

PERENCANAAN MODEL PENJADWALAN PENANAMAN GUNA MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DENGAN GENETIKA ALGORITMA (Studi Kasus: UMKM Hidroponik Milik Ibu Vera)

Oliver Valentino¹, Yohanes Dicka Pratama²

¹Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Musi Charitas

²Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Musi Charitas

e-mail: olivervalentino6@gmail.com, dicka@ukmc.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penjadwalan tanam berbasis algoritma genetika guna meningkatkan efisiensi rotasi tanam dan pemanfaatan lahan pada UMKM Hidroponik milik Ibu Vera. Permasalahan yang dihadapi antara lain tidak meratanya rotasi penanaman, lubang tanam yang kosong, serta waktu tunggu antar fase tanam yang belum terjadwal secara optimal. Model disusun menggunakan algoritma genetika melalui tahapan inialisasi populasi, evaluasi fitness, seleksi tournament, uniform crossover, dan mutasi swap-inversion. Sistem ini mempertimbangkan enam jenis tanaman hidroponik, dengan jadwal tanam yang disesuaikan berdasarkan durasi pertumbuhan dan ketersediaan lahan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem dapat menghasilkan jadwal tanam dengan total waktu tunggu sebesar 34 hari tanpa konflik penggunaan lahan, serta meningkatkan keterisian lubang tanam hingga hampir 100%. Distribusi panen lebih merata dan pendapatan bersih meningkat menjadi Rp15.602.600, lebih tinggi Rp5.455.200 dibanding kondisi aktual. Simulasi ini membuktikan bahwa algoritma genetika efektif dalam menyusun jadwal tanam yang efisien dan adaptif.

Kata kunci: Algoritma Genetika, Penjadwalan Tanam, Hidroponik, UMKM, Simulasi

ABSTRACT

This study aims to design a planting schedule system based on a genetic algorithm to improve crop rotation efficiency and land utilization at the hydroponic MSME owned by Mrs. Vera. The main issues addressed include uneven planting rotation, unutilized planting holes, and unorganized waiting times between nursery and growing phases. The model was developed using a genetic algorithm through stages of population initialization, fitness evaluation, tournament selection, uniform crossover, and swap-inversion mutation. The system considers six types of hydroponic vegetables, with planting schedules adjusted according to each crop's growth duration and available land. Simulation results show that the system generates a planting schedule with a total waiting time of 34 days, without land-use conflicts, and increases planting hole utilization to nearly 100%. The harvest distribution becomes more balanced, and net income rises to Rp15,602,600 increase of Rp5,455,200 compared to the actual condition. These results demonstrate that the genetic algorithm is effective in producing an efficient and adaptive planting schedule.

Keywords: Genetic Algorithm, Planting Schedule, Hydroponic, MSME, Simulation.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri hidroponik di Indonesia terus menunjukkan tren positif, terutama pada sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) yang menjadi tulang punggung ekonomi lokal. Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pola hidup sehat dan konsumsi sayuran bebas pestisida turut mendorong permintaan terhadap produk-produk hidroponik [7]. Namun, di balik potensi tersebut, banyak UMKM menghadapi berbagai kendala produksi, termasuk dalam hal efisiensi penjadwalan tanam, keterbatasan lahan, serta manajemen rotasi tanaman yang kurang optimal [2].

Salah satu kasus nyata ditemukan pada UMKM hidroponik milik Ibu Vera di Palembang, yang memiliki kapasitas 2.500 lubang tanam aktif. Meskipun skala produksinya cukup besar untuk ukuran UMKM, sistem penjadwalan tanam yang digunakan masih konvensional, yakni mengandalkan intuisi dan pengalaman pribadi tanpa dukungan sistem digital. Akibatnya, sering terjadi lubang tanam yang dibiarkan kosong, tumpang tindih waktu panen, serta waktu tunggu yang panjang antar fase budidaya, terutama saat transisi dari pembibitan ke fase pembesaran [12].

Sejumlah komoditas yang dibudidayakan meliputi jenis sayuran daun seperti pakcoy [8], sawi pahit [11], samhong [4], selada [13], kailan [1], dan siomak [9]. Setiap komoditas memiliki durasi tanam berbeda dan memerlukan alokasi lubang tanam yang tepat untuk menghindari terjadinya stagnasi produksi. Dalam praktiknya, UMKM sering kali kesulitan menyeimbangkan jumlah bibit yang ditanam dengan kapasitas lubang tanam yang tersedia dan waktu panen yang beragam.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, dibutuhkan pendekatan berbasis teknologi komputasi yang mampu menyusun jadwal tanam secara otomatis, efisien, dan adaptif terhadap berbagai kendala produksi. Algoritma genetika, yang merupakan salah satu metode pencarian solusi optimal berbasis evolusi, dinilai potensial untuk diterapkan dalam sistem penjadwalan tanaman karena kemampuannya dalam menyelesaikan masalah kombinatorial dan multi-objektif [3;14].

