

## Optimasi Penjadwalan Waktu Panen Budidaya Ikan Mas Menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization* (Studi Kasus: Pokdakan Mina Sukses Bersama)

Suci Rahma Dhiyatri<sup>1</sup>, Media Rosha<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Matematika, Universitas Negeri Padang

e-mail: [sucirahmadhiyatri@gmail.com](mailto:sucirahmadhiyatri@gmail.com)

### Abstrak

Menentukan waktu panen yang optimal sangat penting dalam budidaya ikan mas karena berdampak signifikan pada hasil dan keuntungan. Pokdakan Mina Sukses Bersama, yang menggunakan metode tradisional di kolam tanah, menghadapi tantangan dalam menentukan jadwal panen yang tepat. Penelitian ini bertujuan mengetahui jadwal optimal waktu panen dan keuntungan maksimum menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*. Metode ini mudah diimplementasikan dan hanya membutuhkan sedikit parameter. Data penelitian mencakup pertumbuhan ikan mas, pasar, dan produksi di Pokdakan Mina Sukses Bersama pada periode September hingga Desember 2023. Hasil penelitian menunjukkan algoritma *Particle Swarm Optimization* efektif, menghasilkan waktu panen terbaik pada minggu ke-11 dengan keuntungan Rp32.976.919,31.

**Kata kunci:** *Optimasi, Waktu Panen, Particle Swarm Optimization*

### Abstract

Determining the optimal harvest time is crucial in goldfish farming as it significantly impacts yield and profit. Pokdakan Mina Sukses Bersama, which uses traditional methods in earthen ponds, faces challenges in determining the right harvest schedule. This study aims to identify the optimal harvest schedule and maximum profit using Particle Swarm Optimization algorithms. This method is easy to implement and requires only a few parameters. The research data includes goldfish growth, market conditions, and production at Pokdakan Mina Sukses Bersama from September to December 2023. The results show that the Particle Swarm Optimization algorithm is effective, with the best harvest time being in the 11th week, yielding a profit of Rp32,976,919.31.

**Keywords :** *Optimization, Harvest Time, Particle Swarm Optimization*

## PENDAHULUAN

Kementerian Kelautan Republik Indonesia pada tahun 2017 mencatat adanya 47 jenis ikan air tawar yang dibudidayakan, dengan ikan mas sebagai salah satu yang paling populer karena permintaan tinggi dan kemudahan perawatannya. Budidaya ikan mas merupakan bagian penting dari akuakultur di Indonesia, khususnya di Kabupaten Pasaman, yang menawarkan potensi besar bagi sektor perikanan budidaya. Dalam lampiran SK Menteri KKP Nomor 64 tahun 2021 tentang Kampung Perikanan Budidaya, Kabupaten Pasaman ditetapkan sebagai kampung Perikanan Budidaya dengan komoditi ikan mas bersama lima daerah lainnya [1]. Dengan meningkatnya permintaan ikan mas dan dukungan lingkungan alami yang sesuai, penjadwalan waktu panen yang optimal menjadi krusial untuk memaksimalkan hasil dan keuntungan. Keputusan yang kurang optimal dalam penjadwalan waktu panen dapat berpotensi mengurangi keuntungan dan berdampak pada keseimbangan ekosistem perairan [2].

Pokdakan Mina Sukses Bersama adalah salah satu kelompok pembudidaya ikan mas yang berlokasi di Kampung Sumur, Nagari Sitombol, Kecamatan Padang Gelugur, Kabupaten Pasaman. Pokdakan Mina Sukses Bersama menggunakan metode tradisional di kolam tanah, menghadapi tantangan dalam menentukan waktu panen yang tepat [3]. Metode tradisional umumnya tidak akurat dalam pencatatan pertumbuhan ikan, mengakibatkan panen yang bisa terlalu dini atau terlambat, sehingga berdampak pada kualitas ikan dan keuntungan. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas dan kesehatan ikan yang dipanen sehingga keuntungan petani tidak maksimal. Ikan yang memiliki kualitas yang lebih rendah dan ukuran ikan yang belum optimal dapat mengurangi nilai jual [4].

