

**Manajemen Budidaya Mentimun dan Sistem Irigasi dalam Rumah Kaca di Tuinderij
Hoevekestein, Belanda**

***Management of Cucumber Cultivation and Irrigation System under Glass House in Tuinderij
Hoevekestein, Netherlands***

Alice Fajri Chynthia Sari¹, Ade Wachjar², Krisantini^{2*}

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura Departemen Agronomi dan Hortikultura,
Institut Pertanian Bogor (IPB University)

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, (IPB University)
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

*Penulis Korespondensi: krisantini@yahoo.com.au

Disetujui: 9 Maret 2023 / *Published Online* September 2023

ABSTRACT

The research was conducted in Tuinderij Hoevekestein, Netherlands from 5th of July until 22nd of September 2018. This research aims to expand the knowledge and skill in cucumber production under glass house, specifically in irrigation management. Primary data was obtained through direct observation in the field. Observations were made regarding irrigation management, particularly crop water requirements, irrigation mechanisms, and water use efficiency. Water use efficiency in 2017 ranges from 12.60% to 13.72% which is classified as high based on previous studies. Evapotranspiration of 8,000 m² area in compartment 1 Tuinderij Hoevekestein was observed during the third planting period. Based on observation and analysis of evapotranspiration using FAO Penman-Monteith method and Evapotranspiration Calculator V3.2 software, the average amount of estimated evapotranspiration from 25 July - 16 September is 2.735+0.950 mm per day, meanwhile the average of observed evapotranspiration during the same period is 1.879+0.696 mm per day. Evapotranspiration is affected by climatological factors, particularly light intensity. Based on observation and analysis of the water balance of 27,800 m² production area in year 2017, it was concluded that the drainage volume exceeded the company standard and the water supplied to the cucumber was more than the crops requirement.

Keywords: crop water requirement, evapotranspiration, water use efficiency

ABSTRAK

Penelitian dilaksanakan di Tuinderij Hoevekestein, Belanda pada tanggal 5 Juli hingga 22 September 2018. Penelitian bertujuan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam sistem budidaya mentimun dalam rumah kaca, khususnya dalam manajemen irigasi. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan. Pengamatan dilakukan pada 3 periode tanam mengenai manajemen irigasi, khususnya kebutuhan air tanaman, mekanisme irigasi, dan efisiensi penggunaan air. Efisiensi penggunaan air pada 2017 berkisar antara 12.60%-13.72% dan tergolong tinggi berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya. Evapotranspirasi pada area seluas 8,000 m² di afdeling 1 diamati pada periode tanam ketiga. Berdasarkan pengamatan dan analisis menggunakan metode FAO Penman-Monteith dan perangkat lunak *Evapotranspiration Calculator V3.2*, rata-rata nilai estimasi evapotranspirasi harian hasil perhitungan dalam jangka waktu 25 Juli hingga 16 September 2018 adalah 2.735+0.950 mm per hari sedangkan besar evapotranspirasi sesungguhnya pada periode yang sama 1.879+0.696 mm per hari. Evapotranspirasi dipengaruhi oleh faktor-faktor iklim, terutama intensitas cahaya. Berdasarkan pengamatan dan analisis neraca air di area produksi seluas 27,800 m² pada tahun 2017, disimpulkan bahwa volume drainase melebihi standar perusahaan dan air yang diberikan pada tanaman melebihi kebutuhan tanaman.

Kata kunci: efisiensi penggunaan air, evapotranspirasi, kebutuhan air tanaman

PENDAHULUAN

Mentimun atau *Cucumis sativus* L. merupakan salah satu komoditas hortikultura semusim di Indonesia yang dipasarkan dalam bentuk buah segar. Buah mentimun muda dikonsumsi sebagai sayuran salad, lalapan, atau acar. Di Asia Tenggara, daun mentimun juga dikonsumsi sebagai salad dan sayuran rebus (Rubatzky dan Yamaguchi, 1999). Mentimun merupakan tanaman yang pemanenannya dilakukan lebih dari satu kali dan dibongkar apabila tanaman sudah mengalami penuaan dan penurunan produksi. Luas panen tahun 2014 untuk mentimun adalah 48,578 ha dengan produksi sebesar 477,976 ton dan rata-rata hasil (produktivitas) 9.84 ton ha⁻¹. Provinsi dengan luas panen dan produksi terbesar adalah Provinsi Jawa Barat dengan luas panen sebesar 9,766 ha dan produksi sebesar 155,882 ton. Rata-rata hasil paling tinggi dapat dicapai di Provinsi Bali sebesar 19.91 ton ha⁻¹ (Ditjenhorti, 2015). Luas panen maupun besar produksi mentimun di Indonesia terus mengalami penurunan dalam kurun waktu tahun 2009-2014 (Ditjenhorti, 2015). Untuk mengimbangi kenaikan konsumsi akibat pertumbuhan penduduk, diperlukan strategi peningkatan produksi untuk memenuhi permintaan dalam negeri. Salah satu cara untuk meningkatkan produksi sayuran adalah dengan meningkatkan hasil per satuan luas. Budidaya sayuran di negara-negara maju dilakukan dalam rumah kaca dengan pemeliharaan yang intensif, sehingga produksi tinggi dapat dicapai.

Budidaya tanaman dalam rumah kaca memungkinkan adanya manipulasi lingkungan pertanaman sehingga mencapai kondisi optimal. Penggunaan rumah kaca dapat mengarah pada kenaikan produksi, perbaikan kualitas, dan periode produksi yang lebih panjang. Produksi dalam rumah kaca merupakan aktivitas pertanian yang paling intensif dalam hal penggunaan tenaga kerja, modal, dan faktor input lainnya (Hanan, 1998). Rumah kaca dengan teknologi tinggi banyak digunakan di Belanda dan Belgia dan umumnya memiliki kontrol iklim aktif, input energi yang tinggi, dan tingkat automasi yang relatif tinggi. Sebanyak 80% budidaya dalam rumah kaca di barat laut Eropa didominasi dengan penggunaan substrat dengan aturan penggunaan kembali air drainase. Sistem ini memiliki efisiensi penggunaan air dan hara yang sangat tinggi (Thompson *et al.*, 2015).

