

OPTIMASI PEMBERIAN AIR IRIGASI TANAMAN MELON (*Cucumis Melo* L.) PADA SISTEM POCKET FERTIGATION DENGAN ALGORITMA GENETIKA

OPTIMIZING IRRIGATION WATER OF MELON (*Cucumis Melo* L.) WITH POCKET FERTIGATION BY GENETIC ALGORITHM

Abdul Malik¹⁾ Chusnul Arif^{2)*}

¹⁾Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University
Gedung Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus IPB, Dramaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

*Correspondent email: chusnul_arif@apps.ipb.ac.id

Diterima: 06 November 2022; Direvisi: 08 April 2023; Disetujui: 08 Mei 2023

ABSTRACT

Irrigating and fertilizing (known as fertigating) should be applied more effectively and efficiently. Pocket fertigation technology as an alternative fertigation was developed to achieve those purposes. The main challenge applied to the technology is to determine the optimum irrigation water. The objective of the study is to optimize irrigation water of the pocket fertigation, particularly in determining the optimal soil moisture during the growth stage by genetic algorithms. The method was developed based on one planting season of melon (*Cucumis Melo* L) cultivation under two different emitter of pocket fertigation with two different water irrigation regimes as well as the control. The treatments were pocket fertigation with textile layer emitter and wet irrigation (PK-H), textile layer emitter and dry irrigation (PK-L), emitter without layer and wet irrigation (PT-H), emitter without layer and wet irrigation (PT-L), and control with wet irrigation (PC-H) and dry irrigation (PC-L), respectively. The genetic algorithms model was developed with the objective function to achieve optimum fruit fresh weight and sweetness level. As the results, the optimum soil moisture is 0.34; 0.32; 0.31; 0.30; 0.26; 0.30; and 0.29 m³/m³ for every 9 days during the planting period. This value is thought to produce optimum fruit with a weight of 1115 g, a sweetness value of 8.6 brix, and increased water productivity of 27-46%. In addition, the pocket fertigation increased water productivity by 14,17% compared to without the pocket fertigation.

Keywords: irrigation water, genetic algorithm, pocket fertigation, water productivity.

ABSTRAK

Irigasi dan pemupukan (atau dikenal dengan fertigasi) perlu dilakukan lebih efektif dan efisien. Pocket fertigation merupakan teknologi alternatif yang dikembangkan dalam upaya mencapai hal tersebut. Tantangan utama dalam penerapan teknologi tersebut adalah penentuan pemberian air irigasi yang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pemberian air irigasi yang optimal pada pocket fertigation yang direpresentasikan dengan nilai kelembapan tanah optimal selama periode tanam dengan menggunakan Algoritma Genetika. Untuk mencapai tujuan tersebut, uji coba satu musim tanam dilakukan pada budidaya melon (*Cucumis melo* L) dengan dua desain emitter pocket fertigation, dua sistem irigasi dengan perlakuan kontrol. Secara detail perlakuan tersebut adalah pocket fertigation dengan penggunaan kain tekstil pelapis emitter dan irigasi basah (PK-H), dengan irigasi kering (PK-L), emitter tanpa kain dengan irigasi basah (PT-H), dan irigasi kering (PT-L) dan dua perlakuan kontrol tanpa emitter dengan irigasi basah (PC-H), dan irigasi kering (PC-L). Model optimasi algoritma genetika memiliki fungsi tujuan untuk mencapai bobot buah dan kemanisan optimum. Hasil optimasi menunjukkan nilai kelembapan tanah optimal sebesar 0,34; 0,32; 0,31; 0,30; 0,26; 0,30; dan 0,29 m³/ m³ pada setiap 9 harian selama periode musim tanam. Dengan kondisi Kelembapan optimal tersebut, hasil panen buah yang diproduksi memiliki bobot 1115 g, nilai kemanisan 8,6 brix dan peningkatan produktivitas air sebesar 27-46%. Pocket fertigation meningkatkan produktivitas air sebesar 14,71% dibandingkan tanpa pocket fertigation.

Kata Kunci: algoritma genetika, pemberian air irigasi, pocket fertigation, produktivitas air

PENDAHULUAN

Tanaman melon (*Cucumis melo* L.) merupakan komoditas pertanian dengan nilai ekonomi yang tinggi. Data pada 2020 menunjukkan produksi buah melon di Indonesia mencapai 138.177 ton (Badan Pusat Statistika, 2020), tetapi menurun menjadi 129.147 ton pada tahun 2021 (Badan Pusat Statistika, 2021). Padahal tanaman melon memiliki potensi pasar domestik maupun pasar internasional yang tinggi dengan tingkat konsumsi domestik berkisar antara 0,42-0,52 kg/kapita per tahunnya (Andarani, 2020). Untuk itu perlu upaya peningkatan produksi melon.

Dalam budidaya melon, air dan nutrisi merupakan bagian dari aspek penting. Nitrogen, fosfor dan kalium merupakan nutrisi yang paling dibutuhkan pada tanaman melon. Pemberian air irigasi yang efisien tidak menurunkan produksi tanaman melon, akan tetapi justru dapat meningkatkan efektifitas penggunaan air (Sulistiyono & Riyanti, 2016). Efisiensi pemberian air irigasi berpengaruh positif terhadap produksi melon (Anggara *et al.*, 2020). Pemberian air irigasi dan nutrisi secara bersamaan umumnya dikenal sebagai fertigasi.

Beberapa teknologi irigasi yang dikenal efektif dan efisien adalah irigasi bawah permukaan seperti irigasi tetes. Sistem irigasi ini dapat mengurangi kehilangan air yang umumnya akibat dari evaporasi, infiltrasi, dan kebocoran pada saluran irigasi (Darajat *et al.*, 2017). Akan tetapi, penggunaan irigasi tetes banyak terkendala khususnya biaya investasi yang cukup tinggi. Teknologi alternatif yang lebih murah adalah *pocket fertigation* yang merupakan sistem irigasi bawah permukaan dengan menggunakan selang melingkar yang terpasang pada daerah perakaran dilengkapi dengan *pocket* (kantong). Studi awal tentang studi ini telah dikembangkan sebelumnya (Arif *et al.*, 2022). Teknologi ini merupakan pengembangan dari sistem irigasi emitter cincin (Reskiana *et al.*, 2015) dimana emitter dibuat melingkar agar air irigasi disebar terpusat di sekitar daerah perakaran (Sumarsono, 2018). Irigasi di bawah permukaan dapat mencegah kehilangan air pada saluran karena air dialirkan langsung menuju akar tanaman di bawah permukaan tanah. Selain itu, irigasi di bawah dapat mengoptimalkan produktivitas tanaman (Nora *et*

al., 2020). Peningkatan efisiensi pemberian air irigasi sangat penting khususnya untuk daerah kering yang terbatas sumberdaya airnya.

