

Perkembangan Irigasi Pintar pada Melon (*Cucumis melo* L) Hidroponik (Sebuah Studi literatur)

Smart Irrigation Development on Melon (*Cucumis melo* L) for Hydroponic (A Literature Study)

Qudrat Aini, Wahono*, Agus Zainudin, Fatimah Nursandi, Padhina Pangestika

Submission: 3 April 2023, Review: 4 Mei 2023, Accepted: 15 September 2023

^{*)} Email korespondensi: wahono@umm.ac.id

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Peternakan, Universitas Muhammadiyah Malang,
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Tlogomas, Babatan, Tegalondo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang,
65144, Jawa Timur

ABSTRAK

Konsumsi buah melon mengalami peningkatan dari tahun ke tahun karena bertambahnya jumlah konsumen. Hal ini membutuhkan peningkatan produksi dan lahan. Sempitnya lahan mendorong dilakukannya penerapan hidroponik dengan sistem irigasi. Tujuan dari artikel ini adalah untuk merangkum berbagai hasil kajian mutakhir tentang pengembangan dan penggunaan sistem irigasi pintar berbasis Internet of Thing dan fuzzy logic pada budidaya melon secara hidroponik dengan metode Nutrient Film Technique dan irigasi tetes. Kebutuhan air sangat berpengaruh pada tanaman melon mulai dari tahap pertumbuhan vegetatif sampai pematangan buah. Pemberian air dilakukan dengan teknik irigasi Nutrient Film Tehnique (NFT) dan irigasi tetes tersebut lebih optimal, membutuhkan teknologi sistem irigasi pintar. Pada sistem ini, pemberian air difokuskan sesuai kebutuhan tanaman, fase fenologis, dan kondisi lingkungan. Berdasarkan literatur telah dirangkum 2 jenis teknologi, penyiraman irigasi berbasis IoT dapat menghemat pemberian air hingga 90% dibandingkan dengan metode fuzzy logic yang berkisar 29%. Adanya sistem irigasi pintar pada melon diharapkan mampu meningkatkan produktivitas tanaman melon khususnya budidaya hidroponik.

Kata kunci: irigasi; otomatis; teknologi penyiraman.

ABSTRACT

Melon consumption has increased yearly due to the number of consumers. It requires rising production and land. The limited land area encourages the implementation of hydroponics with an irrigation system. This article aims to summarize various results of recent studies regarding the development and use of smart irrigation systems based on the Internet of Things and fuzzy logic in hydroponic melon cultivation using the Nutrient Film Technique method and drip irrigation. Water requirements greatly influence melon plants from vegetative growth to fruit ripening. The provision of water is carried out using the Nutrient Film Technique (NFT) irrigation technique, and drip irrigation is more optimal, requiring smart irrigation system technology. This system focuses on water supply according to plant needs, phenological phases, and environmental conditions. Based on the literature, two types of technology have been summarized: IoT-based irrigation can save water supply by up to 90% compared to the fuzzy logic method, which is around 29%. We hoped that a smart irrigation system for melons would increase the productivity of melon plants, especially hydroponic cultivation.

Keywords: irrigation; automatic; watering technology.

I. PENDAHULUAN

Konsumsi buah melon mengalami peningkatan dari tahun ke tahun karena bertambahnya jumlah konsumen, sehingga membutuhkan pengembangan komoditas terutama pada peningkatan produksi dan lahan. Alternatif yang bisa dilakukan antara lain dengan meningkatkan produktivitas lahan melalui penerapan sistem hidroponik (Nora *et al.*, 2020). Sistem hidroponik menjanjikan sejumlah kelebihan antara lain penggunaan air dan nutrisi secara efisien (Conn *et al.*, 2013; Nguyen *et al.*, 2016) perawatan tanaman yang relatif mudah (Sharma *et al.*, 2018; Sumartono & Sumarni, 2013), produksi yang berkelanjutan dan biaya produksi yang tinggi (Roidah, 2014), dan kondisi lingkungan dapat dikontrol dibandingkan dengan budidaya konvensional (Falah *et al.*, 2013). Faktor yang paling dominan mempengaruhi keberhasilan produksi melon secara hidroponik yaitu ketersediaan air dan nutrisinya (Setiawati & Bafdal, 2020).

Ketersediaan air bagi tanaman dipengaruhi beberapa faktor antara lain iklim, tanah, kemiringan lahan, dan vegetasi (Sakadevan & Nguyen, 2015; Wahjunie *et al.*, 2018) Faktor iklim merupakan faktor yang tidak dapat dikendalikan dan berpengaruh terhadap pertumbuhan, sehingga diperlukan pemberian air yang sesuai kebutuhan tanaman dengan cara menggunakan irigasi (Tsang & Jim, 2016). Sistem irigasi tetes dapat menghemat air dibandingkan dengan sistem irigasi konvensional (Setyaningrum *et al.*, 2014; Shareef & Ma, 2019) Pemberian air dengan irigasi tetes dapat menempatkan hara langsung pada daerah perakaran (Li *et al.*, 2012). Cara ini dapat memudahkan penggunaan air dan nutrisi secara tepat dan teratur sesuai kebutuhan tanaman.

Budidaya hidroponik telah menerapkan sistem irigasi sistem terbuka (irigasi tetes) sejak lama karena memberikan efisiensi penggunaan air dan nutrisi (Rodriguez *et al.*, 2020). Sistem irigasi telah dikembangkan oleh beberapa peneliti berupa teknik irigasi pintar dan pemantauan secara real time (Kumari & Devi, 2013; Reddy & Venkatrao, 2013). Pemantauan diperlukan untuk pemberian air yang efektif dan efisien sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman (Nut *et al.*, 2017) khususnya budidaya dalam greenhouse (Li *et al.*, 2012). Hasil kajian tersebut memantik berbagai kajian lebih lanjut dan mendorong berkembangnya teknik pemberian air dan nutrisi yang lebih efisien berdasarkan kebutuhan air tanaman (Chamara *et al.*, 2012). Studi yang lain mengembangkan konsep penyiraman tanaman secara otomatis berdasarkan vapour pressure deficit (Yin *et al.*, 2021).

Tujuan dari artikel ini adalah untuk merangkum berbagai hasil kajian mutakhir tentang pengembangan dan penggunaan sistem irigasi pintar berbasis Internet of Thing dan fuzzy logic pada budidaya melon secara hidroponik dengan metode Nutrient Film Technique dan irigasi tetes.

II. METODE PENELITIAN

Tahapan awal yang digunakan dalam menyusun naskah publikasi membuat outline dimulai dari judul, pendahuluan, hasil dan pembahasan, kesimpulan dan saran. Metode yang digunakan adalah metode telusur pustaka dengan memperhatikan kriteria inklusi dan eksklusi. Pencarian telusur pustaka dengan menggunakan platform seperti Google Scholar,

DOAJ, ScienceDirect, dan ResearchGate dengan rentang waktu khusus 2002-2022. Kata kunci yang digunakan yaitu tanaman melon, sistem irigasi, kebutuhan air, dan hidroponik melon. Pada tahap penyeleksian mendapatkan referensi sebanyak 173 jurnal, tetapi yang diperoleh terdapat 109 yang sesuai dengan topik pembahasan dalam naskah yang telah disusun. Referensi jurnal yang telah di seleksi selanjutnya dilakukan evaluasi dan analisis data secara kritis dan objektif dengan cara membaca dan memahami isi dari setiap sumber, baik dari kelemahan dan kekuatan setiap sumber. Pada hasil dan pembahasan dibagi beberapa bab yaitu kebutuhan air melon pada berbagai pertumbuhan, teknik-teknik irigasi hidroponik, teknologi irigasi pintar serta menyusun bab efisiensi pemberian air dan aspek lingkungan Hasil dari penelusuran tersebut kemudian menggunakan Mendeley untuk pengolahan pustaka.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kebutuhan Air Melon pada Berbagai Tahap Pertumbuhan

Besarnya kebutuhan air tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis tanaman, tahap pertumbuhan dan iklim (evapotranspirasi (ET)) (Lozano *et al.*, 2017), kelembapan udara (Amarasinghe *et al.*, 2021; Jeenprasom *et al.*, 2019), dan kelembapan media tanam (Monteiro *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2016). Di sisi lain, pemberian air harus dibatasi sedemikian rupa agar teknik budidaya beroperasi secara ramah lingkungan dan sesuai dengan tahap pertumbuhan (Riyanto *et al.*, 2021).