Salah satu faktor produksi yang dimaksimalkan penggunaannya dalam budidaya dalam rumah kaca adalah air. Penggunaan air dalam usaha pertanian harus diperhatikan

efisiensinya agar keuntungan yang diharapkan dalam suatu usaha dapat tercapai. Sistem irigasi yang baik dalam suatu usaha pertanian adalah sistem irigasi dengan efisiensi yang tinggi, mudah dari sisi operasionalnya, dan viabel secara ekonomi (Hillel, 1987).

Salah satu metode irigasi dengan efisiensi yang tinggi adalah sistem irigasi tetes. Teknologi budidaya rumah kaca berteknologi tinggi di Belanda menerapkan sistem irigasi tetes. Pemerintah Belanda dan sektor hortikultura rumah kaca membuat kebijakan dalam mengatur penggunaan energi, hara, dan pestisida. Terkait dengan hal ini, sebagian besar rumah kaca di Belanda beralih pada sistem pengairan tertutup dalam menyuplai hara ke tanaman (Breukers *et al.*, 2008 dan OECD, 2015). Sistem pengairan tertutup merupakan sistem di mana larutan hara hasil drainase disirkulasi ulang ke dalam sistem pengairan. Sistem ini banyak digunakan dalam budidaya dengan substrat. Penerapan sistem tersebut juga bertujuan untuk menghindari pencemaran air dan tanah oleh kelebihan hara (Voogt dan Sonneveld, 1997).

Besar kebutuhan air tanaman perlu ditentukan sebelum dan sepanjang masa budidaya agar tanaman memperoleh air yang cukup namun tidak banyak air yang terbuang. Kebutuhan air tanaman didefinisikan oleh FAO sebagai kedalaman air yang dibutuhkan untuk menggantikan air yang hilang melalui evapotranspirasi pada tanaman dalam kondisi optimal. Panduan kalkulasi kebutuhan air tanaman telah disusun oleh FAO dan dapat dijadikan rekomendasi untuk menghitung kebutuhan air tanaman pada berbagai kondisi. Terdapat beberapa perangkat lunak yang dirilis oleh FAO untuk menghitung besar evapotranspirasi, di antaranya adalah *Evapotranspiration Calculator* dan CROPWAT.

Salah satu indikator kinerja sistem irigasi adalah efisiensi penggunaan air oleh tanaman untuk mendapatkan produksi yang optimal. Efisiensi penggunaan air atau WUE (*water use efficiency*) adalah rasio biomassa tanaman terhadap jumlah air yang ditranspirasikan (Stanhill, 1986). Hillel (1987) menghitung efisiensi penggunaan air dengan membagi bobot panen yang dapat dipasarkan (*total marketable yield*) dengan total air yang digunakan. Nilai WUE dapat ditingkatkan dengan penggunaan air yang lebih efisien. Salah satu cara yang relatif mudah dalam meningkatkan WUE adalah meningkatkan proporsi air yang digunakan oleh tanaman, dengan meminimalkan faktor-faktor kehilangan air yang lain (Sinclair *et al.*, 1984).

Sistem irigasi yang diterapkan pada budidaya dalam rumah kaca di Belanda memiliki WUE yang tinggi karena sistem irigasi tetes yang diaplikasikan dekat dengan perakaran dapat meminimalkan evaporasi tanah, perkolasi, dan intersepsi oleh kanopi. Sektor pertanian dalam rumah kaca di Belanda merupakan sektor yang sangat inovatif dibandingkan dengan sektor pertanian lainnya, dibuktikan dengan 10% dari perusahaan hortikultura yang dihargai sebagai inovator pada tahun 2005 (Breukers *et al.*, 2008). Penggunaan teknologi dan tingkat inovasi yang tinggi tersebut dapat menjadi contoh bagi sektor lainnya. Dengan mempelajari sistem yang digunakan pada sektor pertanian rumah kaca di Belanda, diharapkan teknologi dan inovasi yang diterapkan dapat diadaptasi lebih luas untuk mewujudkan pertanian dengan produksi dan efisiensi yang tinggi. Kegiatan penelitian bertujuan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam sistem budidaya mentimun dalam rumah kaca, khususnya dalam manajemen irigasi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada 5 Juli hingga 22 September 2018 di Tuinderij Hoevekestein, Wouwse Plantage, provinsi Noord Brabant, Belanda (51.482642, 4.412498 (51°28'57.5112" N, 4°24'44.9928" E). Data cuaca selama 10 tahun terakhir menunjukkan rata-rata curah hujan bulanan di wilayah Roosendaal sebesar 66.9 mm per bulan. Besar curah hujan bulanan bervariasi dengan nilai terendah 0.0 mm per bulan dan tertinggi 200.9 mm per bulan. Suhu tertinggi yang tercatat pada kurun waktu 10 tahun terakhir adalah 38.3 °C, sedangkan suhu terendahnya adalah -13.6 °C (Het Weer Actueel, 2019).

Kegiatan pengumpulan data primer dan data sekunder dilakukan dengan metode langsung dan metode tidak langsung. Data primer diperoleh melalui kegiatan observasi langsung di lapangan. Pengumpulan data sekunder dilakukan melalui wawancara dan studi mengenai arsip-arsip milik perusahaan. Pengamatan langsung dilakukan pada pengelolaan irigasi yaitu:

- Pemeliharaan sistem irigasi, otomasi dan penjadwalan irigasi
- Kualitas air
- Estimasi evapotranspirasi, dengan menggunakan perangkat lunak *Evapotranspiration Calculator* V3.2 yang dikembangkan oleh FAO. Estimasi evapotranspirasi dilakukan dengan menggunakan data-data iklim dalam rumah kaca yang tersedia pada periode tanam ke-3 di musim panas (25 Juli – 16 September 2018) di afdeling 1 dengan luasan 8,000 m². Estimasi

tersebut kemudian dibandingkan dengan evapotranspirasi aktual berdasarkan neraca air pada periode dan lokasi yang sama.

