

# Optimasi Sistem Irigasi Bawah Permukaan untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman dan Air dengan Algoritma Genetika

Maharani Bilqist Caroline<sup>1</sup> dan Chusnul Arif<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, IPB University, Bogor, Indonesia 16680

\* penulis koresponden: chusnul\_arif@apps.ipb.ac.id

**Abstrak:** Optimasi dalam sistem irigasi masih menjadi persoalan dalam budidaya tanaman hortikultura yang efektif dan efisien dalam penggunaan air. Irigasi bawah permukaan merupakan salah satu metode yang lebih efektif dalam penggunaan air irigasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sistem irigasi bawah permukaan dalam meningkatkan produktifitas tanaman dan air dengan metode algoritma genetika (AG). Untuk mendapatkan data optimasi, skenario sistem irigasi dibagi menjadi 3 tinggi muka air (TMA) pada bak kontrol, yaitu 13 cm (TMA1), 10 cm (TMA2) dan 7 cm (TMA3) dalam satu musim tanam pada bulan Maret – Mei 2023 di Kinjiro Farm, Bogor. Selama percobaan, parameter cuaca didalam greenhouse diukur untuk mendapatkan data evapotranspirasi acuan. Dari hasil observasi menunjukkan bahwa produktivitas air (WP) tertinggi terjadi pada TMA2 sebesar 1,60 kg/m<sup>3</sup>, diikuti oleh TMA 3 dan TMA 1. Sebelum optimasi dijalankan, model identifikasi dengan jaringan saraf tiruan dikembangkan untuk menduga produksi hortikultura dengan parameter *input* tinggi muka air. Dari hasil pemodelan AG didapatkan bahwa TMA yang optimum adalah 12,8 cm, 7 cm, 7,2 cm pada fase awal, tengah musim dan akhir musim. Dengan skenario ini akan didapatkan WP sebesar 1,96 kg/m<sup>3</sup>, dimana nilai ini 22,5 % lebih besar dibandingkan WP pada skenario TMA2. Oleh sebab itu, untuk membuktikan hasil pemodelan ini, perlu dilakukan uji lapangan.

**Kata kunci:** Algoritma genetika, jaringan saraf tiruan, pakcoy, hemat air, optimasi

## 1. Pendahuluan

Berada pada ketinggian 0-1000 mdpl, dataran Indonesia memungkinkan usaha pertanian tanaman hortikultura dapat dilakukan secara merata hampir di seluruh wilayah dan memiliki potensi untuk menjadi salah satu pertumbuhan baru di sektor pertanian [1]. Berdasarkan data Badan Pusat Statistika pada tahun 2019 - 2020 permintaan salah satu tanaman hortikultura meningkat menjadi 4.588 ton dari sebelumnya hanya sebesar 1.628 ton pada tahun 2018 – 2019 [2]. Pakcoy sebagai salah satu tanaman hortikultura yang cukup diminati masyarakat Indonesia memiliki kandungan gizi yang berlimpah seperti mineral, vitamin, dan serat yang tinggi. Namun, kurangnya pengetahuan petani akan penanganan dan budidaya tanaman hortikultura menjadi salah satu penyebab tidak terpenuhinya permintaan oleh produksi pasar domestik [3] dan terjadinya penurunan produktivitas tanaman, yang juga dipengaruhi oleh tingkat kesuburan tanah, faktor iklim, dan teknik budidaya yang dilakukan [4].

Produktivitas tanaman dapat dilihat dari banyaknya hasil produksi tanaman dibandingkan jumlah air yang digunakan. Semakin besar produktivitas tanaman menandakan penggunaan air minim. Produktivitas air menunjukkan seberapa optimal penggunaan air untuk menghasilkan produk tertentu. Umumnya nilai produktivitas air dijabarkan dengan satuan kg/L atau kg/m<sup>3</sup> air. Irigasi adalah faktor yang sangat menentukan dalam kegiatan pertanian. Irigasi bawah

Diterima: 17 Juli 2023

Disetujui: 19 Agustus 2023

### Sitasi:

Caroline dan Arif. 2023. Optimasi Sistem Irigasi Bawah Permukaan untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman dan Air dengan Algoritma Genetika. *J. Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2023; 8(2); 85-94.  
<https://doi.org/10.29244/jsil.8.2.85-94>

permukaan merupakan suatu sistem irigasi yang meletakkan jaringan irigasi di-

bawah permukaan [5] untuk memaksimalkan kebutuhan air tanaman langsung ke daerah perakaran tanaman [6]. Pertumbuhan tanaman akan dipengaruhi oleh tingkat ketersediaan air dalam tanah [7].