Tabel 1. Pemberian air tanaman melon sesuai tahap pertumbuhan

Tahap Pertumbuhan	Pemberian Air Tanaman	Keterangan	Referensi
Vegetatif	629 ml/hari/tanaman	Lahan (Sistem Irigasi Tetes)	Yildirim <i>et al.</i> , 2009
	264 ml/hari/tanaman	Greenhouse (Sistem Irigasi Tetes)	Zeng <i>et al.</i> , 2009
Generatif	217 ml/hari/tanaman	Greenhouse (Sistem Bawah Permukaan)	Y. Li <i>et al.</i> , 2020
	250 ml/hari/tanaman	Lahan (Sistem Irigasi Tetes)	Nisha <i>et al.</i> , 2020
Pematangan Buah	170 ml/hari/tanaman	Lahan (Sistem Bawah Permukaan)	Al-Mefleh <i>et al.</i> , 2012
	143 ml/hari/tanaman	Lahan (Sistem Irigasi Tetes)	Yildirim <i>et al.</i> , 2009

Tanaman melon membutuhkan air pada tahap vegetatif untuk proses pertumbuhan akar, tinggi tanaman (Fatahian *et al.*, 2013), jumlah daun (Widaryanto *et al.*, 2017), dan diameter tanaman (Nut *et al.*, 2019). Pada fase generative, tanaman membutuhkan air untuk menghasilkan bunga dan buah. Jika kebutuhan air pada fase tersebut kurang terpenuhi dapat menyebabkan berkurangnya bobot buah (Cui-hua *et al.*, 2016). Pada fase

pematangan buah, air yang optimal dibutuhkan untuk meningkatkan kandungan padatan terarut pada buah (Fabeiro *et al.*, 2002).

Budidaya melon memerlukan pemeliharaan khusus karena termasuk tanaman yang rentan terhadap cekaman air (Yavuz *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2012). Pemberian air berpengaruh terhadap pada fase vegetatif maupun fase generatif (Nut *et al.*, 2019). Lahan yang basah pada budidaya tanaman melon dapat menimbulkan terjadinya penyakit serta bisa berdampak terhadap produktivitas (Cui-hua *et al.*, 2016). Penurunan hasil produktivitas bervariasi antara 29% (perlakuan irigasi) dan 84% (perlakuan non-irigasi) (Yavuz *et al.*, 2021). Tanaman melon yang kekurangan air dapat menurunkan jumlah daun, tingkat kemanisan dan bobot buah (Akhoundnejad & Dasgan, 2019) (Gambar 1). Solusi untuk mengurangi masalah tersebut adalah dengan cara mengatur pemberian air tepat sesuai dengan kebutuhan tanaman setiap fase fenologisnya.

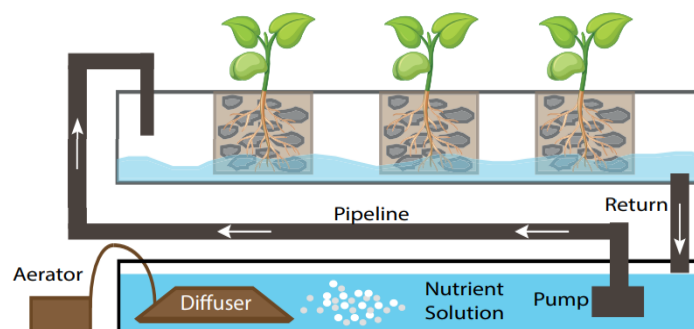


Gambar 1. A) pengaruh cekaman air terhadap pertumbuhan melon (Patil *et al.*, 2014), dan B) melon terkena layu bakteri (Jett, 2006), C) penyakit busuk akar yang disebabkan jamur *monosporascus cannonbal* (Martyn, 2002), D) penyakit layu yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* (Roberts *et al.*, 2019)

2. Teknik-Teknik Irigasi Hidroponik

Teknik irigasi menjadi salah satu faktor penting budidaya melon terutama untuk memudahkan dalam pengaplikasian air. Pemberian air pada tanaman melon dengan sistem irigasi menghasilkan kadar air sebesar 95,19%, protein (1,37%), dan kemanisan 9,4 Brix (Setiawati & Bafdal, 2020). Teknik-teknik hidroponik yang digunakan dalam budidaya melon antara lain teknik sistem NFT (Nutrient Film Technique) dan sistem irigasi tetes.

Sistem NFT (Nutrient Film Technique)



Gambar 2. Sistem NFT Dasar (Velazquez-Gonzalez *et al.*, 2022)

Sistem NFT merupakan teknologi hidroponik dengan meletakkan akar tanaman pada lapisan campuran air dan nutrisi dangkal yang disirkulasikan secara terus menerus. Keuntungan NFT dapat menghemat kebutuhan air dan nutrisi (Tüzel *et al.*, 2019), pertumbuhan tanaman lebih mudah dikendalikan (Wibisono & Kristyawan, 2021). Disisi lain kekurangan sistem NFT adalah sangat bergantung pada listrik selama 24 jam untuk menyalakan pompa air (Wibisono & Kristyawan, 2021). Hal yang harus diperhatikan dalam sistem NFT yaitu kemiringan talang paralon berkisar 1-5% agar pompa bekerja dengan lancar (Lopez-Pozos *et al.*, 2011). Budidaya hidroponik dengan sistem (NFT) membutuhkan air 62% lebih sedikit daripada budidaya konvensional (Martinez-Mate *et al.*, 2018) (Gambar 2). Salah satu parameter yang perlu diperhatikan pada sistem NFT adalah nilai (EC) (Nursyahid *et al.*, 2021). Setiap tanaman membutuhkan keseimbangan komposisi dan jumlah unsur hara yang berbeda. Jumlah nutrisi yang diberikan harus sesuai dengan kebutuhan tanaman, seperti melon membutuhkan nilai EC sebesar 5 uS/cm (Sesanti, 2018). Nilai EC berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman melon (Da Silva Dias *et al.*, 2018). Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mengontrol EC dan pH dalam sistem NFT.

Irigasi Tetes

Irigasi tetes adalah metode penyediaan air dengan meneteskan air secara langsung dan perlahan ke daerah perakaran (Li *et al.*, 2012; Nora *et al.*, 2020; Sonnenberg *et al.*, 2016) yang banyak diterapkan pada budidaya tanaman hortikultura seperti semangka (Nisha *et al.*, 2020) dan melon (Zeng *et al.*, 2009). Keuntungan sistem irigasi tetes antara lain kurangnya risiko penyumbatan emitor dan pipa (Li *et al.*, 2008) serta instalasi dan perawatan pipa irigasi lebih mudah dan lebih murah (El-Obeid & El-Shaabani, 2021; Woltering *et al.*, 2011). Pada tanaman melon varietas Yilishabai, pemberian air sebesar 168 ml/hari/tanaman menghasilkan 0,8 kg/buah (Zeng *et al.*, 2009), sementara pada sistem irigasi yang lain memerlukan air lebih banyak hingga sebesar 3 liter/hari/tanaman (Hasbi, 2020). Selain dapat menghemat penggunaan air, sistem irigasi tetes juga dapat berpengaruh terhadap kualitas hasil panen melon, misalnya peningkatan total padatan terlarut sebesar 9.5% (Sengul *et al.*, 2014), ketebalan daging (3,7 cm) (Wiangsamut *et al.*, 2017), menghasilkan berat buah sebesar 1,2-1,8 kg (Manuhara *et al.*, 2022), dan meningkatkan produktifitas melon hingga mencapai 27.4 t/ha (Li *et al.*, 2012).

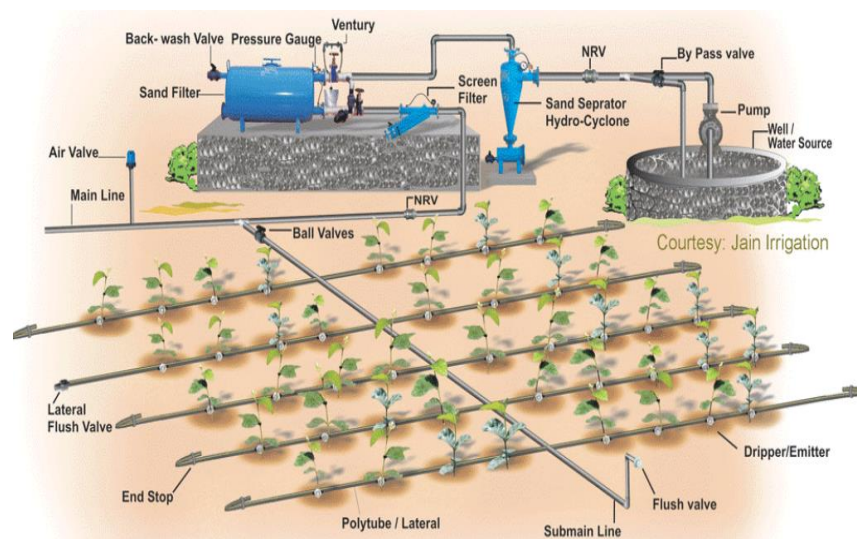
Tabel 2. Karakter Fisik Media Substrat

Material	Porositas (%)	Kapasitas Menahan Air (%)	Referensi
Cocopeat	58	90,5	(Ghehsareh <i>et al.</i> , 2019)
Vermi compost	50,78	44,53	(Kalaivani & Jawaharlal, 2019)
Perlite	68	69,8	(Ghehsareh <i>et al.</i> , 2011)
Rockwool	89,2	65,1	(Banitalebi <i>et al.</i> , 2019; Xiong <i>et al.</i> , 2017)