Penjadwalan waktu panen dalam budidaya ikan mas dipengaruhi oleh faktor internal seperti pertumbuhan ikan dan kondisi kolam, serta faktor eksternal seperti harga pakan dan ikan. Untuk meningkatkan efisiensi dan keuntungan, teknik optimisasi, seperti algoritma Particle Swarm Optimization, menjadi penting. Penelitian terdahulu yang dilakukan [5] menunjukkan bahwa algoritma *Particle Swarm Optimization* dapat digunakan untuk mengoptimasi permasalahan tebar benih dan tebar pakan pada budidaya ikan mas. Penelitian [6] membahas tentang optimasi penjadwalan produksi untuk meminimalkan makespan dengan pendekatan *Particle Swarm Optimization* dan *Genetic Algorithm*, penelitian ini menyimpulkan bahwa *Particle Swarm Optimization* merupakan metode yang paling optimal untuk penjadwalan produksi karena memiliki nilai makespan yang paling minimum. Dalam penelitian [7] memberi kesimpulan bahwa algoritma *Particle Swarm Optimization* dapat digunakan untuk mengoptimasi permasalahan penjadwalan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi masalah tersebut dengan menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*. Metode *Particle Swarm Optimization* dipilih karena kemudahannya dalam implementasi dan efisiensinya dalam perhitungan, serta fleksibilitasnya dalam menjaga keseimbangan antara pencarian global dan lokal untuk solusi optimal. Dengan pendekatan ini, diharapkan penjadwalan waktu panen dapat dioptimalkan, menghasilkan ikan dengan ukuran optimal dan memaksimalkan keuntungan budidaya ikan mas secara keseluruhan. Dalam *Particle Swarm*

*Optimization* populasi disebut dengan *swarm* dan individu disebut *particle*. Tingkatan yang lebih tinggi, *swarm* dilihat sebagai kelompok individu atau jumlah partikel yang melakukan suatu tindakan secara bersama untuk mencapai tujuan yang sama [8]. Partikel-partikel bergerak di sekitar ruang pencarian, dan setiap partikel memiliki posisi dan kecepatannya sendiri. Berikut adalah formulasi matematika yang menggambarkan posisi [9]:

$$X_i(t) = x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t) \in R^n$$

dimana:

$X_i$  : posisi partikel ke-i

$t$  : iterasi ke-t

$n$  : jumlah partikel

Setiap partikel menyesuaikan dengan posisi terbaik atau *personal best* yang bergantung pada *fitness function*. Nilai *fitness* merupakan ukuran kualitas dari solusi yang dihasilkan oleh partikel, semakin kecil nilai *fitness* berbanding lurus dengan semakin andal partikel untuk bertahan dalam suatu *swarm*. Setelah sejumlah iterasi dijalankan hingga mencapai kriteria pemberhentian, maka akan didapatkan solusi yang terletak pada *global best*. Menurut [10] terdapat beberapa faktor penyusun pada algoritma *Particle Swarm Optimization* sebagai berikut:

- Swarm, merupakan jumlah partikel dalam suatu populasi yang melakukan tindakan secara bersama untuk mencapai tujuan yang sama
- Partikel, merupakan suatu individu dalam suatu *swarm* yang merepresentasikan nilai untuk menyelesaikan permasalahan.
- Kecepatan (*velocity*), merupakan vektor yang menentukan arah perpindahan lokasi partikel. Diasumsikan kecepatan partikel menunjukkan seberapa cepat partikel bergerak menuju Solusi yang lebih baik dan dinotasikan sebagai berikut:

$$V_i(t) = \{V_1(t), V_2(t), \dots, V_n(t)\}$$

Keterangan:

$V_i$  : kecepatan partikel ke-i

$t$  : iterasi ke-t

$n$  : jumlah partikel

- Personal best ( $P_{best}$ ) merupakan lokasi terbaik yang pernah dicapai oleh partikel dengan membandingkan nilai objektif pada lokasi partikel saat ini dengan sebelumnya.  $(P_i) = P_1, P_2, \dots, P_n \in R^n$ ,  $P_{best,i}(t) = f(P_i)$  dimana partikel best ke-i pada iterasi ke-t.
- Global best  $G_{best} = f(P_g)$ , merupakan lokasi terbaik partikel yang diperoleh dengan membandingkan nilai objektif terbaik dari keseluruhan partikel dalam *swarm*.
- Bobot inersia ( $w$ ) digunakan untuk mengurangi dampak dari perubahan kecepatan yang diberikan oleh partikel selama iterasi. Nilai  $w$  memiliki rentang 0,4 – 0,9.
- Komponen  $c_1$  dan  $c_2$  merupakan konstanta yang bernilai positif atau *learning factor*. Nilai-nilai konstanta  $c_1$  dan  $c_2$  mengontrol sejauh mana partikel berpindah dalam satu iterasi. Secara umum nilai koefisien akselerasi  $C1$  dan  $C2$  adalah sama yaitu dalam rentang 0 sampai 4.