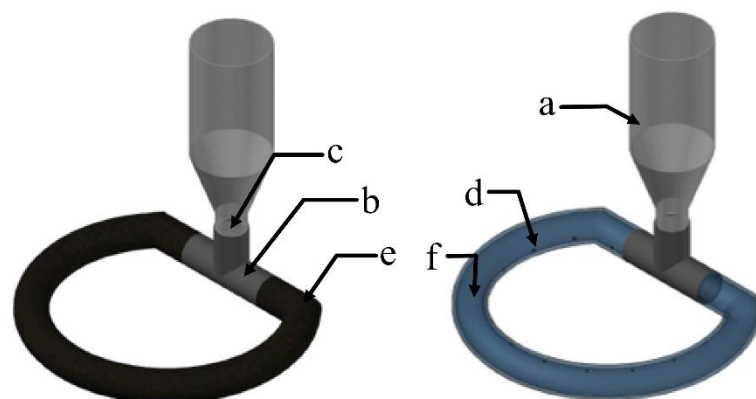
Dalam pengembangan *pocket fertigation* masih terkendala dengan penentuan pemberian air irigasi yang optimal. Sayangnya tidak mudah untuk melakukan optimasi dalam sistem produksi pertanian karena kompleksitas hubungan antara parameter. Metode Algoritma Genetika merupakan metode optimasi yang tepat digunakan. Hal ini karena metode ini telah banyak digunakan dalam optimasi pengelolaan sumberdaya air, termasuk untuk optimasi pola operasi tampungan embung (Sardono *et al.*, 2018), pola operasi waduk (Rachmawati *et al.*, 2021) dan sistem irigasi budidaya padi alternatif (Arif *et al.*, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk 1) menentukan pemberian air irigasi optimum khususnya nilai Kelembapan tanah pada budidaya melon dengan *pocket fertigation* menggunakan Algoritma Genetika, dan 2) membandingkan hasilnya dengan eksperimen di lapangan dalam hal produktivitas lahan dan air.

METODOLOGI

Pengambilan Data Lapangan

Pengambilan data lapangan dilakukan pada bulan Agustus sampai November 2021 di Kebun Percobaan Kinjiro Farm, Gunung Batu, Bogor, Jawa Barat yang terletak pada posisi 6°35'35.5"LS dan 106°46'17.8"BT di dalam *greenhouse*. Pemilihan lokasi ini karena memiliki akses sumber air yang layak untuk pemberian air irigasi dengan beragam skenario dan perlakuan.

Alat *pocket fertigation* dirancang menjadi dua bagian, bagian *pocket* (kantong) dan bagian emitter (**Gambar 1**). *Pocket* digunakan untuk menyimpan nutrisi sedangkan emitter berguna untuk mengalirkan air irigasi ke sekitar daerah perakaran. Alat *pocket* diletakkan di dalam media tanam mendekati daerah perakaran dengan kedalaman 5 cm di bawah permukaan tanah. *Pocket* ini murah dan mudah dibuat oleh petani. Terbuat dari botol plastik bekas ukuran 1,5 liter yang ditempelkan dengan sambungan pipa T menggunakan lem (**Gambar 1a**). Sambungan pipa T menghubungkan *pocket* dengan emitter (**Gambar 1b**). Pada ujung *pocket* saringan dipasang untuk menghindari kotoran masuk kedalam emitter (**Gambar 1c**).



Gambar 1 Pocket Fertigation (a) Kantung, (b) Sambungan Pipa T, (c) Jaring, (d) Lubang *output*, (e) Emiter yang diselimuti Kain Tekstil (PK), dan (f) Emiter Tanpa kain (PT)

Sedangkan emiter dibuat semi melingkar. Terdapat lubang-lubang di sepanjang emiter sebagai *outlet* air irigasi (**Gambar 1d**). Pada penelitian ini emiter dibuat menjadi 2 jenis rancangan, emiter yang diselimuti kain tekstil (PK) (**Gambar 1e**) dan emiter tanpa selimut kain (PT) (**Gambar 1f**) sebagaimana yang telah dikembangkan sebelumnya (Arif *et al.*, 2022). Lebar dan panjang emiter sebesar 25 cm dan 30 cm dengan emiter berbentuk mendekati oval. *Pocket* memiliki diameter bukaan sebesar 9 cm dan tinggi 25 cm. Pada emiter dibuat lubang *output* tiap jarak 5 cm. didapatkan lubang *output* sebanyak 14 lubang

Pocket fertigation diaplikasikan pada pot yang memiliki diameter atas 50 cm, diameter bawah 30 cm, dan tinggi 38 cm. Di dalam pot diletakkan tanah sampai jarak antara permukaan tanah dan permukaan pot sebesar 10 cm. Diameter atas tanah sebesar 39,5 cm. Tanah yang digunakan sebagai media tanam diuji di laboratorium Balai Penelitian Tanah, Bogor. Hasil pengujian karakteristik tanah disajikan pada **Tabel 1**. Tanah yang digunakan memiliki bobot jenis 1,92 g/cm³ dan nilai kepadatan tanah 0,77 g/cm³. Kadar organik yang dimiliki sebesar 9,89% dengan kadar karbon (c-organik) sebesar 5,73%. Jenis tekstur berdasarkan klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*) adalah lempung debu dengan komposisi pasir 17%, debu 59%, dan liat 24%. Tingkat permeabilitas yang dimiliki sebesar 5,18 cm/jam, tergolong lambat-sedang (Suripin, 1960).