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap efektifitas penggunaan sistem irigasi tetes adalah penggunaan jenis media (El-Wanis *et al.*, 2018). Penggunaan media substrat

yang tepat sangat diperlukan dalam pertumbuhan tanaman. Ciri-ciri media yang baik yaitu memiliki kemampuan mengikat air dan menyuplai unsur hara (Atzori *et al.*, 2021), mampu mengontrol kelebihan air, memiliki sirkulasi dan ketersediaan udara yang baik (Asaduzzaman *et al.*, 2015). Media yang biasa digunakan dalam budidaya hidroponik sistem irigasi tetes seperti perlite dan cocopeat (Christy *et al.*, 2018). Media substrat dapat meningkatkan pertumbuhan pada fase vegetatif dan generatif tanaman (Radhouani *et al.*, 2011). Penggunaan media substrat dapat mempengaruhi kebutuhan air irigasi. Selama masa pertumbuhan, kebutuhan air tanaman melon yang dibudidayakan pada media substrat mencapai 50 l/tanaman (El-Wanis *et al.*, 2018) sementara pada media tanah mencapai 72,8 l/tanaman (Saptomo *et al.*, 2019)

Berdasarkan hasil rangkuman literatur yang ditampilkan di tabel 2, karakteristik fisik media substrat sangat beragam. Hal ini dikarenakan media substrat yang digunakan berbeda sesuai dengan tanaman yang dibudidayakan. Porositas dapat mempengaruhi pergerakan air, udara dan nutrisi pada tanaman, jika nilai porositas media tinggi yang digunakan maka akan sulit menahan air sehingga tanaman mudah mengalami kekeringan (Moyano *et al.*, 2013). Hal ini sangat berbanding terbalik dengan kapasitas menahan air, semakin halus media substrat yang digunakan maka kapasitas menahan air lebih tinggi (Zhang & You, 2013). Metode ini dapat diterapkan dengan memanfaatkan teknologi irigasi tetes berbasis internet of thing (Thaher & Ishaq, 2020). Struktur skema irigasi tetes ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Model skema Irigasi Tetes skala lapang (Jarwar *et al.*, 2019)

3. Teknologi Sistem Irigasi Pintar

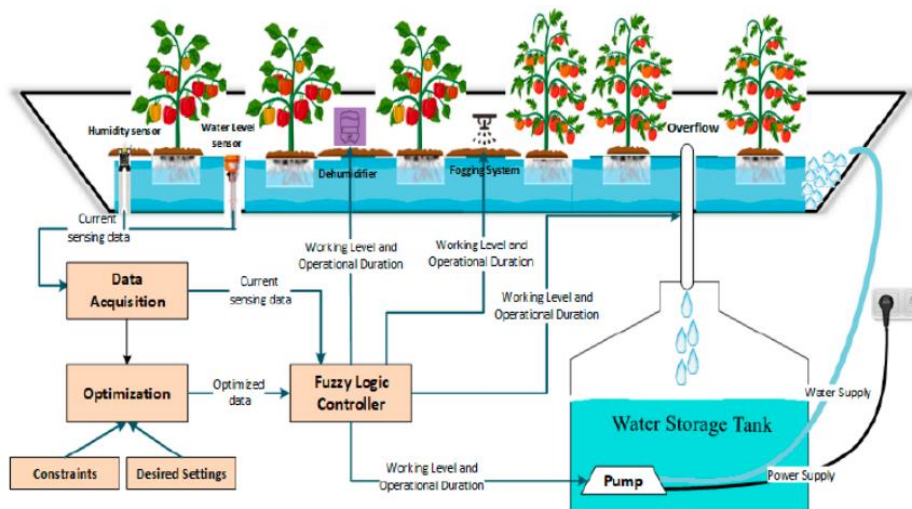
Irigasi Pintar dengan Metode Fuzzy Logic

Irigasi otomatis merupakan teknologi pemberian air dan nutrisi secara periodik. Salah satunya yaitu sistem nutrient film technique (NFT) dengan metode *fuzzy logic* (Ibrahim *et al.*, 2015). Penyiraman otomatis dengan metode *fuzzy logic* dapat mengontrol pemberian air dan nutrisi tanaman sehingga lebih efektif dan efisien (Hilmi *et al.*, 2020; Mashumah *et al.*, 2018; Sonwane & Ghutke, 2020). Pertumbuhan dan produksi tanaman

pada sistem NFT dipengaruhi oleh EC (Electrical Conductivity) dan pH (Potential Hydrogen) (Dela Vega *et al.*, 2021; Yolanda *et al.*, 2017) (Tabel 3). Metode *fuzzy logic* menggunakan sistem kontrol berupa sensor EC, dan pH dapat memungkinkan pemberian air dan nutrisi dalam jumlah yang optimal (Puno *et al.*, 2020). Nilai EC pada tanaman melon berkisar 2,5-5 uS/cm (Sesanti, 2018) dengan pH berkisar 5-5.5 (Dela Vega *et al.*, 2021). Kadar EC yang tinggi akan mengakibatkan tanaman tidak dapat menyerap unsur hara dengan baik (Nursyahid *et al.*, 2021). Penyiraman secara real time clock (RTC) dengan metode fuzzy logic dapat menghemat penggunaan air irigasi hingga 29% dibandingkan dengan penyiraman secara konvensional (Pradana & Irawati, 2016) (Gambar 4).

Tabel 3. Sensor pH dan EC untuk Budidaya Tanaman Hidroponik

Sensor pH	Sensor EC
	
Sumber : (Singgeta <i>et al.</i> , 2016)	Sumber: (Helmy <i>et al.</i> , 2016)

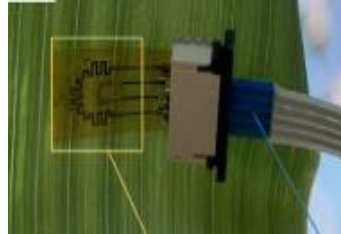


Gambar 4. Skema penyiraman dengan metode fuzzy logic (Khudoyberdiev *et al.*, 2020)

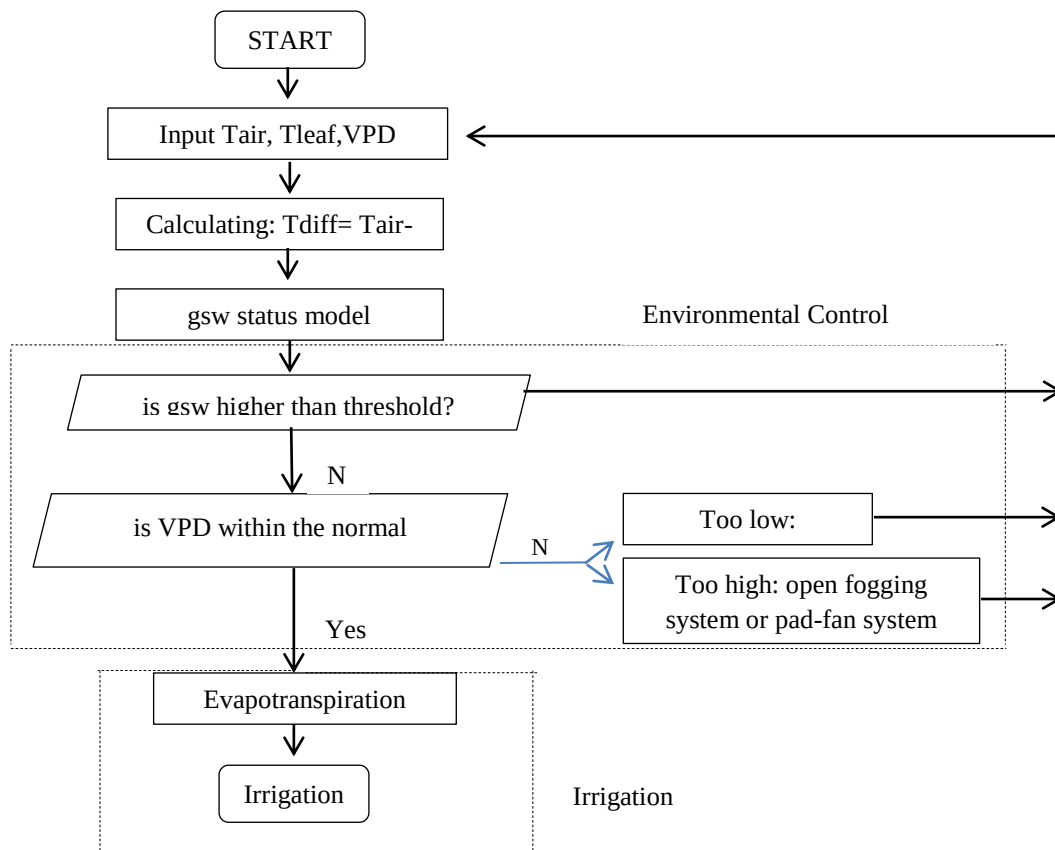
Teknologi Irigasi Pintar Berbasis Internet of Thing