Penelitian ini bertujuan untuk membangun dan menguji model penjadwalan tanam berbasis algoritma genetika guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi lahan pada UMKM hidroponik. Dengan pendekatan ini, diharapkan distribusi panen dapat lebih merata, waktu tunggu antar fase dapat ditekan, serta kapasitas lubang tanam dapat dimanfaatkan secara optimal.

LANDASAN TEORI

A. Studi Pustaka

Penelitian ini membuat model penjadwalan tanam berbasis algoritma genetika yang diterapkan pada sistem hidroponik skala UMKM. Studi pustaka yang menjadi acuan umumnya membahas efektivitas algoritma genetika dalam optimasi penjadwalan serta tren peningkatan budidaya hidroponik yang mendorong kebutuhan manajemen tanam yang efisien.

B. Hidroponik

Hidroponik merupakan metode budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam, melainkan memanfaatkan larutan nutrisi yang mengandung unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman [5]. Sistem ini menjadi alternatif yang efisien dalam pemanfaatan lahan sempit serta dapat mengurangi risiko penyakit yang berasal dari tanah. Dalam sistem hidroponik, rotasi tanaman diperlukan untuk menghindari kelelahan nutrisi dalam larutan serta memutus siklus hama dan penyakit. Rotasi tanaman juga memungkinkan penggunaan lubang tanam yang lebih merata dan berkelanjutan dari satu periode ke periode berikutnya [12]

C. Penjadwalan Tanam

Penjadwalan tanam adalah proses penting dalam merancang urutan dan waktu tanam suatu komoditas agar dapat mengoptimalkan hasil produksi serta efisiensi sumber daya. Dalam konteks hidroponik skala UMKM, penjadwalan ini menjadi lebih kompleks karena melibatkan beberapa fase seperti pembibitan, pembesaran awal, dan pembesaran akhir, serta harus memperhatikan durasi tanam tiap jenis sayuran.

D. Algoritma Genetika

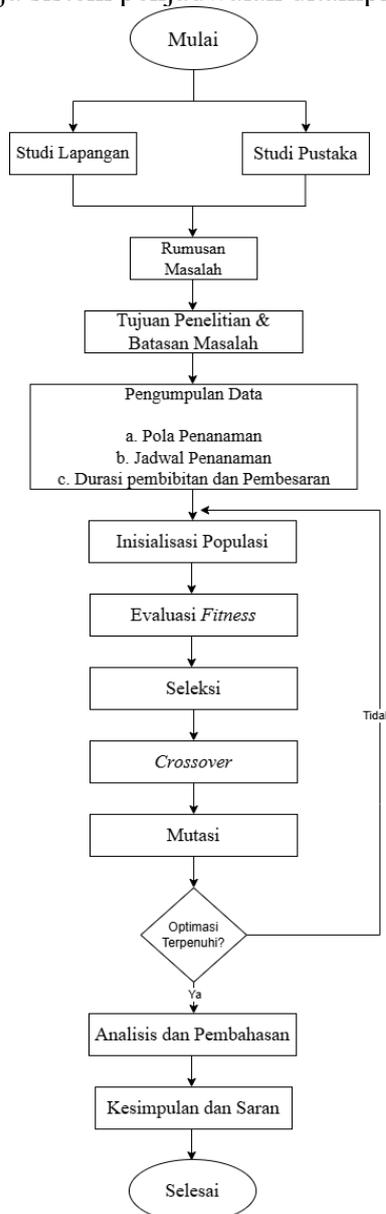
Algoritma genetika (AG) merupakan salah satu teknik optimasi berbasis populasi yang terinspirasi dari mekanisme evolusi makhluk hidup, seperti seleksi alam, crossover, dan mutasi [3;14]. AG cocok diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan karena mampu mencari solusi optimal dari ruang solusi yang sangat besar dan kompleks. Proses seleksi membantu mempertahankan solusi terbaik, sedangkan crossover dan mutasi memastikan keragaman populasi dan mencegah terjebaknya algoritma dalam solusi lokal. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa algoritma genetika dapat diterapkan secara efektif untuk sistem pertanian berbasis teknologi, termasuk penjadwalan tanam hidroponik. [6] menjelaskan bahwa penggabungan algoritma genetika dengan pemrograman Python dan struktur data yang efisien mampu menghasilkan model penjadwalan yang tidak hanya adaptif tetapi juga skalabel.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada UMKM hidroponik di Palembang dengan kapasitas total 2.500 lubang tanam. Data yang dikumpulkan meliputi durasi tanam, harga jual hasil panen, dan data pengeluaran usaha. Model algoritma genetika dibangun dalam bahasa Python dengan memanfaatkan pustaka seperti NumPy dan Pandas [6]. Tahapan utama meliputi:

1. Inisialisasi populasi: membentuk kromosom berbasis rotasi tanam acak.
2. Evaluasi fitness: berdasarkan total waktu tunggu dan efisiensi pemanfaatan lahan.
3. Seleksi: metode tournament selection untuk memilih individu terbaik.
4. Crossover: teknik uniform crossover untuk variasi genetik.
5. Mutasi: kombinasi antara swap dan inversion mutation untuk diversifikasi populasi [10].

Model diuji melalui tiga skenario simulasi rotasi tanam, lalu dibandingkan dengan data aktual produksi. Ilustrasi alur kerja sistem penjadwalan ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 1. Flowchart Metodologi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan efektivitas penggunaan algoritma genetika dalam menyusun jadwal tanam yang efisien dan adaptif untuk usaha hidroponik skala UMKM. Model

penjadwalan yang dibangun mampu menyesuaikan kebutuhan tanam dengan ketersediaan lahan serta mengurangi waktu tunggu antar fase secara signifikan. Selain itu, model ini memungkinkan rotasi tanam berjalan lebih merata sehingga seluruh komoditas memperoleh jatah ruang tanam sesuai siklus hidupnya.

Untuk memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai kinerja model, berikut disajikan dua tabel. Tabel pertama menunjukkan estimasi waktu tunggu antar fase budidaya yang dihasilkan dari model algoritma genetika, sedangkan tabel kedua membandingkan pendapatan bersih antara sistem aktual dan sistem yang disimulasikan menggunakan algoritma genetika.

Fitness Waktu Tunggu Terbaik : 34 Hari			Fitness Waktu Tunggu Terbaik : 34 Hari		
Rotasi 1			Rotasi 2		
Siomak			Siomak		
	Lahan	Hari		Lahan	Hari
Pembibitan	Lahan 7	0-11	Pembibitan	Lahan 9	22-33
Waktu Tunggu		11-11 (Tidak ada)	Waktu Tunggu		33-41 (8 Hari)
Pembesaran	Lahan 1	11-41	Pembesaran	Lahan 1	41-63
Selada			Selada		
	Lahan	Hari		Lahan	Hari
Pembibitan	Lahan 8	0-16	Pembibitan	Lahan 7	23-39
Waktu Tunggu		16-16 (Tidak ada)	Waktu Tunggu		39-51 (12 Hari)
Pembesaran	Lahan 2	16-52	Pembesaran	Lahan 4	51-75
Samhong			Samhong		
	Lahan	Hari		Lahan	Hari
Pembibitan	Lahan 9	0-11	Pembibitan	Lahan 8	27-38
Waktu Tunggu		11-11 (Tidak ada)	Waktu Tunggu		38-52 (14 Hari)
Pembesaran	Lahan 3	11-54	Pembesaran	Lahan 2	52-81
Sawi Pahit			Sawi Pahit		
	Lahan	Hari		Lahan	Hari
Pembibitan	Lahan 7	11-23	Pembibitan	Lahan 9	41-53
Waktu Tunggu		23-23 (Tidak ada)	Waktu Tunggu		53-53 (Tidak ada)
Pembesaran	Lahan 4	23-51	Pembesaran	Lahan 5	53-81
Kailan			Kailan		
	Lahan	Hari		Lahan	Hari
Pembibitan	Lahan 9	11-22	Pembibitan	Lahan 7	51-62
Waktu Tunggu		22-22 (Tidak ada)	Waktu Tunggu		62-62 (Tidak ada)
Pembesaran	Lahan 5	22-53	Pembesaran	Lahan 3	62-93
Pakcoy			Pakcoy		
	Lahan	Hari		Lahan	Hari
Pembibitan	Lahan 8	16-27	Pembibitan	Lahan 8	52-63
Waktu Tunggu		27-27 (Tidak ada)	Waktu Tunggu		63-63 (Tidak ada)
Pembesaran	Lahan 6	27-70	Pembesaran	Lahan 1	63-106