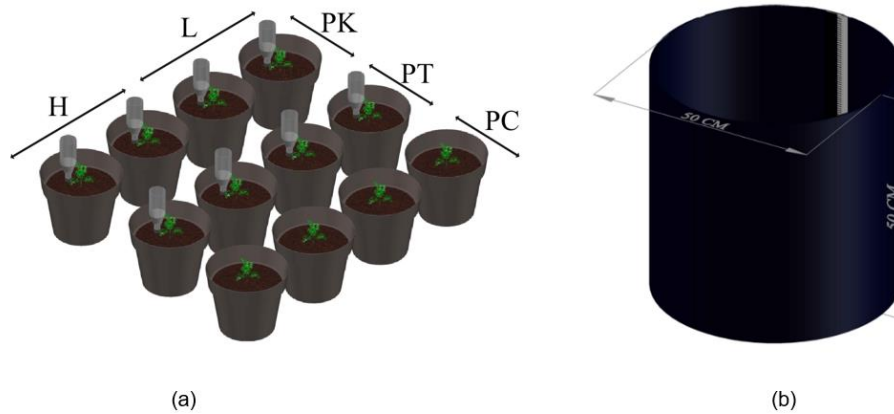
Model optimasi dikembangkan berdasarkan hasil pengamatan selama satu musim tanam yang berlangsung 63 hari dihitung sejak bibit tanaman diletakkan pada media tanam. Penanaman dilakukan pada 12 media dan dibagi menjadi 6

skenario perlakuan yang merupakan kombinasi desain *pocket fertigation* dan sistem irigasi. Secara detail perlakuan tersebut adalah *pocket fertigation* dengan penggunaan kain tekstil pelapis emiter dan irigasi basah (PK-H), dengan irigasi kering (PK-L), emiter tanpa kain dengan irigasi basah (PT-H), dan irigasi kering (PT-L) dan dua perlakuan kontrol tanpa emiter dengan irigasi basah (PC-H), dan irigasi kering (PC-L) (**Gambar 2a**). Perbedaan irigasi basah dan kering berdasarkan besarnya evaporasi muka air yang diukur menggunakan tangki dengan tinggi dan diameter 50 cm, dimana volume air yang menguap disimbolkan dengan V_{air} (**Gambar 2b**).

Tabel 1 Karakteristik tanah

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Bobot isi	0,77	g/cm ³
2	Bobot jenis	1,92	g/cm ³
3	Karbon-organik	5,73	%
4	Kadar organik	9,89	%
5	Permeabilitas	5,18	cm/jam
6	Persentase Tekstur		
	Pasir	17	%
	Debu	59	%
	Liat	24	%
	Klasifikasi tekstur (USCS)	lempung debu	
7	Kadar air:		
	pF 1	0,476	cm ³ /cm ³
	pF 2	0,369	cm ³ /cm ³
	pF 2.54	0,294	cm ³ /cm ³
	pF 4.2	0,182	cm ³ /cm ³

Sumber: Arif *et al.*, 2022



Gambar 2 (a) Skema Penanaman dan (b) Alat Ukur Evaporasi

Adapun volume irigasi basah (VI_H) harian sebesar 1,2 kali dari volume air yang menguap hari sebelumnya ($VI_H = 1,2 V_{air}$) diberikan lebih dari volume air acuan ($1,2V_{air}$), sedangkan volume irigasi kering (VI_L) diberikan sama dengan volume air air yang menguap ($VI_H = V_{air}$). Untuk menghindari penumpukan nutrisi, *leaching* (pencucian) dilakukan pada hari ke 26, 33, 38, 41 dan 51 hari setelah tanam dengan jumlah air antara 2-4 L/pot.

Untuk mengetahui Kelembapan tanah setiap perlakuan, sensor 5TE dipasang pada kedalaman 5 cm di sekitar perakaran. Data pengukuran disimpan setiap 30 menit didalam *data logger* ZL6 dan data bisa diakses menggunakan *software* Zentra Utility. Selain itu, untuk stasiun cuaca otomatis (*Automatic Weather Station*) diletakkan didalam greenhouse untuk mengamati parameter cuaca mikro yang terdiri dari suhu udara, Kelembapan udara, radiasi matahari dan kecepatan angin.

Pada hari setelah tanam (HST) ke-10, ke-20, dan ke-30, tinggi tanaman dan jumlah daun diukur. Setelah tanaman mencapai 2 meter, tanaman dipangkas. Daun pada cabang-cabang sekunder dipangkas dan dikondisikan agar buah terletak di antara ruas daun pertama dan kedua. Jarak pemangkasan adalah 5 cm dari daun kedua untuk mencegah pembusukan. Volume buah diukur secara bertahap setiap 3 hari sekali dimulai pada HST ke-42 sampai ke-60. Pada HST ke-63 dilakukan pemanenan dan pengukuran rata-rata bobot buah/perlakuan (g) dan tingkat kemanisan buah/perlakuan (brix).

Pengembangan Model dan Analisis Data

Dalam optimasi Algoritma Genetika, teknik menemukan nilai optimal dilakukan dari sejumlah solusi yang mungkin didapatkan yang diistilahkan dengan populasi. Solusi-solusi yang terdapat dalam satu populasi disebut kromosom (Aribowo *et al.*, 2018). Pada tahap pembangkitan awal, populasi diinisialisasi dengan cara random (acak). Populasi

berikutnya merupakan hasil dari evolusi dari kromosom-kromosom yang sudah melalui iterasi (pengulangan) yang disebut dengan generasi. Kromosom akan melalui tahap evaluasi pada setiap generasi. Proses evaluasi ini menggunakan alat ukur yang disebut dengan fungsi *fitness*. Nilai *fitness* akan menunjukkan kualitas kromosom dalam populasi tersebut (Suryaningrum *et al.*, 2017). Generasi terjadi dalam tahap seleksi, penyilangan, dan mutasi.

Dalam studi ini, fokus dari optimasi pemberian air irigasi adalah tingginya kualitas produk melon yang direpresentasikan dengan bobot buah dan tingkat kemanisan. Oleh sebab itu, nilai *fitness* mengacu pada nilai fungsi tujuan berikut ini:

$$F = aY_2 + bY_1 \dots\dots\dots (1)$$

Dengan fungsi kendala:

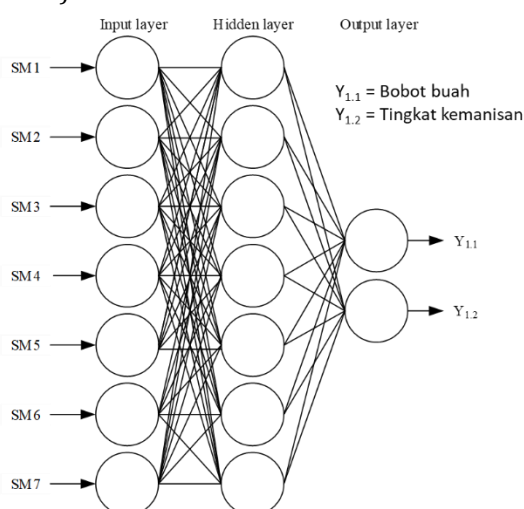
$$SM_{min} \leq SM_1, SM_2, SM_3, SM_4, SM_5, SM_6, SM_7 \leq SM_{max}$$