Kebutuhan air tanaman merupakan banyaknya air yang digunakan/dibutuhkan untuk menggantikan kehilangan air akibat penguapan [8] dalam satuan mm/hari. Penggunaan air yang tepat perlu diperhatikan dalam sebuah budidaya tanaman guna dicapainya pertumbuhan dan mutu tanaman yang optimal. Berdasarkan hal-hal tersebut, pengembangan pengairan yang optimal perlu dilakukan guna menentukan pengairan yang baik untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan air. Optimasi produktivitas tanaman dan air harus mengintegrasikan antara kondisi lingkungan dengan tanaman, dan salah satu metode optimasi yang dapat digunakan ialah Algoritma Genetika (AG). Proses pemecahan atau pencarian suatu nilai optimasi akan mudah ditemukan dengan algoritma genetika [9]. Metode identifikasi dibutuhkan untuk mengoptimasi AG dan model jaringan saraf tiruan (JST) dapat digunakan untuk hal tersebut. Penelitian menentukan optimasi produktivitas ini sudah pernah dilakukan pada tahun 2022, namun dengan jenis tanaman dan juga sistem irigasi yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian optimasi sistem irigasi bawah permukaan untuk peningkatan produktivitas tanaman dan air dengan bantuan genetika algoritma ini dilakukan dengan tujuan 1) dapat mengidentifikasi hubungan berbagai variasi sistem irigasi bawah permukaan dengan produktivitas tanaman dan air, dan 2) menentukan tinggi muka air (TMA) optimum dengan algoritma genetika.

## 2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret - Mei 2023. Pengambilan data penelitian bertempat di Kinjiro Farm, Jalan Hegarmanah IV, RT.01, RW.08, Kelurahan Gunungbatu, Kecamatan Bogor Barat, Kota Bogor, Jawa Barat.

### 2.1. Material

Material yang digunakan pada penelitian ini meliputi stasiun cuaca, *data logger*, sensor kelembaban tanah EC-5, panci evaporasi yang dilengkapi meteran air, media tanam berupa pot tanaman berkapasitas 19 liter sebanyak 18 buah, bak penampungan air dengan kapasitas 125 liter sebanyak 3 buah, kran air sebanyak 3 buah, pipa PVC dan sambungan pipa, *water level* sebanyak 3 buah, teko ukur berukuran 1000 mL, timbangan digital, penggaris untuk mengukur tinggi tanaman dan wadah penyemaian benih. Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi pupuk urea, benih pakcoy, dan air irigasi. Selain itu, terdapat pula beberapa program yang digunakan untuk mendukung perhitungan dan analisis data berupa *Microsoft Word*, *Microsoft Excel* berisikan pemograman Jaringan Saraf Tiruan (JST) dan Algoritma Genetika (AG), *Sketch Up*, dan aplikasi *ECH2O*.

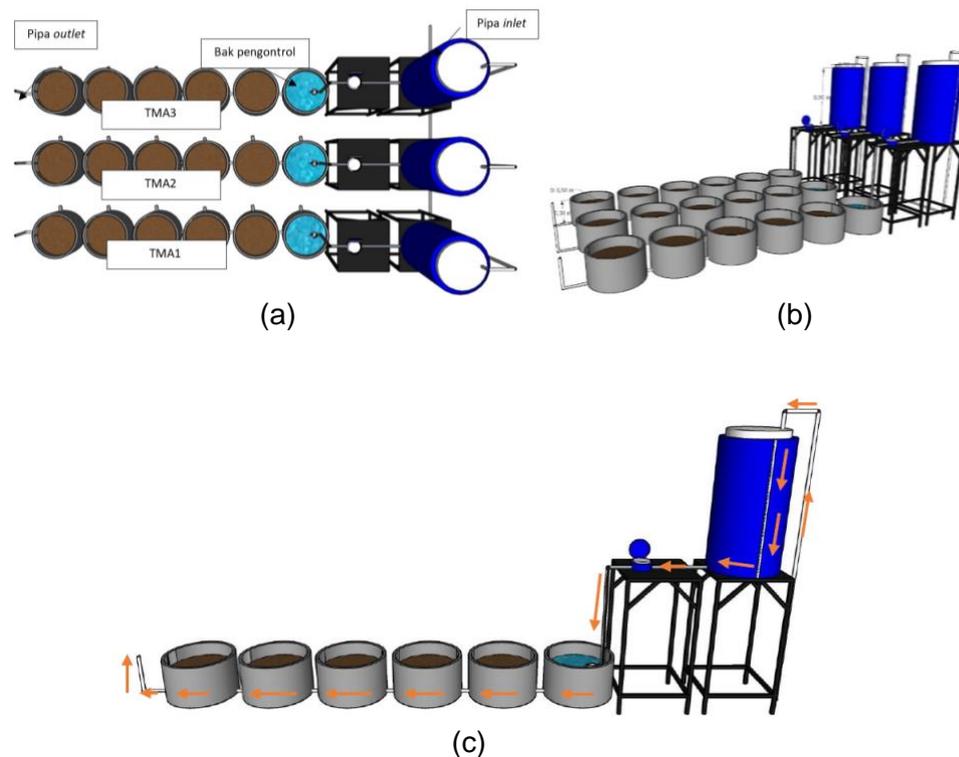
### 2.2. Prosedur Penelitian.