- Efisiensi penggunaan air (*water use efficiency*: WUE), dihitung dengan membandingkan total hasil panen yang dapat dipasarkan dibandingkan dengan total volume irigasi yang diberikan (Hillel, 1987). Data total hasil panen, volume irigasi dan drainase berasal dari luasan 27,800 m² pada periode tanam ke-1, ke-2, dan ke-3 di tahun 2017.

$$WUE = \frac{\text{Total hasil panen dapat dipasarkan (kg)}}{\text{Total air yang digunakan (m3)}}$$

Data sekunder yang dikumpulkan antara lain lokasi kebun, luas area, keadaan iklim dan tanah, standar perusahaan, serta data lain yang mendukung. Data yang diperoleh diolah dan dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif.

Analisis kuantitatif dilakukan pada data primer yang bersifat numerik. Evapotranspirasi dan efisiensi penggunaan air dianalisis menggunakan program *Evapotranspiration Calculator* V3.2 dan Excel 2013. Evapotranspirasi hasil perhitungan data iklim dengan evapotranspirasi aktual hasil pengamatan neraca air dibandingkan dengan *t-student*. Hubungan antara evapotranspirasi dengan faktor-faktor iklim dianalisis dengan metode regresi.

Metode perhitungan evapotranspirasi dan koefisien tanaman yang digunakan dalam analisis mengacu pada makalah FAO-56 (Allen *et al.*, 1998). Faktor iklim yang diperhitungkan dalam kalkulasi evapotranspirasi acuan dalam pengamatan yang dilakukan terbatas pada 3 faktor iklim yaitu radiasi atau intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan relatif. Perhitungan evapotranspirasi aktual dengan metode neraca air dilakukan dengan menggunakan data volume irigasi dan drainase yang dicatat oleh sensor sistem komputer perusahaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan Irigasi

Sistem irigasi tetes yang digunakan di perusahaan merupakan sistem irigasi tetes dengan pompa sebagai sumber tenaga penggerak air dalam sistem irigasi. Sistem irigasi tetes yang digunakan terhubung dengan sistem komputer yang mengontrol keseluruhan iklim dalam rumah kaca. Sistem irigasi dapat dilakukan secara otomatis dengan membuat pengaturan tertentu pada perangkat lunak pengatur iklim.

Perusahaan menggunakan air yang berasal dari tiga sumber, yakni dari air hujan yang tertampung dalam basin, air tanah, dan terkadang membeli air keran yang diperuntukkan untuk

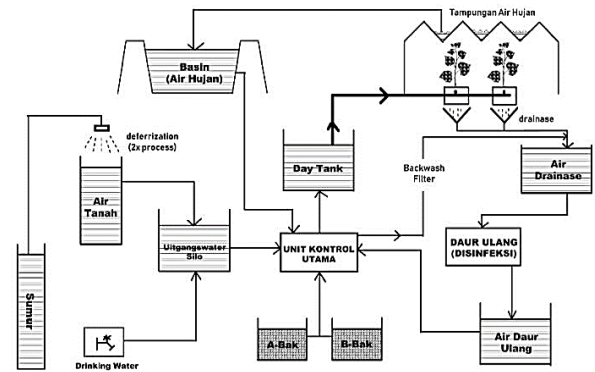
kebutuhan domestik (*drinking water*). Basin penampung air hujan terletak di sebelah rumah kaca dan berkapasitas 9,000 m³. Air tanah yang digunakan berasal dari sumur sedalam 180 m dan harus melewati pemurnian untuk menghilangkan kandungan besi dalam air. Proses tersebut dilakukan dua kali pada unit *ontijzering* (*deferrization*). Sumber lainnya yang digunakan untuk irigasi tanaman adalah air drainase dari rumah kaca. Air drainase didaur ulang di unit disinfeksi agar dapat digunakan kembali. Unit disinfeksi dapat mendaur ulang air sebanyak 5 m³ tiap satu jam alur air dalam sistem irigasi tetes dapat dilihat pada Gambar 1.

Bagian yang mengatur jalannya keseluruhan sistem irigasi adalah unit kontrol utama. Unit kontrol utama (*head control unit*) dari sebuah sistem irigasi tetes terdiri atas unit pemompa (*pumping unit*), penyaring (*filtration unit*), pencampur dan pelarut larutan hara, katup, dan lain-lain. Rincian komponen irigasi yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Penyaring
2. Pipa Utama (*Main Lines*)
3. Pipa Sub-Utama (*Submain Lines*)
4. Pipa Lateral
5. Penetes (*Emitter* atau *Dripper*)
6. Katup Kontrol (*Control Valve*), yang dibagi ke dalam 6 katup (*kraan*). *Kraan* 1 dan *Kraan* 2 mengairi rumah kaca pada afdeling 1. *Kraan* 3 dan 5 mengairi afdeling 3. *Kraan* 4 dan 6 mengairi afdeling 2. Keenam katup tersebut dibagi lagi ke dalam dua grup (*kraangroep*), di mana Grup 1 terdiri atas *Kraan* 1 dan 2, dan Grup 2 terdiri atas *Kraan* 3, 4, 5, dan 6.
7. Katup *flush* (*Flush Valve*)
8. Unit Pemupukan, dilengkapi dua bak dengan kapasitas masing-masing 1 m³ untuk menampung larutan pupuk A dan larutan pupuk B.
9. Unit Daur Ulang Air (*Ontsmetter*)
10. Tangki Penampung (*Silo*), antara lain silo untuk air drainase kotor (kapasitas 60 m³), dua tangki penampung harian (kapasitas masing-masing 100 m³), silo untuk air tanah (kapasitas 100 m³), dan silo untuk air drainase bersih (kapasitas 70 m³).