Dimana:

- F : fungsi tujuan (nilai *fitness*)
- a : konstanta untuk bobot buah (nilai 0,64)
- Y_1 : bobot buah (g)
- b : konstanta untuk tingkat kemanisan (nilai 0,36)
- Y_2 : kemanisan buah (brix)
- SM_{min} : rata-rata kelembapan tanah minimum (m^3/m^3)
- SM_{max} : rata-rata kelembapan tanah maksimum (m^3/m^3)
- SM_1 : rata-rata kelembapan tanah pada 9 hari pertama/HST 1-9 (m^3/m^3)
- SM_2 : rata-rata kelembapan tanah pada 9 hari kedua/HST 10-18 (m^3/m^3)
- SM_3 : rata-rata kelembapan tanah pada 9 hari ketiga/HST 19-27 (m^3/m^3)

- SM₄ : rata-rata kelembapan tanah pada 9 hari keempat/HST 28-36 (m³/ m³)
 SM₅ : rata-rata kelembapan tanah pada 9 hari kelima/HST 37-45 (m³/ m³)
 SM₆ : rata-rata kelembapan tanah pada 9 hari keenam/HST 46-54 (m³/ m³)
 SM₇ : rata-rata kelembapan tanah pada 9 hari ketujuh/HST 55-63 (m³/ m³)

Untuk mengestimasi bobot buah dan tingkat kemanisan yang dihasilkan ini diperlukan proses identifikasi antara kelembapan tanah dengan bobot buah dan tingkat kemanisan yang dihasilkan. Sayangnya tidak ada model matematis yang menggambarkan hubungan tersebut. Oleh sebab itu, untuk menunjukkan hubungan tersebut digunakan model Jaringan Saraf Tiruan (JST). Model ini terbukti mampu menyelesaikan masalah pertanian yang kompleks dan non linear (Arif *et al.*, 2015).



Gambar 3. Formula model JST untuk mengestimasi bobot buah dan tingkat kemanisan

Algoritma model JST yang digunakan *backpropagation* dimana koneksi antara *input* dengan *output* diekspresikan dengan nilai *weight* (pembobot) (Aaraasy, 2019). Proses utama yang terdapat pada metode ini yaitu *feed forward* dan proses *backward* (Suryaningrum *et al.*, 2017). Adapun formula model input-output disajikan pada **Gambar 3**. Model JST berupa hubungan antar *node* pada *input layer*, *hidden layer*, dan *output layer*. *Input layer* berjumlah 7 sesuai dengan jumlah nilai rata-rata kelembapan tanah setiap 9 hari (SM₁-SM₇), *hidden layer* ditentukan berjumlah 7 dan *output layer* adalah bobot dan tingkat kemanisan buah. Dari model JST ini akan diperoleh nilai pembobot (*weight*) yang akan digunakan dalam proses

optimasi untuk mencari nilai SM₁-SM₇ yang optimal dalam meningkatkan bobot dan tingkat kemanisan buah.

Untuk produktivitas air dihitung dengan membandingkan volume air irigasi kumulatif yang diberikan selama masa penanaman dengan bobot buah panen. Produktivitas air menggambarkan banyaknya air yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk dengan persamaan sebagai berikut:

$$WP = \frac{M_{produk}}{\Sigma M_{air}} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- WP : produktivitas air (g produk/kg air irigasi)
 M_{produk} : bobot buah melon per perlakuan (g)
 ΣM_{air} : volume air irigasi kumulatif (kg).
 Perlu konversi dari mL air ke kg air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skenario Pemberian Air Irigasi terhadap Produktivitas Lahan dan Air

Pemberian air irigasi yang beragam dengan berbagai metode termasuk *pocket fertigation* menghasilkan kuantitas dan kualitas buah yang berbeda-beda sebagaimana disajikan **Tabel 2**. Pemberian air irigasi pada PC-H (perlakuan kontrol dengan irigasi basah) memberikan buah dengan berat 1115 g, tetapi perlakuan PC-L dengan irigasi kering hanya menghasilkan berat buah 551 g. Berat buah berkorelasi positif dengan volume buah, dimana PC-H menghasilkan volume buah terbesar. Meskipun berat buahnya paling kecil, tetapi PC-L menghasilkan tingkat kemanisan tertinggi sebesar 10,8 brix. Hal ini menunjukkan bahwa berat buah berkorelasi negatif dengan tingkat kemanisan. Hal ini sejalan dengan hasil riset sebelumnya yang dilakukan ditempat yang berbeda (Chang *et al.*, 2012).

Tabel 2 Nilai kualitas buah dan produktivitas air pada berbagai perlakuan pemberian air irigasi

Perlakuan Irigasi	Bobot (g)	Kemampuan (brix)	Volume buah (cm ³)	Irigasi (ml)	Produktivitas Air (g/kg)
PK-L	733	10,5	867	34825	21,05
PK-H	926	9,4	1080	38925	23,78
PT-L	898	9,3	1027	34825	25,79
PT-H	982	8,3	1093	38975	25,20
PC-L	551	10,8	534	34875	15,80
PC-H	1115	7,7	1249	38925	28,64

Adapun perlakuan *Pocket Fertigation* baik dengan diselimuti kain tekstil (PK) maupun tanpa kain (PT) mampu mempertahankan bobot buah maupun tingkat kemanisan. Bobot buah dapat dipertahankan antara 733 – 982 g dengan tingkat kemanisan antara 8,3 – 10,5 brix. Hal ini menunjukkan bahwa *pocket fertigation* mampu menjaga air dan nutrisi yang cukup disekitar tanaman dibandingkan dengan tanpa *pocket fertigation*. Dari segi efisiensi, *pocket fertigation* yang merupakan sistem irigasi bawah permukaan memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan kontrol (irigasi permukaan). Hal ini dapat dilihat dari rata-rata produktivitas air yang dihasilkan. Rata-rata produktivitas air pada perlakuan kontrol sebesar 22,22 g/kg, sedangkan pada *pocket fertigation* dengan diselimuti kain (PK) dan tanpa kain (PT) berturut-turut sebesar 22,41 g/kg dan 25,49 g/kg. Hal ini menunjukkan bahwa PT mampu meningkatkan produktivitas air sebesar 14,71% diikuti oleh PK dengan 0,86%. Teknologi *Pocket Fertigation* ini mirip dengan irigasi tetes dimana keunggulannya adalah mampu mengurangi tingkat evaporasi sehingga meningkatkan efisiensi (Wang *et al.*, 2020).