#### 2.2.1 Persiapan Sistem dan Media Tanam

Penelitian dilakukan dalam *greenhouse* (GH) seluas 5 m x 4 m. Penanaman pakcoy dilakukan dalam pot media tanam berdiameter 45 cm dan tinggi 30 cm yang tersusun sebanyak 3 baris sesuai dengan skenario sistem pengairan dan terdiri dari 6 buah pot. Setiap baris pot skenario terdiri atas 1 pot pengontrol TMA dan 5 pot media tanam dan dihubungkan dengan jaringan perpipaan yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Sistem pengairan terdiri atas 3 komponen pengaturan lahan, yaitu sensor TMA, pipa penghubung sensor, dan pipa sambung. Setiap pot media tanam diisi tanah setinggi 20 cm. Sistem pengairan terbagi menjadi 3 skenario yang dibedakan berdasarkan tinggi muka air dan diwakili oleh setiap baris media tanam yang meliputi :

- a. Tinggi Muka Air 1 : TMA1 (ketinggian muka air 13 cm dari dasar bak kontrol)
- b. Tinggi Muka Air 2 : TMA 2 (ketinggian muka air 10 cm dari dasar bak kontrol)

c. Tinggi Muka Air 3 : TMA 3 (ketinggian muka air 7 cm dari dasar bak kontrol)



**Gambar 1.** Sistem a) pengairan dan media tanam b) jaringan perpipaan c) penampang melintang sistem pengaliran air

### 2.2.2 Penyemaian dan Budidaya Pakcoy

Benih ditanam sebanyak 2-3 biji setiap 1 lubang *tray* semai pada kedalaman 1-2 cm, kemudian dilakukan penyiraman dengan menggunakan *handsprayer* untuk menjaga kelembaban media tanam. Setelah bibit tumbuh dan memiliki 3-4 helai daun, bibit pakcoy siap untuk dipindah tanamkan. Bibit dipindah tanam setelah berumur 10 hari setelah semai. Bibit yang dipindah tanam adalah bibit yang tegak, tidak layu, dan berdaun hijau. Penanaman bibit dilakukan pada sore hari untuk mencegah tanaman mengalami stres dan diaplikasikan sebanyak 4 bibit setiap pot. Pemeliharaan tanaman dilakukan dengan pemberian pupuk sebanyak 2 kali dalam masa tanam, yaitu pada 10 hari setelah tanam (HST) dan 30 HST. Pemupukan dilakukan dengan dosis 50 kg/ha. Pemanenan dilakukan pada saat tanaman pakcoy berumur 30-45 HST.

### 2.2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer meliputi TMA pada panci evaporasi, tinggi air pada bak kontrol, penurunan air pada bak penampung air, kelembaban tanah, perkembangan tinggi tanaman serta jumlah daun yang dilakukan setiap 7 hari, serta hasil panen. Terdapat pula pengumpulan data primer berupa data temperatur udara dan radiasi matahari yang diperoleh berdasarkan data stasiun cuaca setempat. Pengamatan lingkungan internal tanah berupa kelembaban tanah. Data diukur menggunakan sensor 5TE. Data dikumpulkan di dalam data *logger* ZL6 yang bisa diakses menggunakan aplikasi *ECH2O Utility*.

### 2.2.4 Pengolahan Data

Kebutuhan air tanaman diketahui dari nilai evapotranspirasi tanaman ( $ET_c$ ) dan dipengaruhi oleh nilai evapotranspirasi potensial ( $ET_o$ ) serta koefisien tanaman ( $K_c$ ) [10]. Banyaknya irigasi

ditentukan oleh evapotranspirasi acuan yang dihitung dari alat ukur evaporasi. Penentuan nilai volume air yang hilang dihitung menggunakan persamaan-persamaan berikut.

$$E_{pan} = (H_{n-1} - H) \quad (1)$$

Dimana:

$E_{pan}$  : evaporasi panci (mm/hari)

$H_{n-1}$  : kedalaman muka air hari sebelumnya (cm)

$H_n$  : kedalaman muka air hari ini (cm)

Evapotranspirasi potensial dapat dihitung dengan menggunakan berbagai macam model, salah satunya adalah model Hargreaves yang hanya menggunakan 2 parameter cuaca meliputi suhu udara rata-rata dan radiasi matahari, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini.

$$E_{To} = 0,0135 (T_{mean} + 17,78) R_s \left[ \frac{238,8}{595,5 - 0,55 \times T_{mean}} \right] \quad (2)$$

Dimana:

$E_{To}$  : evapotranspirasi potensial (mm/hari)

$T_{mean}$  : suhu udara rata-rata ( $^{\circ}\text{C}$ )

$R_s$  : radiasi matahari ( $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{hari}$ )

Produktivitas air membandingkan volume air kumulatif yang dipakai selama masa penanaman dengan bobot buah panen. Produktivitas air menggambarkan banyaknya air yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu produk. Persamaan produktivitas air adalah sebagai berikut [11].

$$WP = \frac{M_{\text{produk}}}{\sum M_{\text{air}}} \quad (3)$$

Dimana:

$WP$  : produktivitas air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$M_{\text{produk}}$  : bobot buah dalam (kg)

$\sum M_{\text{air}}$  : bobot air kumulatif ( $\text{m}^3$ )

### 2.2.5 Pengembangan Model Identifikasi dan Optimasi dengan JST dan AG

Identifikasi dilakukan dengan menentukan kerangka atau skema pemodelan pada JST dengan jenis *backpropagation*. Data yang akan dihubungkan berupa nilai rata-rata TMA (*water level/WL*) setiap fase penanaman yaitu fase *initial stage*, *mid season*, dan *late-season* dengan bobot panen pakcoy. Skema pemodelan JST dapat dilihat pada **Gambar 2**. Setiap *node input* dihubungkan dengan *node output* pada hidden layer. *Hidden layer* ditentukan berjumlah 3 dengan iterasi sebanyak 5000 kali. Notasi fungsi yang digunakan disajikan dalam persamaan berikut.