Pengaturan irigasi terhubung dengan sistem komputer yang menganalisis berbagai komponen yang menyusun iklim mikro dalam rumah kaca (intensitas cahaya, RH, suhu, kadar CO₂, dan sebagainya). Kebutuhan air tanaman yang paling utama dipengaruhi oleh faktor intensitas cahaya. Berdasarkan hal tersebut, automasi sistem irigasi tetes dilakukan dengan menjadikan tingkat intensitas cahaya sebagai faktor pemicu berjalannya sistem. Sistem akan mulai

memberikan air pada tanaman apabila intensitas cahaya yang diterima sensor telah mencapai titik (*setpoint*) tertentu. Volume air yang dikeluarkan pada tiap penetes dalam satu kali periode irigasi adalah 100 ml. Frekuensi irigasi dalam satu hari dapat dihitung dengan membagi radiasi total dalam satu hari dengan tingkat radiasi yang dijadikan *setpoint*.



Gambar 1. Alur air dalam sistem irigasi tetes di perusahaan. Keterangan: Tanda panah menunjukkan awal alur air

Kebutuhan air tanaman ditentukan secara otomatis oleh program komputer dengan mengacu pada besarnya total radiasi harian yang diterima oleh sensor sistem. Kebutuhan air tanaman berubah-ubah pada setiap stadia pertumbuhan sehingga pemberian air tanaman juga dilakukan berdasarkan umur tanaman. Selain menggunakan tingkat radiasi sebagai standar untuk pengairan tanaman, perusahaan juga menghitung kadar air dalam media tanam sebagai kontrol untuk memastikan apakah irigasi yang dilakukan sudah mencukupi. Kadar air dalam media dinyatakan dalam persen dan dihitung menggunakan neraca atau timbangan yang terletak di salah satu baris tanaman dalam rumah kaca. Neraca tersebut dilengkapi sensor yang terhubung dengan sistem komputer. Bobot media tanam yang jenuh dengan air akan tercatat memiliki kadar air 100%. Selama penanaman, kadar air dalam media dipertahankan pada kadar 87-90%.

Pemeliharaan Sistem Irigasi

Masalah yang paling umum dan utama dalam operasi sistem irigasi tetes adalah penyumbatan pada penetes. Penyumbatan pada penetes dapat berdampak pada penurunan debit dan ketidakseragaman distribusi air. Kerugian yang muncul dari penyumbatan penetes dapat berupa penurunan kualitas tanaman, kenaikan biaya untuk irigasi, maupun overestimasi jumlah air yang dibutuhkan untuk irigasi. Oleh karena itu,

diperlukan pengecekan dan penggantian bagian-bagian dari sistem irigasi secara berkala agar malfungsi sistem dapat dicegah atau segera ditangani. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan untuk mencegah penyumbatan pada penetes meliputi penyaringan, tindakan kimiawi (*chemical treatment*), pembilasan (*flushing*), dan pengawasan lapang.

Kualitas Air Irigasi

Kualitas air irigasi yang penting pengaruhnya dalam pertumbuhan tanaman adalah pH dan EC. Sistem pengairan dilengkapi dengan sensor yang dapat menunjukkan kadar pH dan EC setiap saat di sistem komputer. Analisis air di laboratorium juga kemudian dilakukan setiap dua minggu sekali selama masa penanaman. Analisis air tersebut mencakup kandungan hara dalam air, derajat keasaman (pH), elektro konduktivitas (EC), dan sebagainya. Perusahaan mengirim sampel airnya ke laboratorium milik Eurofins. Hasil analisis pH dan EC air di perusahaan pada tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai pH dan EC air irigasi hasil pemeriksaan laboratorium tahun 2018

Tanggal	pH	EC (mS cm ⁻¹)
5 April 2018	6.6	2.8
19 April 2018	6.6	3.0
3 Mei 2018	7.3	3.6
17 Mei 2018	7.0	2.5
31 Mei 2018	6.9	2.9
14 Juni 2018	6.7	2.5
28 Juni 2018	6.7	2.9
12 Juni 2018	6.6	4.1
26 Juni 2018	7.0	2.9
9 Agustus 2018	6.8	3.3
23 Agustus 2018	6.6	3.1
6 September 2018	7.2	2.3