Optimasi Model Pemberian Air Irigasi

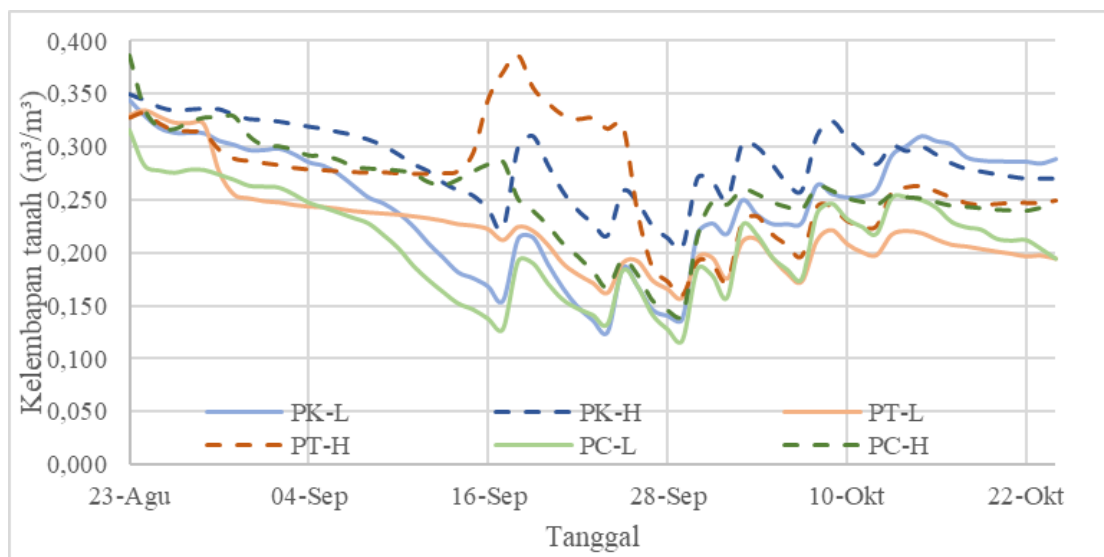
Gambar 4 menunjukkan fluktuasi kelembapan tanah pada berbagai perlakuan pemberian air irigasi. Irigasi basah baik untuk perlakuan *pocket fertigation* (PT dan PK) dan kontrol (PC) memberikan kondisi kelembapan tanah yang lebih tinggi dibandingkan irigasi kering. Kenaikan kelembapan tanah berbanding lurus dengan jumlah irigasi yang diberikan (Khusain, 2018). Nilai

kelembapan tanah dapat mempengaruhi hasil panen karena berkaitan dengan ketersediaan air di lahan. Kesalahan dalam mengatur kelembapan tanah menyebabkan kondisi kelembapan tanah yang tidak ideal yang menyebabkan tanaman tidak menghasilkan buah (Ferdianto & Sujono, 2018).

Rata-rata kelembapan tanah, pada **Gambar 4**, selama satu musim tanam pada perlakuan PK-L, PT-L dan PC-L adalah berturut-turut 0,245 m³/m³, 0,223 m³/m³, dan 0,210 m³/m³. Sedangkan pada perlakuan irigasi basah adalah 0,286 m³/m³, 0,270 m³/m³; dan 0,258 m³/m³ untuk PK-H, PT-H dan PC-L. Nilai rata-rata tertinggi dimiliki oleh skema PK-H. Nilai rata-rata terendah dimiliki oleh skema PC-L.

Sebelum model Algoritma Genetika digunakan, model identifikasi dengan model JST perlu diuji terlebih dahulu. **Tabel 3** merupakan data *input-output* yang digunakan dalam JST. Berdasarkan **Tabel 3**, nilai *input* maksimum untuk parameter SM₁, SM₂, SM₃, SM₄, SM₅, SM₆, dan SM₇ secara berurutan adalah 0,34 m³/m³; 0,32 m³/m³; 0,31 m³/m³; 0,30 m³/m³; 0,26 m³/m³; 0,30 m³/m³; dan 0,29 m³/m³; sedangkan nilai *input* minimum secara berurutan adalah 0,28 m³/m³; 0,24 m³/m³; 0,16 m³/m³; 0,16 m³/m³; 0,18 m³/m³; 0,21 m³/m³; dan 0,20 m³/m³.

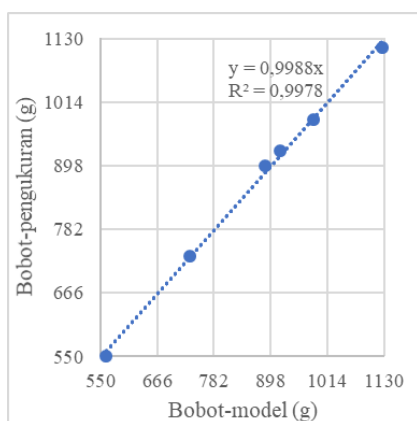
Untuk nilai *output* maksimum parameter bobot buah dan tingkat kemanisan adalah 1115 g dan 10,8 brix sedangkan untuk nilai *output* minimumnya secara berurutan adalah 551 g dan 7,7 brix. Nilai maksimum dan nilai minimum digunakan untuk menjadi nilai batasan pada model Algoritma Genetika agar tetap relevan dengan model JST yang dikembangkan ini (Putri & Arif, 2018).



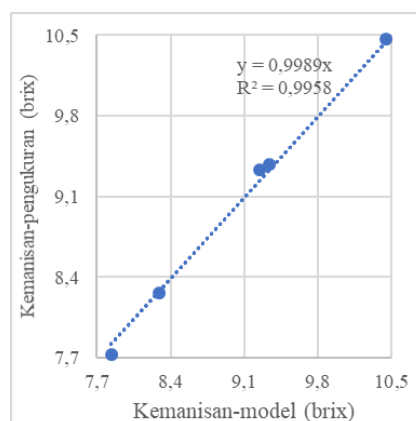
Gambar 4 Fluktuasi kelembapan tanah harian pada berbagai perlakuan pemberian irigasi

Tabel 3 Input dan output untuk pemodelan JST untuk mengestimasi bobot buah dan tingkat kemanisan buah.