$$Y_i = f(WL1, WL2, WL3) \quad (4)$$

Dimana :

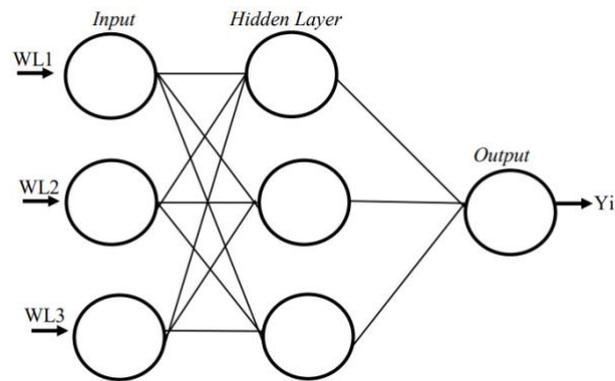
$i$  : bobot pakcoy (kg)

$Y$  : performa tanaman

$WL1$  : rata-rata tinggi muka air fase *initial stage* (cm)

$WL2$  : rata-rata tinggi muka air fase *mid season* (cm)

$WL3$  : rata-rata tinggi muka air fase *late-season*(cm)



**Gambar 2.** Skema model JST

Selanjutnya diketahui bahwa  $Y_{iwl}$  merupakan fungsi parameter TMA secara berurut. Batasan nilai TMA ditentukan untuk mendapatkan fungsi tujuan optimal ( $F$ ). Batasan tersebut merupakan parameter kendali pada fungsi  $F$ . Dalam optimasi AG, nilai optimasi ditentukan berdasarkan sejumlah solusi yang mungkin didapatkan, yang diistilahkan dengan populasi. Kemudian, solusi-solusi dalam satu populasi tersebut disebut kromosom. Pada tahap pembangkitan awal, populasi diinisialisasi secara *random* (acak). Populasi berikutnya merupakan hasil dari evolusi kromosom-kromosom yang telah melalui iterasi. Kromosom akan melalui tahap evaluasi pada setiap iterasi. Proses evaluasi ini menggunakan alat ukur yang disebut dengan fungsi *fitness*. Nilai *fitness* mengacu pada nilai fungsi tujuan ( $F$ ).

$$F = Y_{iwl} \quad (5)$$

Fungsi batas :

$$W_{lmin} \leq WL1 \quad WL2 \quad WL3 \geq W_{lmaks}$$

Dimana :

$F$  : fungsi tujuan

$Y_{iwl}$  : bobot tanaman (kg)

$W_{lmin}$  : rata-rata tinggi muka air minimum (cm)

$W_{lmaks}$  : rata-rata tinggi muka air maksimum (cm)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Sistem Jaringan Irigasi

Rangkaian sistem irigasi permukaan bawah tanah di desain menyesuaikan bentuk tempat sebagai media tanam. Pot media tanam memiliki diameter 45 cm dengan tinggi 30 cm dan terhubung antara pot media tanam 1 dengan lainnya. Penghubung pot media tanam berupa pipa PVC berukuran  $\frac{1}{2}$ " dengan panjang sesuai dengan jarak antar pot yaitu sebesar 20 cm. *Water level* pada bak kontrol air dipasang dengan menyesuaikan TMA rencana skenario. *Water level* akan berfungsi saat tinggi air telah membasahi 1 cm tabung sensor, dan sensor akan otomatis menutup aliran air dari kran air bak penampungan.

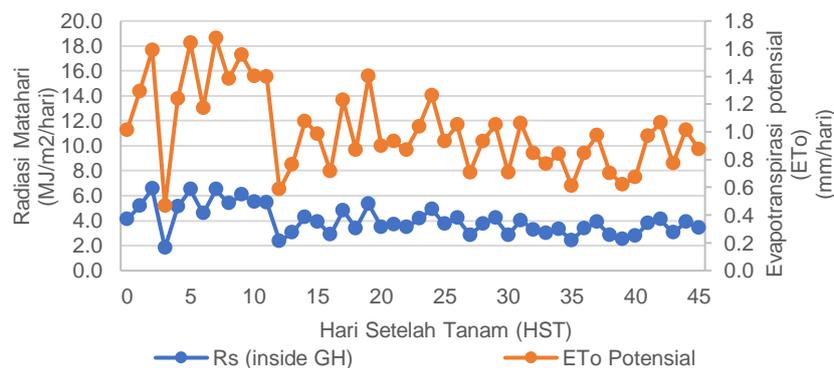


(a) (b)  
**Gambar 3.** Dokumentasi a) rangkaian sistem di lapangan b) pemasangan *water level*