Teknologi sistem irigasi terus berkembang dengan pesat untuk menghasilkan sistem yang lebih canggih. Salah satunya yaitu dengan pemberian air dan nutrisi secara otomatis berdasarkan pendeteksian vapour pressure deficit (VPD) pada tanaman melon (Andaluz *et al.*, 2016; Yin *et al.*, 2021). VPD adalah perbedaan antara tekanan uap jenuh dan tekanan uap aktual berdasarkan kelembaban relatif udara dan suhu. VPD yang tinggi menunjukkan lingkungan pertumbuhan yang kering dikarenakan laju transpirasi melebihi laju translokasi air dari akar ke daun (Noh & Lee, 2022). Sensitifitas tiap bagian tanaman yang disebabkan VPD berbeda-beda setiap fase pertumbuhan. Lingkungan tumbuh dengan nilai VPD

optimal dapat mempercepat pemanjangan daun dan diameter batang (Zhang *et al.*, 2017) sehingga pemberian air berbasis VPD memiliki potensi untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Tanaman Cucurbitaceae nilai VPD dianggap rendah jika nilainya berkisar 1-2 kPa sedangkan VPD tinggi berkisar antara 4-5 kPa (Song *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2017).



Gambar 5. Pemasangan sensor VPD pada daun tanaman (Yin *et al.*, 2021)

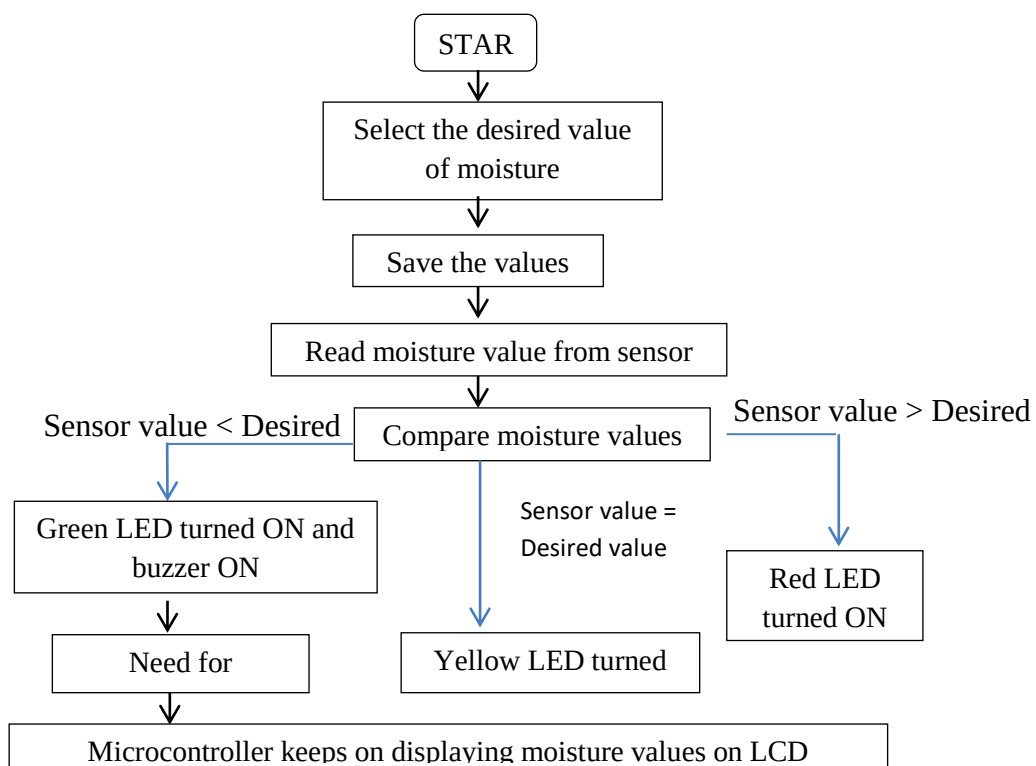


Gambar 6. Flowchart sistem irigasi pintar dengan sensor VPD (Fang *et al.*, 2022)

Salah satu tantangan dalam sistem irigasi pintar berbasis VPD yaitu berkaitan dengan suhu, kelembaban relatif udara dan media. Suhu dan kelembaban memiliki hubungan erat dikarenakan apabila terjadi perubahan suhu maka dapat menyebabkan perubahan kelembaban (Melo *et al.*, 2022). Pertumbuhan dan produksi yang optimal, tanaman melon memerlukan lingkungan dengan suhu antara 25-30°C di siang hari dan 18-20°C pada malam hari (Vescera & Brown, 2016) dengan kelembaban relatif berkisar 65-75% (Frasetya *et al.*, 2018; Melo *et al.*, 2022). Pertumbuhan tanaman melon supaya tumbuh

optimal maka diperlukan kombinasi pengukuran VPD dan kelembaban media supaya lingkungan tumbuh selalu dalam kondisi yang optimal (Ani & Gopalakrishnan, 2020; Vimal *et al.*, 2021). Kelembaban media rendah mengakibatkan tanaman layu sedangkan kelembaban tinggi menunjukkan pertumbuhan kurang optimal (Wang *et al.*, 2016). Kelembaban media cocopeat berkisar 40-50% (Choi *et al.*, 2014). Kelembaban media yang rendah dan VPD rendah dapat mengakibatkan evapotranspirasi rendah sehingga mempengaruhi penyerapan air dan nutrisi (Parkash & Singh, 2020). Solusi untuk mengendalikan hal tersebut, salah satunya dengan cara pemantauan VPD yang berbasis IoT.

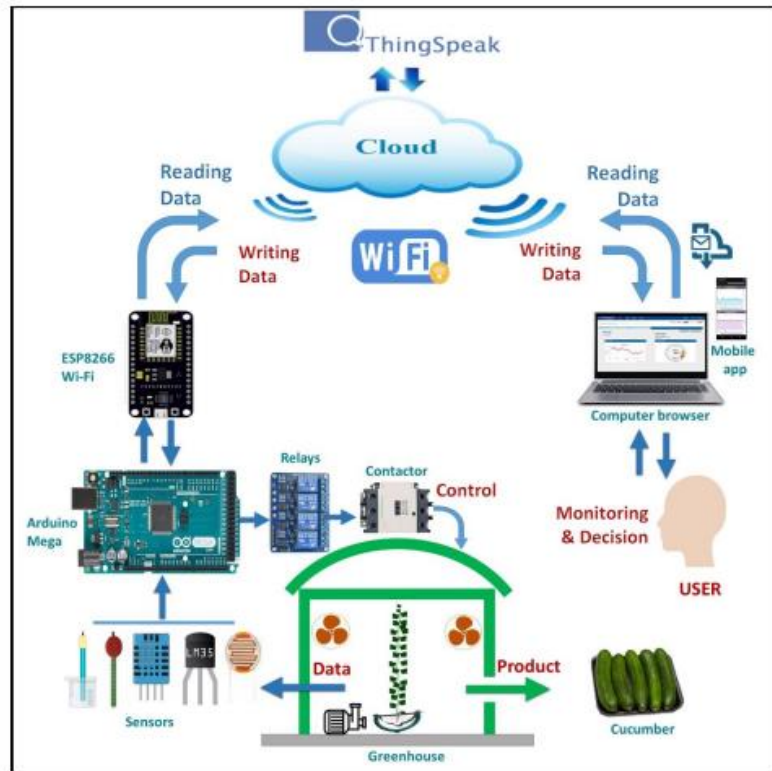
Teknologi irigasi pintar yang banyak digunakan saat ini adalah sistem penyiraman berbasis Internet of Things (IoT) (Thaher & Ishaq, 2020). Sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian tanaman secara real-time, termasuk pengaturan penyiraman air (Shreelakshmi *et al.*, 2018). Selain itu, teknologi IoT juga dimanfaatkan untuk mendeteksi volume air dalam tandon (Kurniawan *et al.*, 2018), memprediksi penyakit tanaman (Dhanaraju *et al.*, 2022), serta mengelola sistem dari jarak jauh melalui internet (Shevale *et al.*, 2018). IoT bekerja dengan mengirimkan data melalui jaringan internet, sehingga proses monitoring dan pengendalian bisa dilakukan kapan saja dan di mana (Bafdal *et al.*, 2022).