Perlakuan Pemberian Irigasi	Output		Input						
	Bobot	Kemanisan	SM ₁	SM ₂	SM ₃	SM ₄	SM ₅	SM ₆	SM ₇
	(g)	(brix)	(m ³ /m ³)	(m ³ /m ³)	(m ³ /m ³)	(m ³ /m ³)	(m ³ /m ³)	(m ³ /m ³)	(m ³ /m ³)
PK-L	733	10,5	0,31	0,28	0,20	0,16	0,21	0,27	0,29
PK-H	925,5	9,4	0,34	0,32	0,27	0,25	0,26	0,30	0,28
PT-L	898	9,3	0,31	0,24	0,23	0,19	0,19	0,21	0,20
PT-H	982	8,3	0,31	0,28	0,31	0,30	0,20	0,24	0,25
PC-L	551	10,8	0,28	0,24	0,16	0,16	0,18	0,23	0,22
PC-H	1115	7,7	0,33	0,29	0,27	0,19	0,22	0,25	0,24



(a)



(b)

Gambar 5 Validasi Model JST pada Output (a) Bobot Buah dan (b) Kemanisan

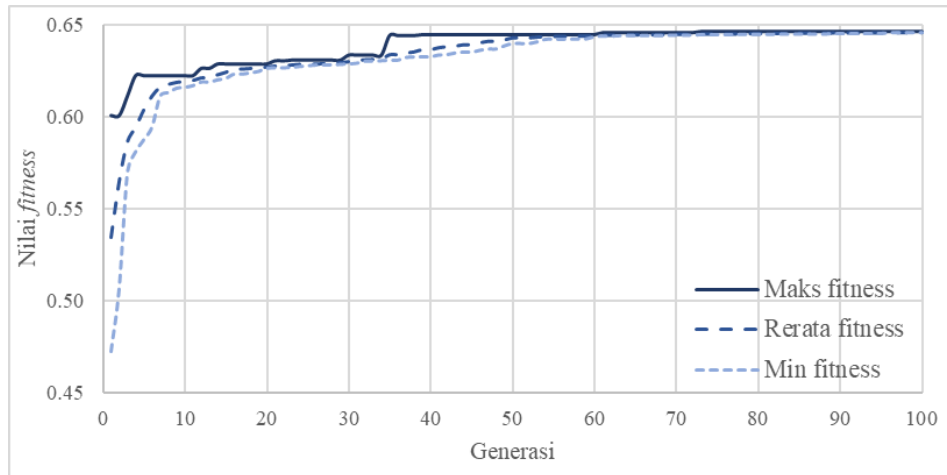
Pada **Gambar 5** dapat diketahui perbandingan antara hasil pengukuran lapang dan hasil perhitungan model memiliki nilai koefisien determinasi sebesar $R^2 > 0,9$; hal ini menunjukkan bahwa model JST dapat mempelajari data hasil pengukuran dengan sangat baik. Semakin nilai R^2 mendekati 1 semakin baik pula model mengidentifikasi data hasil pengukuran (Ponraj & Vigneswaran, 2020). Perhitungan JST valid selama nilai *input* masih dalam rentang nilai *input* maksimum-minimum tiap parameter. Model JST ini terbukti efektif dalam menduga bobot buah melon dan tingkat kemanisannya. Hal yang sama dilakukan pada penelitian tentang aplikasi model JST untuk menduga bobot buah melon. Hasilnya menunjukkan bahwa model JST mampu menduga bobot buah dengan nilai R^2 sebesar 0,87 (Naroui Rad *et al.*, 2015). Pembobot yang dihasilkan dalam model JST ini kemudian digunakan sebagai salah satu *input* model Algoritma Genetika (AG).

Algoritma Genetika (AG) memiliki kemampuan yang baik dalam memberikan solusi pada masalah yang rumit. AG seringkali digunakan pada kasus-kasus optimasi (Saputro *et al.*, 2015). Pada

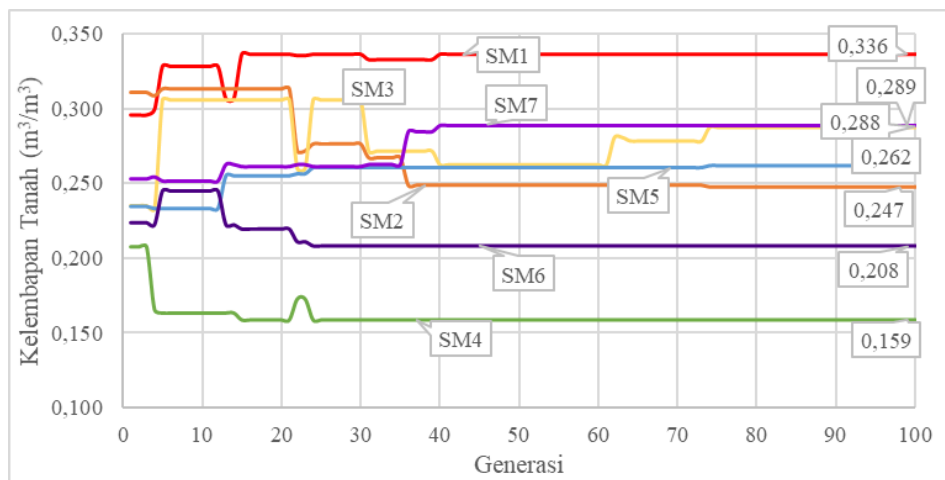
penelitian kali ini, model JST membantu mengidentifikasi nilai paling optimal sedangkan parameter yang dioptimasi adalah bobot buah dan kemanisan buah. Nilai optimal didapatkan dengan mencari nilai *fitness* terbesar yang bisa didapatkan. Hasil optimasi oleh model AG dalam 100 generasi ditampilkan dalam **Gambar 6**.