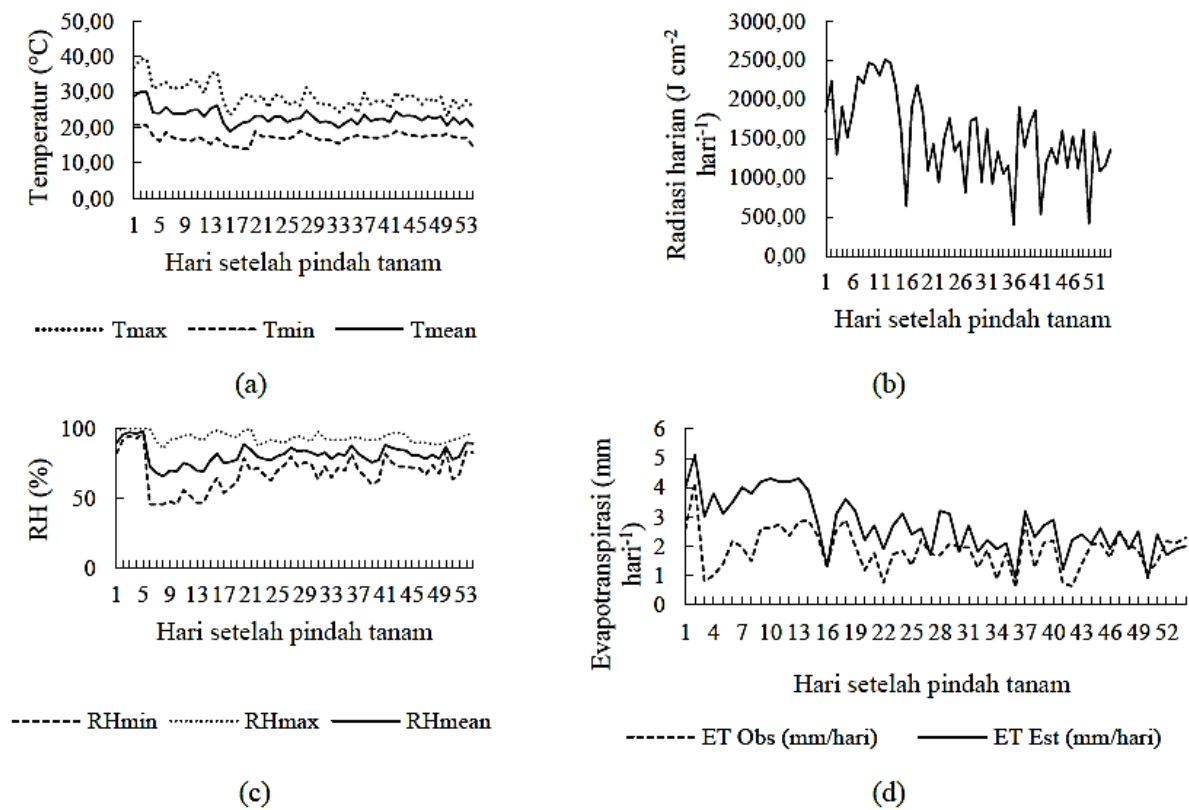
Analisis Efisiensi Penggunaan Air dan Evapotranspirasi

Analisis efisiensi penggunaan air dilakukan berdasarkan pengamatan data produksi dan neraca air menggunakan metode Hillel (1987). Analisis evapotranspirasi dilakukan berdasarkan pengamatan data iklim menurut metode Penman-Monteith FAO (Allen *et al.*, 1998). Pengukuran dan permodelan transpirasi dapat sangat berguna untuk manajemen irigasi yang efisien dengan memprediksi kebutuhan air. Rouphael dan Colla (2004) menggunakan persamaan Penman-Monteith untuk memprediksi evapotranspirasi acuan.

Besar evapotranspirasi diamati di afdeling 1 pada tanggal 25 Juli hingga 16 September 2018 (Gambar 2). Bibit tanaman umur 21 hari dipindah tanam di afdeling 1 pada tanggal 25 Juli 2018. Evapotranspirasi dihitung dengan dua metode, yaitu dengan memperkirakan besar evapotranspirasi acuan (ET₀) dengan metode Penman-Monteith FAO menggunakan perangkat lunak *Evapotranspiration Calculator V3.2* dan dengan menghitung evapotranspirasi sesungguhnya dari persamaan neraca air (ET Obs). Nilai evapotranspirasi estimasi (ET Est) diperoleh dengan mengalikan evapotranspirasi acuan (ET₀) dengan koefisien tanaman (K_c).

Evapotranspirasi harian hasil pengamatan (ET Obs) dan hasil perhitungan (ET Est) bernilai 1.879 + 0.696 mm per hari dan 2.735 + 0.950 mm per hari secara berturut-turut. Kedua nilai evapotranspirasi tersebut berbeda nyata pada taraf nyata 0.05 Uji *t-student* sehingga metode estimasi evapotranspirasi yang digunakan tidak dapat digunakan untuk memperkirakan kebutuhan air tanaman. Nilai ET Est terlihat lebih tinggi dibandingkan ET Obs. Overestimasi nilai evapotranspirasi tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya ketersediaan variabel iklim yang terbatas. Perhitungan ET Est dilakukan dengan mengasumsikan kecepatan angin pada ketinggian 2 m adalah 0 m s⁻². Pengabaian faktor aerodinamika dapat berpengaruh pada perhitungan evapotranspirasi acuan. Sensor dalam rumah kaca juga tidak dikalibrasi sebelum dimulainya pengambilan data, sehingga ada kemungkinan bahwa data cuaca yang tercatat oleh sensor kurang akurat. Penyebab lain dari perbedaan perkiraan evapotranspirasi tanaman ialah ketidaktepatan besar koefisien tanaman (K_c) yang digunakan sebagai pengali nilai evapotranspirasi acuan (ET₀). Nilai K_c yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1.0 mengikuti FAO-56 (Allen *et al.*, 1998). Nilai K_c sangat bervariasi pada setiap tempat. Nilai K_c dipengaruhi lokasi, cara budidaya, waktu budidaya, dan faktor-faktor lainnya sehingga perlu dilakukan penelitian yang lebih komprehensif untuk menentukan nilai K_c. Nilai koefisien tanaman yang diusulkan oleh FAO diujikan di luar rumah kaca sehingga masih dipertanyakan apakah nilai K_c tersebut dapat digunakan untuk penelitian dalam rumah kaca (Orgaz *et al.*, 2005).

Faktor iklim yang digunakan untuk menghitung evapotranspirasi acuan dalam penelitian ini adalah radiasi matahari, suhu, dan kelembapan relatif (RH) dalam rumah kaca. Tabel 2 menunjukkan hubungan antara faktor-faktor iklim tersebut terhadap besarnya evapotranspirasi.



