 139–145. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.6.4.2018.139-145>
- 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.
- Hartoyo. (2010). Program pengembangan penyediaan air untuk menjamin ketahanan pangan nasional. Makalah dipresentasikan dalam *Seminar Pengembangan dan Pengelolaan Sumber Daya Air Untuk Ketahanan Pangan*.
- Hasanah, U. N. (2017). *Analisis kelembapan tanah pada lahan sawah dengan sistem alternate wetting and drying (AWD) dengan berbagai variasi persentase campuran tanah* (Skripsi). Universitas Mataram, Mataram.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting The Global Standard*. Diperoleh dari <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1069&context=wffdocs>
- 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>
- Karyati, Putri, R. O., & Syafrudin, M. (2018). Suhu dan kelembapan tanah pada lahan revegetasi pasca tambang di PT Adimitra Baratama Nusantara, Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Agrifor*, 17(1), 103–114.
- Khalid, F., Saleh, E., & Purnomo, R. H. (2019). Penentuan kebutuhan air dan koefisien tanaman (Kc) padi (*Oryza sativa L.*) di Sawah Lahan Rawa Lebak. *Jurnal Irigasi*, 5(1), 140–156.
- Kusumawardani, D., & Permana, A. W. (2021). Estimation of water requirements and value of water in agricultural sector in East Java: The case of rice plant. *Jurnal Ilmu Ekonomi Terapan (JIET)*, 6(2), 215–234.
- Maimunah, Rusmayadi, G., & Langai, B. F. (2018). Pertumbuhan dan hasil dua varietas tanaman kedelai (*Glycine max (L.) Merril*) di bawah kondisi cekaman kekeringan pada berbagai stadia tumbuh. *Journal EnviroScientee*, 14(3), 211–221.
- Manh, V. H., & Wang, C. H. (2014). Vermicompost as an important component in substrate: Effects on seedling quality and growth of muskmelon (*Cucumis melo L.*). *APCBEE Procedia*, 8(1), 32–40.
- Manik, T. K., Rosadi, R. A. B., Karyanto, A., & Pratya, A. I. (2010). Pendugaan koefisien tanaman untuk menghitung kebutuhan air dan mengatur jadwal tanam kedelai di lahan kering Lampung. *Jurnal Agrotropika*, 15(2), 78–84.
- Meliawati, N. C. (2014). *Respon pemberian jenis mulsa plastik dan pangkas pucuk (toping) terhadap pertumbuhan dan kualitas melon (Cucumis melo L) varietas Apollo* (Skripsi). Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang.
- Molden, D., Oweis, T., Steduto, P., Bindraban, P., Hanjra, M. A., & Kijne, J. (2010). Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution. *Agricultural Water Management*, 97(4), 528–535.
- Nadjamuddin, D. F., Soetopo, W., & Sholichin, M. (2014). Rencana penjadwalan pembagian air irigasi Daerah Irigasi Paguyaman Kanan Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, 5(2), Article 2.
- Nadjamuddin, D., Soetopo, W., & Solichin, M. (2015). Rencana penjadwalan pembagian air irigasi Daerah Irigasi Paguyaman Kanan Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo. *Jurnal Teknik Irigasi*, 5(1), 158–165.

- Nduru, R. E., Situmorang, M., & Tarigan, G. (2014). Analisa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi di Deli Serdang. *Saintia Matematika*, 2(1), 71-83.
- Nora, S., Yahya, M., Mariana, M., Herawaty, & Ramadhani, E. (2020). Teknik budidaya melon hidroponik dengan sistem irigasi tetes (drip irrigation). *Jurnal Agrium*, 23(1), 21-26.
- Purdihandoko, A., & Sumarno. (2013). Analisis komparatif efisiensi usaha tani melon antara varietas melon apollo dengan varietas melon action. *Jurnal Ilmiah Agribios*, 94(2), 1-13.
- Radhika, R., Firmansyah, R., & Hatmoko, W. (2017). Perhitungan ketersediaan air permukaan di indonesia berdasarkan data satelit. *Jurnal Sumber Daya Air*, 13(2), 115-130. <https://doi.org/10.32679/jsda.v13i2.206>
- Rizqi, F. A., & Utami, S. N. H. (2020). Water footprint assessment pada komoditas padi, jagung, dan kedelai di wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta untuk mendukung sistem pertanian berkelanjutan. *Jurnal Irigasi*, 15(2), 121-129. <https://doi.org/10.31028/ji.v15.i2.121-129>
- Saefuddin, R., & Saito, H. (2019). Performance of a ring-shaped emitter for subsurface irrigation in bell pepper (*Capsicum annum* L.) cultivation. *Paddy and Water Environment*, 17(2), 101-107. <https://doi.org/10.1007/s10333-019-00702-9>
- Santoso, A., & Murti, B. (2021). *Sistem otomasi dan monitoring budidaya melon hidroponik dalam greenhouse berbasis internet of things (IoT)* (Laporan Tugas Akhir Program Diploma). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Supriadi, D., Susila, A., & 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.
- Wati, T., Pawitan, H., & Sopaheluwakan, A. (2015). Pengaruh parameter cuaca terhadap proses evaporasi pada interval waktu yang berbeda. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 16(3), 155-165.
- Wu, I. P. (1997). *A simple evapotranspiration model for Hawaii: The Hargreaves model* (CTAHR Fact Sheet, Engineer's Notebook No. 106). Honolulu, Hawaii: University of Hawaii. Diperoleh dari <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/bitstream/10125/12218/EN-106.pdf>
- Xu, C. Y., & Singh, V. P. (1998). Dependence of Evaporation on Meteorological Variables at Different Time-scales and Intercomparison of Estimation Methods. *Hydrol*, 12(1), 429-442.
- Yuda, A. N. S., & Susila, A. D. (2009). Pengaruh jumlah buah dan pangkas pucuk (toping) terhadap kualitas buah pada budidaya melon (*Cucumis melo* L.) dengan sistem hidroponik. *Jurnal Agronomi dan Hortikultura*, 12(3), 1-7.