Gambar 7. Flowchart sistem irigasi pintar dengan sensor kelembaban (Khanna *et al.*, 2014)

Beberapa sensor IoT yang umum digunakan untuk mengukur VPD (Vapour Pressure Deficit) meliputi sensor suhu, kelembaban udara, dan kelembaban media tanam (Rafique *et al.*, 2021) (Gambar 5). Data yang dikumpulkan secara real-time akan dikirim ke cloud IoT,

lalu sistem akan mengirimkan notifikasi ke aplikasi seluler jika ditemukan ketidaksesuaian data, dan secara otomatis mengaktifkan sensor sesuai kebutuhan (Sagheer *et al.*, 2021). Teknologi ini terbukti mampu menghemat penggunaan air dan nutrisi hingga 90% serta meningkatkan bobot buah hingga sekitar 1,5 kg per buah (Muhaimin *et al.*, 2022; Shwetha *et al.*, 2021). Flowchart dan desain sistem irigasi pintar dapat dilihat pada Gambar 6, 7, dan 8.



Gambar 8. Desain irigasi pintar berbasis IoT (Sagheer *et al.*, 2021)

4. Efisiensi Pemberian Air dan Aspek Lingkungan

Ketersediaan air menjadi masalah bagi lahan pertanian khususnya pada lahan kering yang hanya bergantung pada air hujan. Kondisi ini membuat tanaman mengalami cekaman air sehingga dapat menyebabkan proses pertumbuhan menjadi terganggu (Bachri & Utomo, 2017). Sistem irigasi konvensional biasanya digunakan petani untuk penyiraman air tanpa mempertimbangkan faktor lingkungan (Adenugba *et al.*, 2019). Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka diperlukan sistem irigasi pintar dikarenakan lebih efisien dalam penggunaan air (Rodriguez *et al.*, 2020; Rolbiecki *et al.*, 2021) dan dapat mengurangi kerja untuk perawatan (Sumartono & Sumarni, 2013) serta ramah lingkungan (Falah *et al.*, 2013; Woltering *et al.*, 2011). Penyiraman irigasi berbasis IoT dapat menghemat penggunaan air irigasi dan pengontrolan nutrisi hingga 90% serta dapat meningkatkan kualitas dan bobot buah berkisar 1,5 kg/buah (Shwetha *et al.*, 2021) dibandingkan dengan metode fuzzy logic berkisar 29% (Pradana & Irawati, 2016). Kesalahan dalam pengelolaan sumber daya air dapat berdampak buruk pada budidaya tanaman melon oleh karena itu diperlukan pemantauan dan pengendalian dengan menggunakan sistem irigasi pintar.

IV. KESIMPULAN

Kebutuhan air pada tanaman melon sangat penting untuk meningkatkan produksi tanaman. Kebutuhan air sangat berpengaruh pada tanaman melon mulai dari tahap pertumbuhan vegetatif (264 dan 629 ml/hari/tanaman), generatif (217 dan 250 ml/hari/tanaman) dan pematangan buah (143 dan 170 ml/hari/tanaman). Pemberian air dilakukan dengan teknik-teknik irigasi seperti irigasi Nutrient Film Tehnique (NFT) dan irigasi tetes. Masing-masing teknik tersebut supaya pemberian air lebih optimal, maka perlu adanya teknologi sistem irigasi pintar. Pemberian air dengan sistem ini difokuskan terhadap cara pemberian yang sesuai dengan kebutuhan tanaman, fase fenologis dan kondisi lingkungan sehingga tercapai hasil yang maksimal. Berdasarkan hasil literatur telah dirangkum 2 jenis teknologi sistem irigasi pintar yaitu penyiraman irigasi pintar dengan metode fuzzy logic dan teknologi irigasi pintar berbasis internet of thing. Penyiraman irigasi berbasis IoT dapat menghemat pemberian air hingga 90% dibandingkan dengan metode fuzzy logic berkisar 29%. Adanya sistem irigasi pintar pada melon diharapkan mampu meningkatkan produktivitas tanaman melon khususnya budidaya hidroponik.

V. REFERENSI

- Adenugba, F., Misra, S., Maskeliūnas, R., Damaševičius, R., & Kazanavičius, E. (2019). Smart Irrigation System for Environmental Sustainability in Africa: An Internet of Everything (IoE) Approach. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 16(5), 5490–5503. <https://doi.org/10.3934/mbe.2019273>
- Akhoundnejad, Y., & Dasgan, H. (2019). Effect of Different Irrigation Levels on Physiological Performance of Some Drought Tolerant Melon (*Cucumis melo* L.) Genotypes. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(4), 9997–10012. https://doi.org/10.15666/aeer/1704_999710012
- Al-Mefleh, N. K., Samarah, N., Zaitoun, S., & Al-Ghzawi, A. A. M. (2012). Effect of Irrigation Levels on Fruit Characteristics, Total Fruit Yield and Water use Efficiency of Melon under Drip Irrigation System. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10(2), 540–545.
- Amarasinghe, R. M. N. T., Sakimin, S. Z., Wahab, P. E. M., Ramlee, S., & Jaafar, J. N. (2021). Growth, Physiology and Yield Responses of Four Rock Melon (*Cucumis Melo* Var. *Cantaloupensis*) Cultivars in Elevated Temperature. *Plant Archives*, 21(2), 259–266. <https://doi.org/10.51470/plantarchives.2021.v21.no2.040>
- Andaluz, V. H., Tovar, A. Y., Bedon, K. D., Ortiz, J. S., & Pruna, E. (2016). Automatic Control of Drip Irrigation on Hydroponic Agriculture: Daniela Tomato Production. *2016 IEEE International Conference on Automatica, ICA-ACCA 2016*, 22, 27–32. <https://doi.org/10.1109/ICA-ACCA.2016.7778389>
- Ani, A., & Gopalakrishnan, P. (2020). Automated Hydroponic Drip Irrigation Using Big Data. *Proceedings of the 2nd International Conference on Inventive Research in Computing Applications, ICIRCA 2020*, 370–375. <https://doi.org/10.1109/ICIRCA48905.2020.9182908>
- Asaduzzaman, M., Saifullah, M., Mollick, A. K. M. S. R., Hossain, M. M., Halim, G. M.

- A., & Asao, T. (2015). Influence of Soilless Culture Substrate on Improvement of Yield and Produce Quality of Horticultural Crops. In *Soilless Culture - Use of Substrates for the Production of Quality Horticultural Crops*. <https://doi.org/10.5772/59708>
- Atzori, G., Pane, C., Zaccardelli, M., Cacini, S., & Massa, D. (2021). The Role of Peat-free Organic Substrates in the Sustainable Management of Soilless Cultivations. *Agronomy*, 11(6), 1–29. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061236>
- Bachri, A., & Utomo, E. W. (2017). Prototipe Penyiram Tanaman Otomatis Dengan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Atmega 328. *JE-Unisla*, 2(1). <https://doi.org/10.30736/JE.V2I1.33>
- Bafdal, N., Ardiansah, I., & Asmara, S. (2022). Application of Internet of Things (IoT) on Microclimate Monitoring System in The ALG Unpad Greenhouse Based on Raspberry Pi. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 11(3), 518. <https://doi.org/10.23960/jtep-l.v11i3.518-530>
- Banitalebi, G., Mosaddeghi, M. R., & Shariatmadari, H. (2019). Feasibility of Agricultural Residues and Their Biochars for Plant Growing Media: Physical and Hydraulic Properties. *Waste Management*, 87, 577–589. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.034>
- Chamara, A. H. M. N., Perera, K. C. R., Amarasinghe, R., & Nandika, W. S. D. (2012). Development of a Sensor Based Self Powered Smart Control System for Agricultural Irrigation Systems. *Journal of Food and Agriculture*, 5(1–2), 30. <https://doi.org/10.4038/jfa.v5i1-2.5180>
- Choi, E. Y., Seo, S. K., Choi, K. Y., & Lee, Y. B. (2014). Development of a Non-Drainage Hydroponic System with a Coconut Coir Substrate by a Frequency Domain Reflectometry Sensor for Tomato Cultivation. *Journal of Plant Nutrition*, 37(5), 748–764. <https://doi.org/10.1080/01904167.2013.868479>
- Christy, J., Putri, L. A. P., & Hanafiah, D. S. (2018). A Study of Hydroponic Melon Cultivations With Several Substrate Media and Varieties. *Journal of Community Research and Service*, 1(2), 92. <https://doi.org/10.24114/jcrs.v1i2.9343>
- Conn, S. J., Hocking, B., Dayod, M., Xu, B., Athman, A., Henderson, S., Aukett, L., Conn, V., Shearer, M. K., Fuentes, S., Tyerman, S. D., & Gilliam, M. (2013). Protocol: Optimising Hydroponic Growth Systems for Nutritional and Physiological Analysis of Arabidopsis Thaliana and Other Plants. *Plant Methods*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/1746-4811-9-4>
- Cui-hua, H., Xian, X., Quan-Gang, Y., Li, Z., & Jun, L. (2016). Effects of Irrigation Frequency on Yield and Quality of Melon Under Field Conditions in Minqin Oasis. *International Research Journal of Public and Environmental Health*, 3(12), 293–299. <http://dx.doi.org/10.15739/irjpeh.16.036>
- Da Silva Dias, N., de Moraes, P. L. D., Sarmiento, J. D. A., de Sousa Neto, O. N., Palácio, V. S., & de Freitas, J. J. R. (2018). Nutrient Solution Salinity Effect of Greenhouse Melon (*Cucumis melon* L. Cv. Néctar). *Acta Agronomica*, 67(4), 517–524. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n4.60023>
- Dela Vega, J. A., Gonzaga, J. A., & Gan Lim, L. A. (2021). Fuzzy-based Automated Nutrient Solution Control for a Hydroponic Tower System. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1109(1), 012064. <https://doi.org/10.1088/1757->