Gambar 2. Kondisi lingkungan di rumah kaca (a) Temperatur, (b) Radiasi matahari harian (c) Kelembaban relatif (d) Perbandingan evapotranspirasi pengamatan dan evapotranspirasi hitung periode 25 Juli hingga 16 September 2018

Tabel 2. Hasil regresi linier berdasarkan parameter cuaca dan nilai evapotranspirasi

Metode	Hubungan ET dengan radiasi	Hubungan ET dengan temperatur	Hubungan ET dengan RH
ET Obs	Y= 0.513 + 0.000893x R-Sq = 46.8%	Y= -0.521 + 0.104x R-Sq = 11.0%	Y= 4.41 - 0.0311x R-Sq = 10.6%
ET Est	Y= 0.138+ 0.00170x R-Sq + 90.9%	Y= -3.92+0.289x R-Sq + 45.4%	Y= 6.20 - 0.0426x R-Sq = 10.6%

Dari ketiga faktor iklim yang digunakan dalam penelitian ini, secara berurutan yang paling berpengaruh terhadap besarnya evapotranspirasi adalah radiasi matahari, temperatur, kemudian kelembaban relatif. Hal ini sejalan dengan penelitian Fernández *et al.* (2010) bahwa evapotranspirasi mentimun meningkat secara nyata dengan peningkatan radiasi matahari, temperatur udara, dan defisit uap air. Laju fotosintesis meningkat saat terjadi peningkatan radiasi. Stomata membuka saat terjadi fotosintesis aktif, sehingga air dari tanaman ikut dikeluarkan lewat stomata melalui peristiwa evapotranspirasi.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan Nilai koefisien korelasi dari hubungan radiasi matahari dengan evapotranspirasi hitung (ET Est) menunjukkan keeratan tinggi (R-Sq = 90.9%). Namun apabila radiasi matahari dibandingkan

dengan evapotranspirasi sesungguhnya (ET Obs), nilai koefisien determinasinya hanya 46.8%. Hasil ini mengindikasikan bahwa radiasi matahari hanya mempengaruhi evapotranspirasi sebesar 46.8% dan sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lain. Untuk memprediksi kebutuhan air tanaman dengan lebih akurat, dibutuhkan data iklim yang lebih lengkap dalam menghitung estimasi evapotranspirasi.

Efisiensi Penggunaan Air

Efisiensi penggunaan air atau *water use efficiency* (WUE) perusahaan dihitung dengan membandingkan hasil panen yang dapat dipasarkan dengan total air yang digunakan selama produksi. Tabel 3 merupakan data penggunaan air dan besar produksi pada tiap periode tanam di tahun 2017. Nilai WUE tersebut tergolong sangat

tinggi. Sebagai perbandingan, Hamza dan Almasraf (2016) mengukur nilai WUE mentimun dalam rumah kaca pada dua tahun tanam yang berbeda. Besarnya WUE dalam penelitian tersebut pada tahun 2014 dan 2015 secara berturut-turut adalah 0.232% dan 0.182%. Penggunaan irigasi tetes dengan mulsa transparan pada budidaya mentimun dalam penelitian Yaghi *et al.* (2013) mencapai WUE sebesar 2.62%. Sedangkan penelitian Çakir *et al.* (2017) pada mentimun dalam rumah kaca mencapai WUE sebesar 4.2%.

Efisiensi penggunaan air paling tinggi adalah pada periode penanaman ketiga yaitu sebesar 13.72%, atau dihasilkan 13.72 kg buah dari konsumsi air sebanyak 100 kilogram. Bobot satu buah mentimun adalah 500 gram, sehingga dapat dikatakan bahwa untuk memproduksi satu buah mentimun, dibutuhkan air sebanyak 3.64 kg (L). Air yang dibutuhkan untuk memproduksi satu buah

untuk periode tanam pertama dan kedua secara berturut-turut adalah 3.90 dan 3.97 L air per buah.

Nilai efisiensi penggunaan air yang paling tinggi dari ketiga periode tersebut adalah saat periode tanam ketiga. Periode tanam ketiga berlangsung pada musim panas yang berlanjut ke musim gugur. Produksi tanaman sendiri paling tinggi dicapai pada periode tanam kedua pada musim semi-musim panas. Hal ini sejalan dengan penelitian Roupheal dan Colla (2005) di mana hasil panen, biomassa, dan indeks luas daun paling tinggi saat musim tanam dari musim semi-musim panas dibandingkan waktu tanam lainnya. Nilai WUE dan RUE (efisiensi penggunaan radiasi) tidak berbeda pada waktu tanam musim semi-musim panas dan musim panas-musim gugur, namun transpirasi pada musim panas-musim gugur lebih rendah pada musim panas-musim gugur sehingga nilai WUE-nya lebih tinggi.

Tabel 3. Perhitungan water use efficiency (WUE) pada ketiga periode tanam tahun 2017

Periode tanam	Volume irigasi (L)	Volume drainase (L)	Konsumsi air tanaman (L)	Produksi (kg)	WUE (%)
1	8,795,733	3,807,587	4,988,146	639,509.42	12.82
2	12,199,578	5,890,867	6,308,711	795,135.25	12.60
3	10,033,872	4,674,083	5,359,789	735,615.28	13.72

Pengairan dengan sistem irigasi tetes memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan irigasi curah atau irigasi alur. Penelitian Iqbal *et al.* (2014) menunjukkan bahwa penggunaan irigasi tetes dibandingkan irigasi alur (*furrow*) dapat menaikkan WUE antara 171–323% dan menaikkan hasil panen dengan rata-rata sebesar 3.38%. Selain dipengaruhi oleh metode irigasi, WUE juga dipengaruhi oleh cara budidaya dan media tanam yang digunakan. Pada bayam (Wachjar and Anggaluhdin, 2013) penggunaan air dengan penanaman pada populasi tinggi lebih sedikit dibandingkan pada populasi rendah. Percobaan Sujitha dan Shanmugasundaram (2017) pada bunga kenikir menunjukkan bahwa penggunaan rumah kaca memberikan hasil dan WUE yang lebih baik dibandingkan dengan percobaan lapang dengan penggunaan air 34% lebih hemat (dihitung dari kedalaman air irigasi). Fernández *et al.* (2005) melaporkan bahwa WUE paprika dalam rumah kaca lebih tinggi dibandingkan di lapang. Hal ini berkaitan dengan keadaan dalam rumah kaca yang kebutuhan evapotranspirasinya lebih sedikit dibandingkan di lapang.