### 3.2. Analisis Data Lingkungan

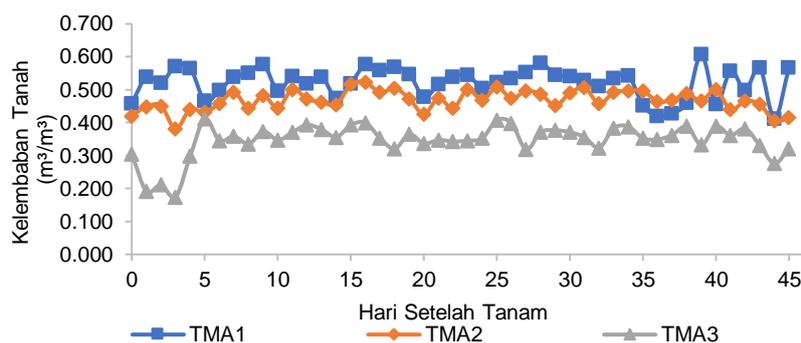
Analisis lingkungan meliputi faktor lingkungan mikro *greenhouse* dan faktor mikro internal, dimana faktor lingkungan mikro meliputi suhu dan radiasi matahari. Parameter radiasi akan dibandingkan dengan evaporasi (E) serta evapotranspirasi acuan (ET<sub>o</sub>). Suhu rata-rata harian selama periode tanam 45 hari adalah 27,73°C dengan rentang suhu 25,9 °C – 29,7 °C. Pertumbuhan pakcoy yang baik setidaknya membutuhkan suhu udara berkisar 19 °C – 21 °C [12]. Berdasarkan data diketahui bahwa suhu di dalam *greenhouse* terlalu panas dan tidak termasuk dalam kisaran suhu pertumbuhan pakcoy. Hal tersebut dapat memengaruhi pertumbuhan pakcoy serta penggunaan air tanaman yang digunakan.

Pada **Gambar 4** disajikan data radiasi matahari yang terjadi selama periode tanam. Rata-rata radiasi selama masa tanam sebesar 4,01 MJ/m<sup>2</sup>/hari dengan rentang radisi berada pada 1,82– 6,55 MJ/m<sup>2</sup>/hari. Dibandingkan dengan nilai RS pada luar *greenhouse* sebesar 13,01 MJ/m<sup>2</sup>/hari, nilai RS didalam *greenhouse* telah hilang sebesar 63,7%. Rata-rata nilai ET<sub>o</sub> adalah 1,01 mm dengan rentang nilai 0,47 – 1,67 mm/hari. Nilai RS dan suhu akan berhubungan dengan besarnya nilai evapotranspirasi yang terjadi, dimana nilai RS dan suhu berbanding lurus dengan nilai ET<sub>o</sub>. Nilai RS, suhu, dan ET<sub>o</sub> terendah terjadi pada 3 HST dengan nilai secara berturut-turut sebesar 1,82 MJ/m<sup>2</sup>/hari, 25,9°C, dan 0,47 mm/hari.



**Gambar 4.** Grafik hubungan radiasi matahari dan ET<sub>o</sub>

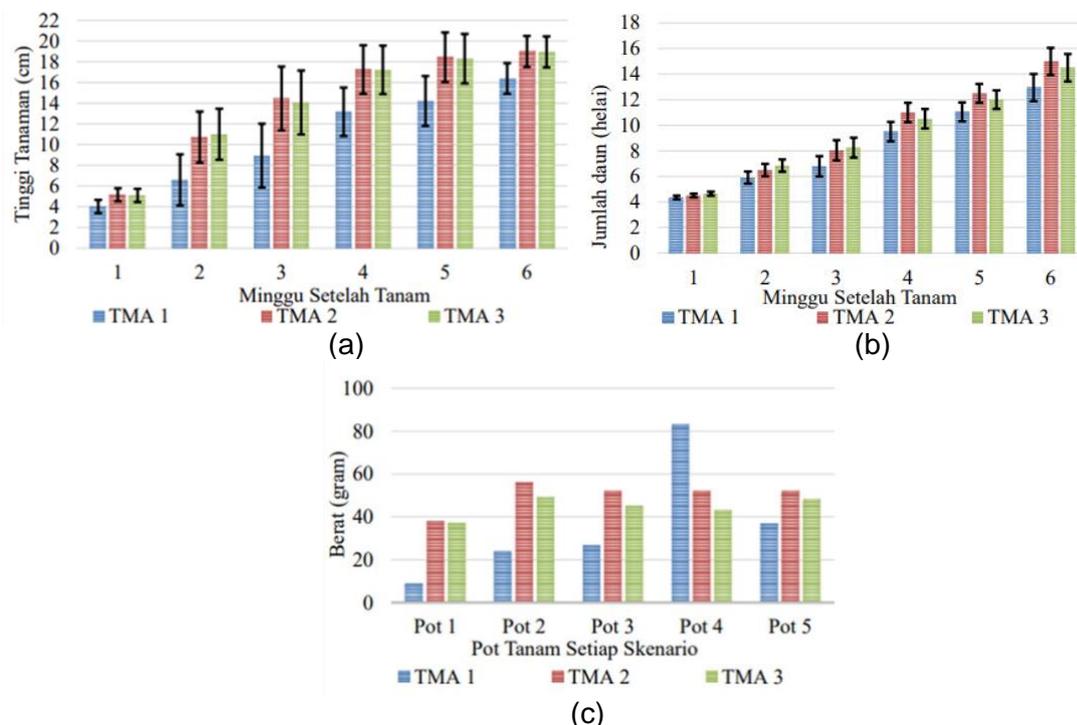
Sedangkan faktor mikro internal berupa kelembaban tanah (*soil moisture*/SM) dapat dilihat pada **Gambar 5**. Kelembaban tanah akan berhubungan dengan banyaknya kebutuhan air yang harus diberikan [13]. Berdasarkan hasil analisis data, rata-rata SM tertinggi terjadi pada skenario TMA1 dengan nilai 0,532 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> dan rata-rata SM terendah terjadi pada skenario TMA3 dengan nilai 0,346 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Sedangkan pada skenario TMA2 rata-rata SM berada diantara nilai TMA1 dan TMA3 yakni sebesar 0,470 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Hal tersebut menunjukkan bahwa kelembaban tanah yang terjadi sesuai dengan perlakuan irigasi yang diberikan.