Gambar 2. Waktu Tunggu Tanaman Berdasarkan Model Algoritma Genetika
Tabel 1. Perbandingan Antara Sistem Implementasi dan Sistem Aktual

Jenis Tanaman	Harga Jual	Jumlah Aktual	Total Aktual	Jumlah Sistem	Total Sistem
Siomak	Rp12.000	109	Rp1.308.000	278	Rp3.336.000
Sawi Pahit	Rp12.000	86	Rp1.032.000	278	Rp3.336.000
Kailan	Rp12.000	32	Rp384.000	278	Rp3.336.000
Pakcoy	Rp12.000	716	Rp8.592.000	278	Rp3.336.000
Samhong	Rp12.000	10	Rp120.000	278	Rp3.336.000
Selada	Rp15.000	173	Rp2.595.000	278	Rp4.170.000
Total			Rp14.031.000		Rp20.850.000
Pengeluaran			Rp1.077.400		
Tax 20%			Rp2.806.200		Rp4.170.000
Total (Bersih)			Rp10.147.400		Rp15.602.600
Perbedaan			Rp5.455.200		

Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma genetika mampu menyusun jadwal tanam yang merata dan adaptif. Total waktu tunggu antar fase tanam turun menjadi 34 hari dari kondisi sebelumnya yang tidak terstruktur. Keterisian lubang tanam meningkat dari 88% menjadi mendekati 100%. Dalam segi ekonomi, pendapatan meningkat dari Rp10.147.400 menjadi Rp15.602.600 per siklus, yang berarti peningkatan sebesar 53,76%. Hasil ini membuktikan bahwa

pendekatan algoritma genetika efektif dalam menyelesaikan masalah penjadwalan kompleks pada usaha kecil menengah berbasis hidroponik.

ANALISIS HASIL

Analisis hasil penjadwalan tanam menunjukkan bahwa model algoritma genetika mampu menyusun rotasi tanam secara efisien dan adaptif. Penurunan waktu tunggu antar fase menjadi 34 hari merupakan bukti bahwa algoritma bekerja optimal dalam mengatur transisi antar fase pembibitan dan pembesaran. Pemanfaatan lahan yang meningkat hingga hampir 100% menunjukkan keberhasilan sistem dalam menghindari konflik penjadwalan antar tanaman.

Dari sisi ekonomi, peningkatan pendapatan sebesar Rp5.455.200 dibanding kondisi aktual menunjukkan bahwa sistem ini tidak hanya efisien dalam alokasi sumber daya, tetapi juga berdampak nyata terhadap profitabilitas usaha. Selain itu, model ini memperlihatkan kemampuan untuk menangani berbagai variasi waktu tanam tiap komoditas, menunjukkan fleksibilitas algoritma terhadap skenario berbeda. Hal ini penting karena dalam praktiknya, kondisi lingkungan, permintaan pasar, dan kapasitas tanam dapat berubah sewaktu-waktu.

Secara keseluruhan, sistem penjadwalan ini terbukti dapat dijadikan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam mengelola produksi sayuran hidroponik skala UMKM.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa Kesimpulan dan saran sebagai berikut:

Kesimpulan:

1. Penelitian ini berhasil menghasilkan model penjadwalan tanam berbasis algoritma genetika yang dirancang khusus untuk kebutuhan UMKM hidroponik. Model ini dibangun melalui tahapan inialisasi populasi, seleksi, crossover, dan mutasi yang disesuaikan dengan siklus tanam komoditas sayuran.
2. Model algoritma genetika mampu meminimalkan waktu tunggu antar fase budidaya, meningkatkan efisiensi rotasi tanam, serta mengoptimalkan penggunaan lubang tanam. Hal ini berdampak langsung terhadap kelancaran proses produksi dan menurunnya potensi konflik penjadwalan antar tanaman.
3. Implementasi model menghasilkan peningkatan pendapatan bersih yang signifikan jika dibandingkan dengan sistem penjadwalan konvensional. Sistem terbukti adaptif dalam menghadapi variasi durasi tanam dan jumlah komoditas, sehingga layak diimplementasikan dalam operasional UMKM hidroponik secara berkelanjutan.