Media tanam yang digunakan turut mempengaruhi nilai WUE. Roupheal *et al.* (2005) membuktikan bahwa tanaman yang dibudidayakan

dengan substrat memiliki hasil dan WUE yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang dibudidayakan di tanah karena evaporasi yang terjadi dari permukaan tanah lebih sedikit.

Melihat data yang diperoleh dari pengamatan, persentase drainase pada tahun tanam 2017 tinggi. Perusahaan menargetkan drainase hanya sebesar 30-40% sementara drainase pada ketiga periode tanam pada tahun 2017 secara berturut-turut adalah 43.29%, 48.29%, dan 46.58%. Drainase yang tinggi tersebut mengimplikasikan bahwa volume irigasi yang diberikan melebihi kapasitas media tanam dalam menampung air. Hal tersebut terjadi karena pengelola pengairan sengaja berlebihan pemberian air irigasi.

Pengelola perusahaan memberikan air berdasarkan tingkat intensitas cahaya yang diterima oleh sensor komputer. Pengaturan standar program komputer menetapkan bahwa volume irigasi sebesar 2.45 L m⁻² diberikan setiap tambahan radiasi matahari sebesar 1,000 J cm⁻². Besar *setpoint* pada program dapat diubah oleh pengelola perusahaan bergantung keadaan iklim. Kebutuhan air tanaman berubah-ubah pada setiap stadia pertumbuhan sehingga pemberian air tanaman juga dilakukan berdasarkan umur atau keadaan tanamannya. Perusahaan memberikan air

dengan panduan yang diberikan oleh konsultan budidaya. Tabel 4 berikut menunjukkan anjuran pemberian air menurut stadia pertumbuhannya yang diberikan oleh konsultan.

Menurut pengaturan standar program, volume irigasi sebesar 2.45 L m^{-2} diberikan setiap tambahan radiasi matahari sebesar 1000 J cm^{-2} . Pengelola melakukan kustomisasi pada program komputer tersebut dengan mengubah *setpoint* menjadi 3.5 L m^{-2} tiap $1,000 \text{ J cm}^{-2}$. Kelebihan tersebut diatur oleh pengelola dengan asumsi pengelola dan anjuran konsultan bahwa 2.5 L m^{-2} belum termasuk drainase. Pada musim panas, irigasi diberikan setiap sensor menerima radiasi sebesar 35 J cm^{-2} . Frekuensi irigasi dalam satu hari dapat dihitung dengan membagi radiasi total dalam satu hari dengan tingkat kenaikan radiasi yang dijadikan *setpoint*.

Melihat besarnya drainase yang melebihi standar perusahaan, penambahan jumlah tersebut masih terlalu besar dan melebihi kebutuhan air tanaman. Perusahaan memberikan air dengan jumlah besar dengan tujuan lain, yaitu sebagai pengatur suhu di media tanam, khususnya di musim dengan suhu harian dan radiasi tinggi seperti musim semi dan musim panas. Pemberian air dan *flushing* dilakukan secara berkala untuk mendinginkan media tanam atau mengeluarkan air yang tersimpan di dalam pipa lateral. Air yang tersimpan terlalu lama dalam pipa dapat mengalami kenaikan suhu. Suhu media yang hangat berpotensi memunculkan penyakit yang disebabkan oleh cendawan seperti *Pythium*.

Tabel 4. Rekomendasi irigasi berdasarkan radiasi dan stadia pertumbuhan

Stadia pertumbuhan	Tingkat radiasi		
	1000 J cm^{-2}	2000 J cm^{-2}	2800 J cm^{-2}
2 hari setelah tanam	0.3 L m^{-2}	0.6 L m^{-2}	0.9 L m^{-2}
Mulai berbunga	1.0 L m^{-2}	2.0 L m^{-2}	2.8 L m^{-2}
Mulai produksi	2.0 L m^{-2}	4.0 L m^{-2}	5.6 L m^{-2}
Setelah <i>topping</i>	2.5 L m^{-2}	5.0 L m^{-2}	7.0 L m^{-2}
Saat produksi maksimum	2.5 L m^{-2}	5.0 L m^{-2}	7.0 L m^{-2}

KESIMPULAN

Studi yang dilakukan menunjukkan bahwa perusahaan memberikan air lebih banyak dibandingkan kebutuhan air tanaman. Nilai efisiensi penggunaan air pada tahun 2017 untuk ketiga periode tanam adalah 12.82%, 12.60%, dan 13.72% secara berturut-turut. Rata-rata nilai evapotranspirasi harian hasil perhitungan dengan metode Penman-Monteith dalam jangka waktu 25 Juli hingga 16 September 2018 adalah $2.735 + 0.950 \text{ mm}$ per hari. Besar evapotranspirasi sesungguhnya pada periode yang sama dan dihitung dengan rumus neraca air adalah $1.879 + 0.696 \text{ mm}$ per hari. Perhitungan evapotranspirasi dengan dua metode tersebut berbeda secara statistik sehingga perhitungan evapotranspirasi dengan metode FAO Penman-Monteith dengan faktor iklim yang terbatas pada radiasi, suhu, dan kelembapan relatif dengan nilai koefisien tanaman yang diusulkan FAO tidak cocok digunakan untuk memprediksi kebutuhan air tanaman dalam rumah kaca. Besarnya evapotranspirasi dipengaruhi oleh faktor iklim dengan radiasi matahari sebagai faktor utama.