**Gambar 5.** Nilai kelembaban tanah harian ( $m^3/m^3$ )

**3.2. Pertumbuhan Tanaman Pakcoy dan Produktivitas Air**

Pengamatan pertumbuhan dilakukan dengan menghitung jumlah daun dan tinggi tanaman setiap 7 HST selama masa penanaman serta melakukan penimbangan berat panen pakcoy. Pengamatan dan pencatatan dilakukan sebanyak 6 kali hingga HST ke-45 yaitu masa panen. Grafik pertumbuhan jumlah daun dan tinggi tanaman dapat dilihat pada **Gambar 6**. Berdasarkan analisis diketahui tinggi tanaman maksimal dan minimal terdapat pada skenario TMA1 secara berurut setinggi 24 cm dan 10,3 cm. Begitu pula dengan jumlah daun terbanyak dan tersedikit dimiliki oleh skenario TMA1 dengan jumlah daun terbanyak berjumlah 25 helai dan jumlah daun tersedikit berjumlah 7 helai. Namun, jika performa pengamatan jumlah daun dan tinggi tanaman akan diurutkan, skenario dengan performa baik untuk tinggi tanaman ialah TMA2, TMA3, TMA1 dan untuk jumlah daun skenario ialah TMA2 dan TMA3.



**Gambar 6.** Grafik pertumbuhan a) tinggi tumbuhan b) jumlah daun c) bobot panen setiap pot

Tanaman pakcoy siap dipanen setelah 45 HST [14], dan dilakukan pengukuran bobot tanaman. Berdasarkan hasil panen dan pengukuran didapatkan bobot pakcoy keseluruhan seberat 180 g atau 2,26 ton/ha untuk skenario TMA1, 250 g atau 3,15 ton/ha untuk skenario TMA2, dan 222 g atau 2,79 ton/ha untuk skenario TMA3. Mengacu pada data BPS [2], hasil panen tanaman pakcoy pada daerah Kalimantan Selatan sebesar 2,78 ton/ha. Berdasarkan hal tersebut skenario TMA2 memiliki nilai panen

yang lebih tinggi. Selanjutnya perhitungan produktivitas air dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung nilai evapotranspirasi tanaman (ETc) dengan mengalikan nilai evapotranspirasi potensial (ETo) dan koefisien tanaman (Kc) [14]. Nilai Kc untuk tanaman pakcoy adalah 0,44 (16-30 hari) dan 0,30 (31-45 hari).

**Tabel 1** Bobot tanaman dan produktivitas air

Skenario	Bobot (kg)	Hasil Panen (kg/m <sup>2</sup> )	Penggunaan Air Kumulatif (m <sup>3</sup> )	Produktivitas Air (kg/m <sup>3</sup> )
TMA1	0,18	0,226	4,66	1,19
TMA2	0,25	0,315	2,51	1,60
TMA3	0,22	0,279	3,06	1,47

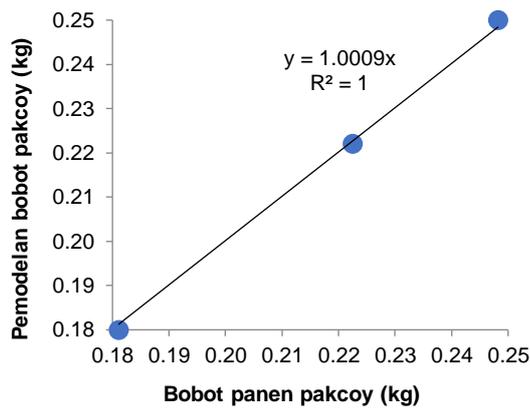
Berdasarkan **Tabel 1** diketahui bahwa bobot pakcoy terbesar dimiliki oleh skenario TMA2 senilai 250 g atau 0,25 kg dengan produktivitas air sebesar 1,60 kg/m<sup>3</sup>. Penggunaan air kumulatif terendah dimiliki oleh skenario TMA2 sebesar 2,51 m<sup>3</sup>, disusul oleh skenario TMA3 sebesar 3,06 m<sup>3</sup>, dan skenario TMA1 dengan penggunaan air kumulatif terbanyak sebesar 4,66 m<sup>3</sup>. Penggunaan air kumulatif pada TMA2 menghemat air sebanyak 8% dibandingkan skenario TMA3 dan 25% dibandingkan skenario TMA1. Produktivitas skenario TMA2 juga merupakan nilai produktivitas air terbesar diantara 2 skenario lainnya, dimana produktivitas air TMA1 dan TMA3 berurut sebesar 1,19 kg/m<sup>3</sup> dan 1,47 kg/m<sup>3</sup>. Produktivitas air TMA2 lebih tinggi 34% dibandingkan TMA1 dan lebih tinggi 9% dibandingkan TMA3. Semakin besar nilai produktivitas, pertumbuhan tanaman akan semakin baik.