899x/1109/1/012064

- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. *Agriculture*, 12(10), 1745. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
- El-Obeid, A. K., & El-Shaabani, E. M. H. (2021). Surface, Subsurface Drip and Nano-Oozing Irrigation Effects on Some Physical Characteristics of Tillage and Untilled Soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 761(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/761/1/012012>
- El-Wanis, M. M. A., Abdel-Baky, M. M. ., & Salman, S. R. (2018). Studies on Water use Efficiency of Grafted and Non-grafted Melon Plants Grown under Two Soilless Culture System. *Journal of Agricultural Technology*, 96(4), 1437–1456.
- Fabeiro, C., Martín de Santa Olalla, F., & De Juan, J. A. (2002). Production of Muskmelon (*Cucumis melo* L.) Under Controlled Deficit Irrigation in a Semi-arid Climate. *Agricultural Water Management*, 54(2), 93–105. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(01\)00151-2](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(01)00151-2)
- Falah, M. A. F., Khuriyati, N., Nurulfatia, R., & Dewi, K. (2013). Controlled Environment with Artificial Lighting for Hydroponics Production Systems. *Journal of Agricultural Technology*, 9(4), 769–777.
- Fang, S.-L., Chang, T.-J., Tu, Y.-K., Chen, H.-W., Yao, M.-H., & Kuo, B.-J. (2022). Plant-Response-Based Control Strategy for Irrigation and Environmental Controls for Greenhouse Tomato Seedling Cultivation. *Agriculture (Switzerland)*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/agriculture12050633>
- Fatahian, V., Halim, R. A., Ahmad, I., Chua, K., Teh, C. B. S., & Awang, Y. (2013). Melon Production using four Hydroponic Systems. *Acta Horticulturae*, 1004(July 2018), 85–92. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1004.8>
- Frasetya, B., Nurfatha, N., Harisman, K., & Subandi, M. (2018). Growth and Yield of Hydroponic Watermelon with Straw Compost Substrate and Gibereline (GA3) Application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 434(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/434/1/012111>
- Ghehsareh, A. M., Borji, H., & Jafarpour, M. (2019). Effect of Some Culture Substrates (date-palm peat, cocopeat and perlite) on Some Growing Indices and Nutrient Elements Uptake in Greenhouse Tomato. *African Journal of Microbiology Research*, 13(2), 1–6. <https://doi.org/10.5897/ajmr10.786>
- Ghehsareh, A. M., Samadi, N., & Borji, H. (2011). Comparison of Date-palm Wastes and Perlite as Growth Substrates on Some Tomato Growing Indexes. *African Journal of Biotechnology*, 10(24), 4871–4878. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2106>
- Hasbi. (2020). Kelayakan Tekno-Ekonomi Sistem Irigasi Curah, Tetes dan Kendi Pada Budidaya Tanaman Melon (*Cucumis melo* L). *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 20(1), 1–8.
- Helmy, Nursyahid, A., Setyawan, T. A., & Hasan, A. (2016). Nutrient Film Technique (NFT) Hydroponic Monitoring System. *Journal of Applied Information and Communication Technologies (JAICT)*, 1(1), 1–6.
- Hilmi, M. A. Al, Sumarudin, A., & Putra, W. P. (2020). One-Time-Password (Otp) dengan Modifikasi Vigenere Chipper dan Perangkat USB Berbasis Microcontroller, Sensor

- Fingerprint, dan Real Time Clock (RTC) untuk Autentikasi Pengguna Pada Akses Aplikasi Web. *Cyber Security Dan Forensik Digital*, 3(2), 6–11. <https://doi.org/10.14421/csecurity.2020.3.2.2082>
- Ibrahim, M. N. R., Solahudin, M., & Widodo, S. (2015). Control System for Nutrient Solution of Nutrient Film Technique using Fuzzy Logic. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 13(4), 1281–1288. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v13i4.2113>
- Jarwar, A. H., Wang, X., Wang, L., Zhanshuai, L., Zhaoyang, Q., Mangi, N., Pengjia, B., Ma, Q., & Shuli, F. (2019). Performance and Evaluation of Drip Irrigation System, and Its Future Advantages. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 4(1), 27–41. <https://doi.org/10.7176/jbah/9-9-04>
- Jeenprasom, P., Chulaka, P., Kaewson, P., & Chunhawodtiporn, J. (2019). Effects of Relative Humidity and Growing Medium Moisture on Growth and Fruit Quality of Melon (*Cucumis melo* L.). *International Forum on Horticultural Product Quality*, 1245, 35–39. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1245.5>
- Jett, L. W. (2006). *High Tunnel Melon and Watermelon Production*. Department of Horticulture University of Missouri Columbia,
- Kalaivani, K., & Jawaharlal, M. (2019). Study on Physical Characterization of Coco peat with Different Proportions of Organic Amendments for Soilless Cultivation. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(3), 2283--2286.
- Khanna, N., Singh, G., Jain, D., & Kaur, M. (2014). Design and Development of Soil Moisture Sensor and Response Monitoring System. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 3(6), 142–145. <https://doi.org/10.35940/ijitee.d8438.021042>
- Khudoyberdiev, A., Ahmad, S., Ullah, I., & Kim, D. (2020). An Optimization Scheme Based on Fuzzy Logic Control for Efficient Energy Consumption in Hydroponics Environment. *Energies*, 13(2), 1–27. <https://doi.org/10.3390/en13020289>
- Kumari, G. M., & Devi, D. V. V. (2013). Real-Time Automation and Monitoring System for Modernized Agriculture. *International Journal of Review and Research in Applied Sciences and Engineering*, 3(1), 7–12. <http://www.ijcns.com/pdf/ijrras2.pdf>
- Kurniawan, D., Yaddarabullah, & Suprayitno, G. (2018). Implementasi Internet of Things pada Sistem Irigasi Tetes dalam Membantu Pemanfaatan Urban Farming. *Prosiding University Research Colloquium*, 106–117. https://www.researchgate.net/publication/325681461_Implementasi_Internet_of_Things_pada_Sistem_Irigasi_Tetes_dalam_Membantu_Pemanfaatan_Urban_Farming?_sg=Co4DL1P_L4xMGz7aeuFeZB_X_iGTB9rCM8Qie3Zju19mLF8Pz_vVi2-IAp3tJGku8age-3hmgTk4EWb2kHCQa6_Ex8q2B2qRy8_-u
- Li, J., Chen, L., Li, Y., & Liu, Y. (2008). Field Evaluation of Emitter Clogging in Subsurface Drip Irrigation Systems. *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2008, ASABE 2008*, 1, 1–12. <https://doi.org/10.13031/2013.24588>
- Li, Y.-J., Yuan, B. Z., Bie, Z. L., & Kang, Y. (2012). Effect of Drip Irrigation Criteria on Yield and Quality of Muskmelon Grown in Greenhouse Conditions. *Agricultural Water Management*, 109, 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.02.003>