Nilai *fitness* mencapai nilai konvergen pada generasi ke-75. Pada generasi tersebut, nilai *output* ditemukan untuk mencapai nilai *input* optimal. Pada generasi ke-100 nilai *fitness* mencapai 0,65 (**Gambar 6a**). Nilai kelembapan relatif rata-rata per 9 harian yang optimal untuk SM₁, SM₂, SM₃, SM₄, SM₅, SM₆, dan SM₇ adalah berturut turut 0,336 m³/m³; 0,247 m³/m³; 0,288 m³/m³; 0,159 m³/m³; 0,262 m³/m³; 0,208 m³/m³; dan 0,289 m³/m³ (**Gambar 6b**). Dengan skenario kelembapan tanah optimal tersebut akan diperoleh bobot buah dan tingkat kemanisan sebesar 1115 g dan 8,6 brix (**Gambar 6c**).

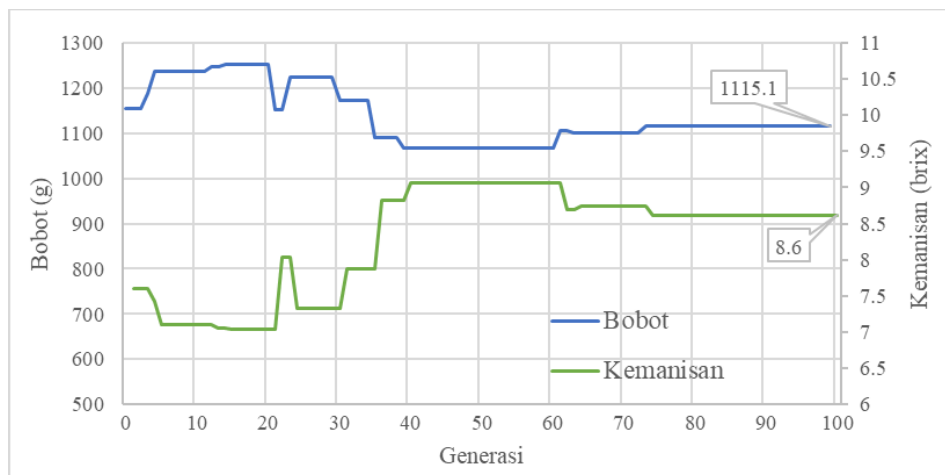
Nilai kelembapan tanah yang dioptimasi oleh model AG dibandingkan dengan nilai kelembapan tanah hasil observasi dengan berbagai perlakuan dapat dilihat pada **Gambar 7**.



(a)

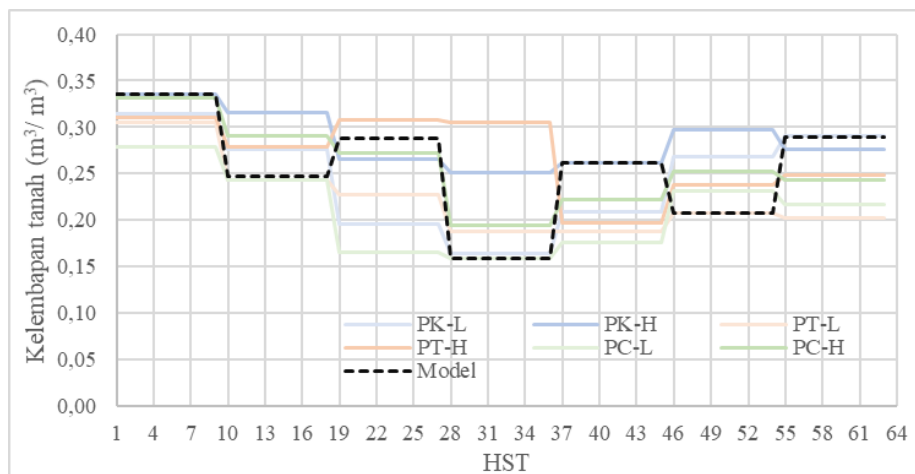


(b)



(c)

Gambar 6 Grafik (a) Nilai *Fitness*, (b) Nilai kelembapan tanah, dan (c) Nilai Bobot Buah dan Kemanisan pada setiap Generasi model AG



Gambar 7 Perbandingan Antara Nilai Rata-Rata Kelembapan Tanah Model Algoritma Genetika dengan Kelembapan Tanah Hasil Pengukuran

Nilai kelembapan tanah yang dihasilkan oleh model optimasi terlihat berfluktuasi. Kelembapan tanah tertinggi terletak pada periode 1-9 HST (periode 9 hari pertama - SM₁) sebesar 0,336 m³/m³. Nilai yang tinggi diawal ini menunjukkan bahwa pada periode awal tanaman melon membutuhkan air irigasi yang banyak untuk pertumbuhan vegetatif. Kemudian kelembapan tanah terendah terletak pada periode 28-36 (periode 9 harian keempat - SM₄) sebesar 0,159 m³/m³. Waktu ini merupakan periode awal pembuahan, sehingga irigasi dapat dikurangi untuk menjaga agar buah tidak cepat rontok. Dengan skenario kelembapan tanah optimal ini, irigasi yang dibutuhkan lebih sedikit, hanya sebesar 34191 ml. Dengan hasil bobot buah sebesar 1115 g, sehingga produktivitas airnya akan mencapai 32,61 g. Hal ini berarti terjadi peningkatan produktivitas air sebesar 27-46% dibandingkan perlakuan *Pocket Fertigation* (sebelum optimasi) dan kontrol. Untuk selanjutnya, nilai kelembapan yang optimal ini dapat digunakan sebagai *setpoint* dalam sistem kendali irigasi seperti menggunakan sistem kontrol *fuzzy logic* (Ben Ali et al., 2018).

KESIMPULAN

Algoritma Genetika dapat digunakan dalam optimasi pemanfaatan air irigasi untuk berbagai budidaya tanaman yang lebih efektif dan efisien. Dalam kasus studi ini, model ini dapat menentukan nilai kelembapan tanah optimum pada periode 9 harian dengan nilai berturut turut 0,34; 0,32; 0,31; 0,30; 0,26; 0,30; dan 0,29 m³/m³. Dengan nilai tersebut, hasil panen buah yang diproduksi memiliki bobot 1115 g, nilai kemanisan 8,6 brix dan peningkatan produktivitas air sebesar 27-46%.