### 3.3. Pemodelan dengan JST dan AG

Jaringan saraf tiruan (JST) merupakan sistem pemrosesan informasi dengan karakteristik serupa jaringan saraf biologi (JSB) [15]. Metode identifikasi dengan JST akan mengaitkan faktor-faktor yang memengaruhi suatu objek dengan hasil yang diamati [16]. Pemodelan dilakukan dengan memasukkan data *input* dalam hal ini berupa rata-rata TMA sesuai fase tanam dan data bobot panen sebagai nilai *output*. Iterasi ditentukan sebanyak 5000 kali dengan menerapkan 3 *hidden layer*. Nilai *input* maksimum untuk parameter WL1, WL2, dan WL3 secara berurutan adalah 12,8 cm; 12,9 cm; dan 13 cm, sedangkan untuk nilai minimum secara berurutan adalah 7,3 cm; 7,0 cm; dan 7,2 cm. Nilai *output* bobot maksimum dan minimum secara berurutan adalah 0,25 kg dan 0,18 kg. Nilai maksimum dan minimum digunakan sebagai batasan pada algoritma genetika agar menghasilkan nilai yang tetap relevan dengan model JST.

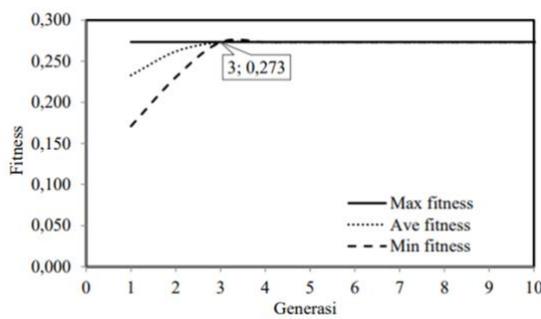
**Tabel 2** Input dan output pemodelan JST

Skenario	Output		Input	
	Bobot (kg)	WL1 (cm)	WL2 (cm)	WL3 (cm)
TMA1	0,18	12,8	12,9	13,0
TMA2	0,25	10,8	10,3	10,6
TMA3	0,22	7,3	7,0	7,2

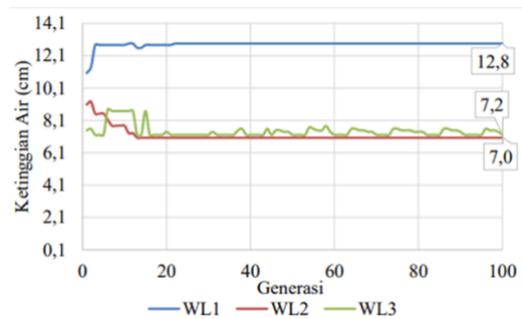


**Gambar 7.** Validasi model JST pada *output* bobot

Berdasarkan **Gambar 7** diketahui bahwa perbandingan antara nilai hasil pengukuran lapangan dan pemodelan JST memiliki nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) > 0.9 atau tepatnya 0,998. Semakin nilai  $R^2$  mendekati angka 1, maka keterikatan antara parameter yang dihubungkan teridentifikasi dengan baik dan diketahui bahwa TMA dapat memengaruhi nilai bobot tanaman yang didapatkan. Selanjutnya, hasil optimasi oleh model AG dalam 100 generasi ditampilkan pada **Gambar 8a**. Nilai *fitness* mencapai nilai konvergen pada generasi ke-3. Pada generasi tersebut, nilai *output* ditetapkan untuk mencapai nilai *input* optimal. Pada generasi ke-3 hingga generasi ke-100 nilai *fitness* telah stabil mencapai 0,273.



(a)



(b)

GA Parameters		Unit
1	Generation	100
2	Population	10
3	Number of Gen	6
4	Crossover rate	60 %
5	Mutation rate	5 %
Parameter Input		
7	WL1	0.073
8	WL2	0.070
9	WL3	0.072
Parameter Output		
11	Yield (kg)	0.18
12		0.25
13		
14		Running GA
Output GA (Optimum value)		
15	Fitness	0.27
16	Yield (kg)	0.3
17	WL1	0.128
18	WL2	0.070
19	WL3	0.072
20		

(c)

**Gambar 8** Grafik (a) nilai *fitness* (b) nilai TMA optimal pada tiap generasi AG dan (c) identifikasi bobot optimal

Nilai TMA rerata per-fase tanaman, WL1, WL2, dan WL3 secara berurutan bernilai 12,8 cm, 7,0 cm, dan 7,2 cm (**Gambar 8b**). Nilai bobot tanaman optimal berdasarkan identifikasi AG didapatkan sebesar 0,3 kg (**Gambar 8c**). Berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan, skenario optimum diantara data lapangan dan AG disajikan dalam **Tabel 3**. Penggunaan air kumulatif pada hasil pemodelan didapat sebesar 1,70 m<sup>3</sup> menghemat 18% dibanding penggunaan air pada skenario TMA2, dengan hasil panen 0,377 kg/m<sup>2</sup> dan produktivitas air sebesar 1,96 kg/m<sup>3</sup> lebih tinggi 22,5% dibanding skenario TMA2.