- Li, Y., Niu, W., Cao, X., Zhang, M., Wang, J., & Zhang, Z. (2020). Growth Response of Greenhouse-Produced Muskmelon and Tomato to Sub-surface Drip Irrigation and Soil Aeration Management Factors. *BMC Plant Biology*, 20(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02346-y>
- Lopez-Pozos, R., Martinez-Gutierrez, G. A., & Perez-Pacheco, R. (2011). The Effects of Slope and Channel Nutrient Solution Gap Number on The Yield of Tomato Crops by a Nutrient Film Technique System under a Warm Climate. *HortScience*, 46(5), 727–729. <https://doi.org/10.21273/hortsci.46.5.727>
- Lozano, C. S., Rezende, R., De Freitas, P. S. L., Hachmann, T. L., Santos, F. A. S., & Andrian, A. F. B. A. (2017). Estimation of Evapotranspiration and Crop Coefficient of Melon Cultivated in Protected Environment. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(11), 758–762. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n11p758-762>
- Manuhara, Y. S. W., Novi Kristanti, A., Sugiharto, S., Sugiarto, R. D., Kartjito Putro, Y., & Wal Yudha, A. (2022). Empowerment of Youth Community in Poso Regency, Through Produce Tomato and Melon by Hydroponic System. *Darmabakti Cendekia: Journal of Community Service and Engagements*, 4(1), 8–15. <https://doi.org/10.20473/dc.v4.i1.2022.8-15>
- Martinez-Mate, M. A., Martin-Gorriz, B., Martínez-Alvarez, V., Soto-García, M., & Maestre-Valero, J. F. (2018). Hydroponic System and Desalinated Seawater as an Alternative Farm-productive Proposal in Water Scarcity Areas: Energy and Greenhouse Gas Emissions Analysis of Lettuce Production in Southeast Spain. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1298–1310. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.275>
- Martyn, R. D. (2002). Monosporascus Root Rot and Vine Decline of Melons (MRR/VD). Also referred to as sudden wilt, sudden death, melon collapse, Monosporascus wilt, and black pepper root rot. *The Plant Health Instructor*, February, 1-11. Doi:10.1094/PHI-I-2002-0612-01. <https://doi.org/10.1094/phi-i-2002-0612-01>
- Mashumah, S., Rivai, M., & Irfansyah, A. N. (2018). Nutrient Film Technique based Hydroponic System Using Fuzzy Logic Control. *Proceeding - 2018 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application, ISITIA 2018, May 2019*, 387–390. <https://doi.org/10.1109/ISITIA.2018.8711201>
- Melo, T. K. De, Sobrinho, J. E., Medeiros, J. F. De, & Figueiredo, V. B. (2022). Future Emission Scenario Effects on Melon Cultivars (*Cucumis melo* L .) in the Brazilian Semi-Arid Region. *Agronomy Journal*, 12(11), 1–12.
- Monteiro, R. O. C., Coelho, R. D., Monteiro, P. F. C., Whopmans, J., & Lennartz, B. (2013). Water Consumption and Soil Moisture Distribution in Melon Crop With Mulching and in a Protected Environment. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35(2), 555–564. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000200026>
- Moyano, F. E., Manzoni, S., & Chenu, C. (2013). Responses of Soil Heterotrophic Respiration to Moisture Availability: An Exploration of Processes and Models. *Soil Biology and Biochemistry*, 59, 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.01.002>
- Muhaimin, M. Y., Rahma Annisa, A., & Montolalu, B. (2022). Rancang Bangun Smart System Green House untuk Budidaya Melon Berbasis PLC. *Journal of Technology and Informatics (JoTI)*, 4(1), 26–30. <https://doi.org/10.37802/joti.v4i1.260>

- Nguyen, N. T., McInturf, S. A., & Mendoza-Cózatl, D. G. (2016). Hydroponics: A Versatile System to Study Nutrient Allocation and Plant Responses to Nutrient Availability and Exposure to Toxic Elements. *Journal of Visualized Experiments*, 113(e54317), 1–9. <https://doi.org/10.3791/54317>
- Nisha, S. K., Sreelathakumary, I., & Vijeth, S. (2020). Effect of Fertigation and Drip Irrigation on Yield and Quality of Watermelon [*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai]. *Journal of Applied Horticulture*, 22(1), 67–70. <https://doi.org/10.37855/jah.2020.v22i01.13>
- Noh, H., & Lee, J. (2022). The Effect of Vapor Pressure Deficit Regulation on the Growth of Tomato Plants Grown in Different Planting Environments. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/app12073667>
- Nora, S., Yahya, M., Mariana, M., Herawaty, H., & Ramadhani, E. (2020). Teknik Budidaya Melon Hidroponik dengan Sistem Irigasi Tetes (Drip Irrigation). *Agrium*, 23(1), 21–26. <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/agrium/article/view/5654>
- Nursyahid, A., Helmy, H., Karimah, A. I., & Setiawan, T. A. (2021). Nutrient Film Technique (NFT) Hydroponic Nutrition Controlling System using Linear Regression Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1108(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1108/1/012033>
- Nut, N., Phou, K., Mihara, M., Nut, S., & Sor, S. (2019). Effects of Drip Irrigation Frequency on Growth and Yield of Melon (*Cucumis melo* L.) Under Net-house's Conditions. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 10(1), 146–152.
- Nut, N., Seng, S., & Mihara, M. (2017). Effect of Drip-Fertigation Intervals and Hand-Watering on Tomato Growth and Yield. *International Journal of Environmental and Rural Development*, 8(1), 1–6.
- Parkash, V., & Singh, S. (2020). A Review on Potential Plant-Based Water Stress Indicators for Vegetable Crops. *Sustainability (Switzerland)*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/SU1210394>
- Patil, D. V., Bhagat, K. P., & Saha, S. (2014). Effect of Water Stress at Critical Growth Stages in Drip Irrigated Muskmelon (*Cucumis melo* L.) of Semi-Arid Region of Western Maharashtra, India. *Plant Archives*, 14(1), 161–169.
- Pradana, R., & Irawati, R. (2016). Metode Fuzzy Logic dalam Konsep Irigasi Air Dengan Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Telematika Mkom*, 8(2), 107–113.
- Puno, J. C. V., Haban, J. J. I., Alejandrino, J. D., Bandala, A. A., & Dadios, E. P. (2020). Design of a Nutrient Film Technique Hydroponics System with Fuzzy Logic Control. *IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON*, 403–408. <https://doi.org/10.1109/TENCON50793.2020.9293749>
- Radhouani, A., El Bekkay, M., & Ferchichi, A. (2011). Effect of Substrate on Vegetative Growth, Quantitative and Qualitative Production of Muskmelon (*Cucumis melo*) Conducted in Soilless Culture. *African Journal of Agricultural Research*, 6(3), 578–585.
- Rafique, M. A. Z. M., Tay, F. S., & Then, Y. L. (2021). Design and Development of Smart Irrigation and Water Management System for Conventional Farming. *Journal of Physics: Conference Series*, 1844(1), 2–9. <https://doi.org/10.1088/1742->

6596/1844/1/012009

- Reddy, K. C. K., & Venkatrao, P. (2013). Real Time Field Monitoring and Controlling System. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 2(4), 2277–3878.
- Riyanto, D., Winardi, Y., & Muhsin, M. (2021). Development of Agricultural Irrigation Pump Using Solar Electric Energy in Duri Village, Slahung, Ponorogo (in Indonesian). *Agrokreatif*, 7(2), 162–167.
- Roberts, P., Dufault, N., Hochmuth, R., Vallad, G., & Paret, M. (2019). Fusarium Wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*) of Watermelon. *Ifas Extension*, PP352 EDIS(5), 1-4.
- Rodriguez, R. D. L. R., Herreza, A. L., Tellez, L. I. T., Bernal, L. E. P., Sanchez, L. O. S., & Rodriguez, J. M. O. (2020). Water and Fertilizer Use Efficiency in Two Hydroponic System for Tomato Production. *Horticultura Brasileira*, 38(1), 47–52.
- Roidah, I. S. (2014). Pemanfaatan Lahan dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal Univeritas Tulungagung Bonorowo*, 1(2), 43–50.
- Rolbiecki, R., Rolbiecki, S., Figas, A., Jagosz, B., Wichrowska, D., Ptach, W., Prus, P., Sadan, H. A., Ferenc, P. F., Stachowski, P., & Liberacki, D. (2021). Effect of Drip Fertigation with Nitrogen on Yield and Nutritive Value of Melon Cultivated on a Very Light Soil. *Agronomy*, 11(5), 1–11. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050934>
- Sagheer, A., Mohammed, M., Riad, K., & Alhajhoj, M. (2021). A Cloud-based IoT Platform for Precision Control of Soilless Greenhouse Cultivation. *Sensors (Switzerland)*, 21(1), 1–29. <https://doi.org/10.3390/s21010223>
- Sakadevan, K., & Nguyen, M.-L. (2015). *Factors Influencing Water Dynamics in Agriculture* (Issue January). https://doi.org/10.1007/978-3-319-21629-4_5
- Saptomo, S. K., Suwarno, W. B., Anggara, H., Wirasembada, C., & Setiawan, B. I. (2019). Performance of Ring Irrigation System for Melon Breeding in a Greenhouse. *International Commission on Irrigation and Drainage*, 1–8.
- Sengul, N., Yildirim, O., Halloran, N., Cavusoglu, S., & Dogan, E. (2014). Yield and Fruit Quality Response of Drip-Irrigated Melon to the Duration of Irrigation Season. *Toprak Su Dergisi*, 3(2), 90–101. <https://doi.org/10.21657/tsd.74315>
- Sesanti, R. N. (2018). Pengaruh Electrical Conductivity (EC) Larutan Nutrisi Hidroponik terhadap Pertumbuhan Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.). *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*, ISBN 978-602-5730-68-9 halaman, 206–211. <https://jurnal.polinela.ac.id/index.php/PROSIDING/article/view/1168>
- Setiawati, R., & Bafdal, N. (2020). Dampak Kualitas Air Tanah Terhadap Kualitas Melon (*Cucumis Melo* L.). *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi Dan Ilmu Pertanian*, 4(2), 83–93. <https://doi.org/10.31289/agr.v4i2.2868>
- Setyaningrum, D. A., Tusi, A., & Triyono, S. (2014). Aplikasi Sistem Irigasi Tetes Pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(2), 127–140.
- Shareef, T. M. E., & Ma, Z. (2019). Essentials of Drip Irrigation System for Saving Water and Nutrients to Plant Roots: As a Guide for Growers. *Journal of Water Resource and Protection*, 11(09), 1129–1145. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2019.119066>