Kelembapan tanah hasil studi dapat dijadikan sebagai acuan *setpoint* untuk mengendalikan irigasi didalam greenhouse dengan *pocket fertigation*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian sehingga tulisan ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Araasy, R. (2019). Pengembangan Model Algoritma Genetika untuk Optimasi Pengelolaan Air pada lahan Sawah Rendah Emisi Gas N₂O [Skripsi]. Bogor (ID): IPB University.
- Andarani, M. (2020). Efisiensi Biaya Produksi dengan Pola Kemitraan untuk Memenuhi Permintaan Melon pada CV Hasil Sayur Indonesia [Laporan Akhir Sekolah Vokasi, IPB University]. <https://ereport.ipb.ac.id/id/eprint/3986/6/J3J817335-01-Mayda-Cover.pdf>
- Anggara, H., Suwarno, W. B., Saptomo, S. K., Endang Gunawan, Amalia Nurul Huda, Budi Indra Setiawan, & Setiawan, B. I. (2020). Keragaan Lima Varietas Melon (*Cucumis melo L.*) dengan Perlakuan Irigasi Cincin di Rumah Kaca. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 48(3), 307–313. <https://doi.org/10.24831/jai.v48i3.32206>
- Aribowo, A., Lukas, S., & Gunawan, M. (2018). Penerapan Algoritma Genetika Pada Penentuan Komposisi Pakan Ayam Petelur. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, 3(4), 21–24.
- Arif, C., Setiawan, B. I., Mizoguchi, M., & Nugroho, B. D. A. (2019). Genetic Algorithms Optimization for Water Management in Irrigated Paddy Fields. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 335, 012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/335/1/012002>

- Arif, C., Setiawan, B. I., Widodo, S., Rudiyanto, -, Hasanah, N. A. I., & Mizoguchi, M. (2015). Pengembangan Model Jaringan Saraf Tiruan untuk Menduga Emisi Gas Rumah Kaca dari Lahan Sawah dengan berbagai Rejim Air. *Jurnal Irigasi*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.31028/ji.v10.i1.1-10>
- Badan Pusat Statistika. (2020). Produksi Tanaman Buah-Buahan. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Badan Pusat Statistika. (2021). Produksi Tanaman Buah-Buahan. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/2/produksi-tanaman-buah-buahan.html>
- Ben Ali, R., Bouadila, S., & Mami, A. (2018). Development of a Fuzzy Logic Controller Applied to an Agricultural Greenhouse Experimentally Validated. *Applied Thermal Engineering*, 141, 798–810. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.06.014>
- Chang, Y. H., Hwang, Y. H., An, C. G., Yoon, H. S., An, J. U., Lim, C. S., & Shon, G. M. (2012). Effects of Non-drainage Hydroponic Culture on Growth, Yield, Quality and Root Environments of Muskmelon (*Cucumis melo* L.). *Journal of Bio-Environment Control*, 21(4), 348–353.
- Darajat, A. R., Nurrochmad, F., & Jayadi, R. (2017). Analisis Efisiensi Saluran Irigasi di Daerah Irigasi Boro Kabupaten Purworejo, Provinsi Jawa Tengah. *INERSIA*, 8(2), 154–166. <https://doi.org/10.21831/inersia.v13i2.17178>
- Ferdianto, A., & Sujono, -. (2018). Pengendalian Kelembaban Tanah Pada Tanaman Cabai Berbasis Fuzzy Logic. *Jurnal Maestro*, 1(1), 86–91.
- Khusain, M. (2018). Perancangan Alat Monitoring Dan Penyiraman Otomatis Tanaman Fertigasi Berbasis Android [Skripsi]. Universitas 17 Agustus 1945.
- Naroui Rad, M. R., Koohkan, S., Fanaei, H. R., & Pahlavan Rad, M. R. (2015). Application of Artificial Neural Networks to Predict the Final Fruit Weight and Random Forest to Select Important Variables in Native Population of Melon (*Cucumis melo* L.). *Scientia Horticulturae*, 181, 108–112. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.10.025>
- 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.
- Ponraj, A. S., & Vigneswaran, T. (2020). Daily Evapotranspiration Prediction using Gradient Boost Regression Model for Irrigation Planning. *The Journal of Supercomputing*, 76(8), 5732–5744. <https://doi.org/10.1007/s11227-019-02965-9>
- Putri, Y. M., & Arif, C. (2018). Penerapan Algoritma Genetika Untuk Optimasi Pengelolaan Air Lahan Padi Sawah Rendah Emisi Gas Metana (CH₄). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 3(3), 149–160.
- Rachmawati, R. A., Soetopo, W., & Juwono, P. T. (2021). Studi Perencanaan Pola Operasi Waduk Kuningan Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Baku, Irigasi, dan PLTA di Kabupaten Kuningan Jawa Barat. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sumber Daya Air*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.21776/ub.jtresda.2021.001.01.18>
- Reskiana, Setiawan, B. I., Saptomo, S. K., & Mustatiningsih, P. R. D. (2015). Uji Kinerja Emiter Cincin. *Jurnal Irigasi*, 9(1), 63. <https://doi.org/10.31028/ji.v9.i1.63-74>
- Saputro, H. A., Mahmudy, W. F., & Dewi, C. (2015). Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penggunaan Lahan Pertanian. *Jurnal Mahasiswa PTIIK*, 5(12), 12.
- Sardono, W. S., Soetopo, W., Dermawan, V. (2018). Simulasi Pola Operasi Tampungan Embung Tiu Pasai Sebagai Suplai Air Baku dan Irigasi Menggunakan Metode Algoritma Genetik. *Jurnal Teknik Pengairan*, 9(2), 105–113. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2018.009.02.4>
- Sulistyono, E., & Riyanti, H. (2016). Volume Irigasi untuk Budidaya Hidroponik Melon dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan dan Produksi. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 43(3), 213. <https://doi.org/10.24831/jai.v43i3.11247>
- Sumarsono, J. (2018). Desain dan Kinerja Emiter Tipe Cincin Irigasi Bawah Permukaan di Pertanian Lahan Kering [Disertasi]. Bogor (ID): IPB University.
- Suripin. (1960). *Pengelolaan Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta, Penerbit Andi.
- Suryaningrum, D. A., Ratnawati, D. E., & Setiawan, B. D. (2017). Prediksi Waktu Panen Tebu Menggunakan Gabungan Metode Backpropagation dan Algoritma Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 1(11), 1443–1450.

Wang, Y., Li, S., Qin, S., Guo, H., Yang, D., & Lam, H.-M.
(2020). How Can Drip Irrigation Save Water and
Reduce Evapotranspiration Compared to Border

Irrigation in Arid Regions in Northwest China.
Agricultural Water Management, 239, 106256.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106256>