DAFTAR PUSTAKA

- [Ditjenhorti] Direktorat Jenderal Hortikultura. 2015. Statistik Tanaman Buah-buahan dan Sayuran Tahunan 2015. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Hortikultura.
- [OECD] Organisation for Economic Co-operation and Development. 2015. Innovation, Agricultural Productivity and Sustainability in the Netherlands, OECD Food and Agricultural Reviews. Paris (FR): OECD Publishing.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith. 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56—Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirement). Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Breukers, A., O. Hietbrink, M. Ruijs. 2008. The power of Dutch greenhouse vegetable horticulture: an analysis of the private sector and its institutional framework—LEI-Report 2008049. Den Haag (NL): LEI: Wageningen.

- Çakir, R., U. Kanburoglu- Çebi., S. Altintas, A. Ozdemir. 2017. Irrigation scheduling and water use efficiency of cucumber grown as a spring-summer cycle crop in solar greenhouse. *Agricultural Water Management*. 180:78-87. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.10.023>
- Fernández, M.D., M. Gallardo, S. Bonachela, F. Orgaz, R.B. Thompson, E. Fereres. 2005. Water use and production of greenhouse pepper crop under optimum and limited water supply. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 80(1):87–96. <https://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511897>
- Fernández, M.D., S. Bonachela, F. Orgaz, R. Thompson, J.C. López, M.R. Granados, M. Gallardo, E. Fereres. 2010. Measurement and estimation of plastic greenhouse reference evapotranspiration in a Mediterranean climate. *Irrig. Sci.* 28:497–509. <https://doi.org/10.1007/s00271-010-0210-z>
- Hamza, A.A., S.A. Almasraf. 2016. Evaluation of the yield and water use efficiency of the cucumber inside greenhouses. *Journal of Babylon University Engineering Sciences*. 1(24):95 – 106.
- Hanan J.J. 1998. *Greenhouses: Advanced Technology for Protected Horticulture*. Florida: CRC Press.
- Het Weer Actueel. 2019. Historische gegevens weerstation Roosendaal. <http://www.hetweeractueel.nl/weer/Roosendaal/historie>. [18 Januari 2019].
- Hillel, D. 1987. *The Efficient Use of Water in Irrigation—Principles and Practices for Improving Irrigation in Arid and Semiarid Regions*. Washington D.C. (USA): The World Bank.
- Iqbal, M., F. Sahi, T. Hussain, N.K. Aadal, M.T. Azeem, M. Tariq. 2014. Evaluation of comparative water use efficiency of furrow and drip irrigation systems for off-season vegetables under plastic tunnel. *Intl J Agri Crop Sci*. 7(4):185-190.
- Orgaz, F., M.D. Fernández, S. Bonachela, M. Gallardo, E. Fereres. 2005. Evapotranspiration of horticultural crops in an unheated plastic greenhouse. *Agricultural Water Management*. 72:81–96. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.09.010>
- Rouphael, Y., G. Colla, M. Cardarelli, S. Fanasca, A. Salerno, C.M. Rivera, E. Rea, F. Karam. 2005. Water use efficiency of greenhouse summer squash in relation to the method of culture: soil vs soilless. *In: M.U. Gavilán (Ed.). Proc. International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics*. Almeria, 2004 November 14. pp. 81-86. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.697.8>
- Rouphael, Y., G. Colla. 2004. Modelling the transpiration of a greenhouse zucchini crop grown under a Mediterranean climate using the Penman-Monteith equation and its simplified version. *Australian Journal of Agricultural Research*. 55:931-937. <https://doi.org/10.1071/AR03247>
- Rouphael, Y., G. Colla. 2005. Radiation and water use efficiencies of greenhouse zucchini squash in relation to different climate parameters. *Europ. J. Agronomy*. 23:183–194. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.10.003>
- Rubatzky, V.E., M. Yamaguchi. 1999. *Sayuran Dunia: Prinsip, Produksi, dan Gizi 3*. Bandung (ID): Penerbit ITB.
- Sinclair, T.R., C.B. Tanner, J.M. Bennett. 1984. Water-use efficiency in crop production. *BioScience*. 34(1):36-40. <https://doi.org/10.2307/1309424>
- Stanhill, G. 1986. Water use efficiency. *Advances in Agronomy*. 39:53-85. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60465-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60465-4)
- Sujitha, E., K. Shanmugasundaram. 2017. Irrigation management of greenhouse marigold using tensiometer: effects on yield and water use efficiency. *International Journal of Plant & Soil Science*. 19(3):1-9. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2017/36437>
- Thompson, R.B., M. Gallardo, W. Voogt. 2015. Optimizing nitrogen and water inputs for greenhouse vegetable production.. *In: S. De Pascale, w.j. Jiang, G. Connellan (Eds.). ISHS Acta Horticulturae 1107. XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): International Symposium on Innovation and New Technologies in Protected Cropping*. Brisbane, 2014 Agustus 17-22. pp. 15-29. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1107.2>

- Voogt, W., C. Sonneveld. 1997. Nutrient management in closed growing systems for greenhouse production. *In*: E. Goto, K. Kurata, M. Hayashi, S. Sase (Eds.). International Symposium on Plant Production in Closed Ecosystems. Narita, 1996 Agustus 26-29. pp. 83-102. https://doi.org/10.1007/978-94-015-8889-8_6
- Wachjar, A., R. Anggayuhlin. 2013. Peningkatan produktivitas dan efisiensi konsumsi air tanaman Bayam (*Amaranthus tricolor* L.) pada Teknik hidroponik melalui pengaturan populasi tanaman. *Bul. Agrohorti*. 1(1):127-134. <https://doi.org/10.29244/agrob.1.1.127-134>
- Yaghi, T., A. Arslan, F. Naoum. 2013. Cucumber (*Cucumis sativus*, L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. *Agricultural Water Management*. 128:149-157. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.06.002>