- Sharma, N., Acharya, S., Kumar, K., Singh, N., & Chaurasia, O. P. (2018). Hydroponics As An Advanced Technique for Vegetable Production: An Overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, 17(4), 364. <https://doi.org/10.5958/2455-7145.2018.00056.5>
- Shevale, R., Karad Ndmvps', S., Nashik, K., Ndmvps', A. K., Merchant Ndmvps', M., & Mishra Ndmvps', V. (2018). IoT Based Real Time Water Monitoring System for Smart City. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 3(4), 246–251. www.ijisrt.com
- Shreelakshmi, C. M., Asharani, M., Ambreen, K., & Parvathi, S. J. (2018). Design of a Smart Irrigation Management System Based on IoT. *International Journal of Innovative Research in Technology*, 4(12), 708–710.
- Shwetha, N., Niranjana, L., Gangadhar, D., Jahagirdar, S., Suhas A, R., & Sangeetha, N. (2021). Efficient Usage of Water for Smart Irrigation System using Arduino and Proteus Design Tool. *2nd International Conference on Smart Electronics and Communication, ICOSEC 2021*, 54–61. <https://doi.org/10.1109/ICOSEC51865.2021.9591709>
- Singgeta, R. L., Lin, H.-W., & Chang, Y.-H. (2016). Raspberry Pi based pH Control for Nutrient Film Hydroponic System. *OSF Preprints*, 1(1), 1–6.
- Song, X., Bai, P., Ding, J., & Li, J. (2021). Effect of Vapor Pressure Deficit on Growth and Water Status in Muskmelon and Cucumber. *Plant Science*, 303, 110755. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110755>
- Sonnenberg, D., Ndakidemi, P. A., Okem, A., & Laubscher, C. (2016). Effects of Drip Irrigation on Growth, Physiological Parameters, and Yield in Hydroponically Cultivated Cucumis Sativus. *HortScience*, 51(11), 1412–1416. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11080-16>
- Sonwane, P., & Ghutke, P. (2020). Real-Time Implementation of an Automated Irrigation System for Effective Water Application to Improve Productivities of the Crop in India. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, 101(3), 485–493. <https://doi.org/10.1007/s40030-020-00451-7>
- Sumartono, G., & Sumarni, E. (2013). Pengaruh Suhu Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Kentang Hidroponik di Dataran Medium Tropika Basah. *Agronomika*, 13(1), 1–9.
- Thaher, T., & Ishaq, I. (2020). Cloud-based Internet of Things Approach for Smart Irrigation System: Design and Implementation. *International Conference on Promising Electronic Technologies, ICPET 2020*, 32–37. <https://doi.org/10.1109/ICPET51420.2020.00015>
- Tsang, S. W., & Jim, C. Y. (2016). Applying Artificial Intelligence Modeling to Optimize Green Roof Irrigation. In *Energy and Buildings* (Vol. 127). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.005>
- Tüzel, Y., Gül, A., Tüzel, I. H., & Öztekin, G. B. (2019). Different Soilless Culture Systems and Their Management. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, 73(3), 7–12. <https://doi.org/10.55302/jafes19733007t>
- Velazquez-Gonzalez, R. S., Garcia-Garcia, A. L., Ventura-Zapata, E., Barceinas-Sanchez, J. D. O., & Sosa-Savedra, J. C. (2022). A Review on Hydroponics and the

- Technologies Associated for Medium-and Small-Scale Operations. *Agriculture (Switzerland)*, 12(5), 1–21. <https://doi.org/10.3390/agriculture12050646>
- Vescera, M., & Brown, R. N. (2016). Effects of Three Production Systems on Muskmelon Yield and Quality in New England. *HortScience*, 51(5), 510–517. <https://doi.org/10.21273/hortsci.51.5.510>
- Vimal, S. P., Sathish Kumar, N., Kasiselvanathan, M., & Gurumoorthy, K. B. (2021). Smart Irrigation System in Agriculture. *Journal of Physics: Conference Series*, 1917(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1917/1/012028>
- Wahjunie, E. D., Haridjaja, D., H, S., & Sudarsono. (2018). Pergerakan Air Tanah dengan Karakteristik Pori berbeda dan Pengaruhnya pada Ketersediaan Air bagi Tanaman. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 28(3), 15–26.
- Wang, J., Huang, G., Li, J., Zheng, J., Huang, Q., & Liu, H. (2016). Effect of Soil Moisture-based Furrow Irrigation Scheduling on Melon (*Cucumis melo* L.) Yield and Quality in an Arid Region of Northwest China. *Agricultural Water Management*, 179, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.023>
- Wiangsamut, B., Koolpluksee, M., & Makhonpas, C. (2017). Yield, Fruit Quality, and Growth of 4 Cantaloupe Varieties Grown in Hydroponic System and Drip Irrigation Systems of Substrate and Soil Culture. *International Journal of Agricultural Technology*, 13, 1381–1394.
- Wibisono, V., & Kristyawan, Y. (2021). An Efficient Technique for Automation of The NFT (Nutrient Film Technique) Hydroponic System Using Arduino. *International Journal of Artificial Intelligence & Robotics (IJAIR)*, 3(1), 44–49. <https://doi.org/10.25139/ijair.v3i1.3209>
- Widaryanto, E., Wicaksono, K. P., & Najiyah, H. (2017). Drought Effect Simulation on the Growth and Yield Quality of Melon (*Cucumis melo* l.). *Journal of Agronomy*, 16(4), 147–153. <https://doi.org/10.3923/ja.2017.147.153>
- Woltering, L., Ibrahim, A., Pasternak, D., & Ndjeunga, J. (2011). The Economics of Low Pressure Drip Irrigation and Hand Watering for Vegetable Production in the Sahel. *Agricultural Water Management*, 99(1), 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.07.017>
- Xiong, J., Tian, Y., Wang, J., Liu, W., & Chen, Q. (2017). Comparison of Coconut Coir, Rockwool, and Peat Cultivations for Tomato Production: Nutrient Balance, Plant Growth and Fruit Quality. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01327>
- Yavuz, D., Seymen, M., Yavuz, N., Çoklar, H., & Ercan, M. (2021). Effects of Water Stress Applied at Various Phenological Stages on Yield, Quality, and Water Use Efficiency of Melon. *Agricultural Water Management*, 246, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106673>
- Yildirim, O., Halloran, N., Çavuşoğlu, Ş., & Şengül, N. (2009). Effects of Different Irrigation Programs on the Growth, Yield, and Fruit Quality of Drip-Irrigated Melon. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(3), 243–255. <https://doi.org/10.3906/tar-0806-19>
- Yin, S., Ibrahim, H., Schnable, P. S., Castellano, M. J., & Dong, L. (2021). A Field-Deployable, Wearable Leaf Sensor for Continuous Monitoring of Vapor-Pressure

-
- Deficit. *Advanced Materials Technologies*, 6(6), 1–9. <https://doi.org/10.1002/admt.202001246>
- Yolanda, D., Hindersah, H., Hadiatna, F., & Triawan, M. A. (2017). Implementation of Real-time Fuzzy Logic Control for NFT-based Hydroponic System on Internet of Things Environment. *Proceedings of the 2016 6th International Conference on System Engineering and Technology, ICSET 2016*, 153–159. <https://doi.org/10.1109/FIT.2016.7857556>
- Zeng, C. Z., Bie, Z. L., & Yuan, B. Z. (2009). Determination of Optimum Irrigation Water Amount for Drip-irrigated Muskmelon (*Cucumis melo* L.) in Plastic Greenhouse. *Agricultural Water Management*, 96(4), 595–602. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.09.019>
- Zhang, D., Du, Q., Zhang, Z., Jiao, X., Song, X., & Li, J. (2017). Vapour Pressure Deficit Control in Relation to Water Transport and Water Productivity in Greenhouse Tomato Production During Summer. *Scientific Reports*, 7(January), 1–11. <https://doi.org/10.1038/srep43461>
- Zhang, J., & You, C. (2013). Water Holding Capacity and Absorption Properties of Wood Chars. *Energy and Fuels*, 27(5), 2643–2648. <https://doi.org/10.1021/ef4000769>