Saran:

1. Penambahan jumlah lubang tanam atau perluasan lahan pada masing-masing zona pembibitan dan pembesaran guna meningkatkan kapasitas produksi serta memungkinkan rotasi tanaman yang lebih optimal dan berkelanjutan.
2. Penambahan jenis sayuran dengan variasi durasi pertumbuhan yang berbeda, sehingga sistem memiliki lebih banyak alternatif dalam menyusun jadwal tanam dan dapat mengisi celah waktu yang belum termanfaatkan secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alodokter. (2023). Kailan, ketahui 9 manfaatnya untuk tubuh yang sehat. Sumber: <https://www.alodokter.com/kailan-ketahui-9-manfaatnya-untuk-tubuhyang-sehat> [Diakses pada 14 Mei 2025]
- [2] Chandra, W. (2020). Tuntutan hidup sehat, tren hidroponik meningkat di masa pandemi. Mongabay. Sumber: <https://www.mongabay.co.id/2020/10/25/tuntutan-hidup-sehat-tren-hidroponik-meningkat-di-masa-pandemi/> [Diakses pada 12 Mei 2025]

- [3] Fanggidae, A., & Pandie, E. S. Y. (2020). Elitisme algoritma genetika pada fungsi nonlinear dua peubah. *Jurnal Komputer dan Informatika*, 8(2), 145–148. <https://doi.org/10.35508/jicon.v8i2.2894>
- [4] Haipul. (2023). Laporan Sawi SAMHONG. Laporan Praktek Kerja Industri, SMKN 10 Konsel. Sumber: id.scribd.com [Diakses pada 14 Juli 2025]
- [5] Hidayat, S., Satria, Y., & Laila, N. (2020). Penerapan model hidroponik sebagai upaya penghematan lahan tanam di Desa Babadan Kecamatan Ngajum Kabupaten Malang. *Jurnal Graha Pengabdian*, 2(2), 141–148.
- [6] Kalyani, G., Subramanian, R., & Madhu, G. (2023). Crop planning optimization using evolutionary computation. *Procedia Computer Science*, 217, 884–890. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.101>
- [7] Luminto, P. C. (2022). Permintaan sayur hidroponik meningkat di masa pandemi. *Republika*. Sumber: <https://visual.republika.co.id/berita/r7i3h3314/permintaan-sayur-hidroponik-meningkat-di-masa-pandemi> [Diakses pada 15 Mei 2025]
- [8] Ompusunggu, H. E. S., & Daeli, P. M. (2024). Aktivitas antioksidan dari sayur pakcoy (*Brassica rapa subsp. chinensis*) berbagai jenis tanam menggunakan metode DPPH. *Jurnal Ners*, 8(1), 728–733. <https://journal.universitaspahlawan.ac.id/index.php/ners/article/view/27566>
- [9] Ovegi. (2024). Selada Wangi (Siomak): Informasi Penanaman dan Umur Panen. Diakses dari: <https://ovegi.id/info/siomak>
- [10] Romzi, M., & Budi, K. (2020). Pembelajaran Pemrograman Python dengan Pendekatan Logika Algoritma. *JTIM: Jurnal Teknik Informatika Mahakarya*, 3(2), 37–44.
- [11] Tanam.co.id. (2025). Budidaya Sawi Pahit: Syarat Tumbuh, Penanaman, Perawatan serta Hama dan Penyakitnya. Sumber: <https://www.tanam.co.id/budidaya-sawi-pahit> [Diakses pada 14 Juli 2025]
- [12] WasteX. (2024). Apa itu rotasi tanaman? Pengertian dan manfaatnya dalam pertanian. Sumber: <https://www.wastex.io/id/post/rotasi-tanaman-adalah> [Diakses pada 6 Mei 2025]
- [13] Wikifarmer. (2025). Cara menanam selada – Panduan menanam lengkap mulai dari pembibitan hingga pemanenan. Sumber: <https://wikifarmer.com/library/id/article/cara-menanam-selada-panduan-menanam-lengkap-mulai-dari-pembibitan-hingga-pemanenan> [Diakses pada 14 Juli 2025]
- [14] Zhao, J., Schäfer, F., & Anandkumar, A. (2021). ZerO Initialization: Initializing neural networks with only zeros and ones. *arXiv preprint arXiv:2110.12661*. Sumber: <http://arxiv.org/abs/2110.12661> [Diakses pada 8 Mei 2025]