**Tabel 3** Rekapitulasi skenario lapangan dan nilai optimum pemodelan

Skenario	WL1 (cm)	WL2 (cm)	WL3 (cm)	Penggunaan Air Kumulatif (m <sup>3</sup> )	Hasil Panen (kg/m <sup>2</sup> )	Produktivitas Air (kg/m <sup>3</sup> )
TMA1	12,8	12,9	13,0	4,66	0,226	1,19
TMA2	10,8	10,3	10,6	2,51	0,315	1,60
TMA3	7,3	7,0	7,2	3,06	0,279	1,47
AG	12,8	7,0	7,2	1,70	0,377	1,96

#### 4. Kesimpulan

Dari skenario 3 sistem irigasi, produktivitas air tertinggi sebesar 1,60 kg/m<sup>3</sup> diraih oleh skenario TMA2. Produktivitas air pada TMA2 lebih tinggi 34% dibandingkan TMA1 (1,19 kg/m<sup>3</sup>) dan lebih tinggi 9% dibandingkan TMA3 (1,47 kg/m<sup>3</sup>). Identifikasi JST dilakukan menggunakan data rerata tinggi muka air sebagai *input* dan data bobot panen sebagai *output*, didapatkan nilai R<sup>2</sup> > 0,998. Nilai WL rata-rata per-fase tanaman, WL1, WL2, dan WL3 secara berurutan bernilai 12,9 cm, 7,0 cm, dan 7,2 cm. Nilai bobot panen optimal berdasarkan identifikasi AG didapatkan sebesar 0,3 kg dan produktivitas air sebesar 1,96 kg/m<sup>3</sup>. Dengan skenario optimal dari model AG, produktivitas air diperkirakan 22,5% lebih tinggi dibandingkan produktivitas air skenario TMA2.

#### Daftar Pustaka

- [1] Sembring GO, Ahmad RT, Rahma SS. Analisis saluran pemasaran melon kuning di Kecamatan Pantai Labu Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Agriuma*. 2017;1(11):1443-1450.
- [2] [BPS] Badan Pusat Statistik. *Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Semusim Menurut Jenis Tanaman*. Jakarta: Badan Pusat Statistik; 2020.
- [3] Nursayuti. Respon pertumbuhan dan produksi tanaman melon (*cucumis melo* L) akibat aplikasi pupuk cair dan pupuk kandang. *AGROSAMUDRA*. 2019;6(1):53-61.
- [4] Sarido L, Junia. Uji pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) dengan pemberian 326 pupuk organik cair pada system hidroponik. *Jurnal AGRIFOR*. 2017; 26(1): 65-74.
- [5] Andriana R. Analisa Pemberian Air dengan Sistem Irigasi Bawah Permukaan pada Jenis Tanah Lempung Berpasir dan Lempung Liat Berpasir (*skripsi*). Universitas Batam. Nusa Tenggara Barat. 2016.
- [6] Hermantoro, Setiawan BI, Hardjoamidjojo S, Bintoro MH. *Teknik Fertigasi Pertanian Lahan Kering*. Bogor : IPB Press:2006.
- [7] Felania C. Perencanaan Saluran Sekunder Irigasi Batang Tingkarang Kecamatan Rao Kabupaten Pasaman (*skripsi*). Universitas Muhammadiyah. Bukittinggi. 2021.
- [8] Nadjamuddin D, Soetopo W, Solichin M. O. Rencana penjadwalan pembagian air irigasi Daerah Irigasi Paguyaman Kanan Kabupaten Boalemo Provinsi Gorontalo. *J Tek Irig*. 2015;5(1):158-165.
- [9] Putri YM, Arif C. Penerapan Algoritma Genetika Untuk Optimasi Pengelolaan Air Lahan Padi Sawah Rendah Emisi Gas Metana (CH<sub>4</sub>). *J. Tek. Sipil dan Lingkungan*. 2018;3(3):149–160.
- [10] Yuliatwati T, Manik TK, Rosadi RAB. Pendugaan kebutuhan air tanaman dan nilai koefisien tanaman (kc) kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) varietas Tanggamus dengan metode lysimeter. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 2014; 3(3): 233-238.
- [11] Arif C, Setiawan BI, Saputra SFD, Mizoguchi M. Water balance analysis on water management of organic system of rice intensification (organic-sri) in West Java, Indonesia. *Jurnal Irigasi*. 2019;14(1):17-24.

- 
- [12] Cahyono B. Teknik dan Strategi Budidaya Sawi Hijau. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta. 2003.
- [13] Malik A. Optimasi kebutuhan air tanaman melon (*Cucumis melo L.*) pada sistem *pocket fertigation* dengan algoritma genetika. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 2022.
- [14] Rahmadhani NT, Sumono, Delima LS. Penentuan nilai koefisien tanaman dari beberapa spesies tanaman hortikultura pada tanah inceptisol dengan pembenah kompos. *Keteknikan Pertanian*. 2018;6(2): 394 - 401.
- [15] Rahmadani F, Akim MHP, Nurhayati. Jaringan syaraf tiruan prediksi jumlah pengiriman barang menggunakan metode *backpropagation* (studi kasus : Kantor Pos Binjai). *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTIK)*. 2021; 5(1) : 100 – 107.
- [16] Saputro HA, Mahmudy WF, Dewi C. Implementasi algoritma genetika untuk optimasi penggunaan lahan pertanian. *Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya*. 2015;5 (12) : 1 – 12.