Selanjutnya rumus yang digunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* menurut persamaan berikut [10]:

Rumus Memperbarui kecepatan (*velocity*):

$$V_i(t) = wV_i(t - 1) + c_1r_1 (P_{best,i} - X_i(t - 1)) + c_2r_2(G_{best} - X_i(t - 1)), i = 1, 2, \dots, N$$

Posisi partikel diperbarui dengan persamaan berikut:

$$X_i(t) = V_i(t) + X_i(t - 1)$$

Posisi partikel  $X_i(t)$  pada iterasi ke- $t$  diupdate berdasarkan kecepatan baru  $V_i(t)$  ditambah dengan posisi sebelumnya  $X_i(t - 1)$ .

dengan:

$X$  : posisi partikel

$V$  : kecepatan partikel

$w$  : bobot inersia

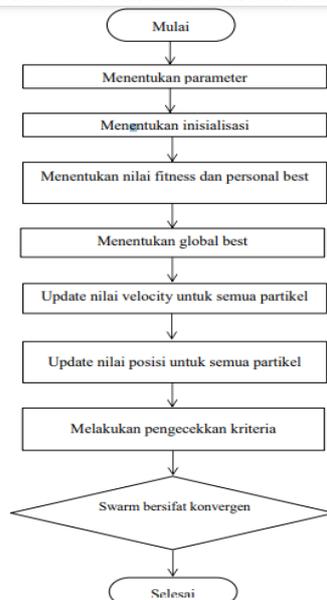
$i$  : indeks partikel

$T$  : iterasi ke- $t$

$N$  : ukuran dimensi ruang

$r$  : bilangan random 0-1

Persamaan ini akan digunakan dalam ruang dimensi tertentu dengan sejumlah iterasi. Sehingga di setiap iterasi, lokasi partikel akan semakin mengarah ke target yang dituju sampai *stopping criteria* terpenuhi. *stopping criteria* ditentukan seperti jumlah selisih solusi sekarang dengan solusi sebelumnya sudah sangat kecil [11]. Penetapan jumlah iterasi maksimal juga dapat digunakan sebagai *stopping criteria* dari sebuah algoritma [12]. Setelah sejumlah iterasi dijalankan hingga mencapai kriteria pemberhentian, maka akan didapatkan solusi yang terletak pada *global best*. Berikut ini merupakan *flow chart* untuk metode *Particle Swarm Optimization* [13]



Gambar 1. *Flow Chart Metode Partilce Swarm Optimization*

## METODE

Jenis data yang digunakan adalah data sekunder, yang diperoleh melalui dokumentasi dari Dinas Perikanan Kabupaten Pasaman, yang mencakup arsip, dokumen, dan laporan. Data meliputi pertumbuhan ikan mas seperti usia, panjang, berat, laju pertumbuhan, dan mortalitas, serta data pasar dan biaya produksi selama periode September hingga Desember 2023 di Pokdakan Mina Sukses Bersama. Teknik analisis data pada penelitian ini yaitu:

- Menetapkan parameter awal dalam algoritma *Particle Swarm Optimization* dan inialisasi posisi awal partikel secara acak dan kecepatan awalnya .
- Evaluasi fungsi *fitness* untuk setiap partikel.
- Menentukan nilai *personal best* dari setiap partikel dan *global best* dari setiap partikel.
- Memperbarui nilai posisi partikel dan kecepatan dari setiap partikel.
- Jika *stopping criteria* terpenuhi maka proses selesai, jika tidak ulangi langkah (c)
- Melakukan iterasi *Particle Swarm Optimization* hingga kondisi berhenti terpenuhi. Mengkonversi nilai fitness terbaik ke dalam waktu panen dan menentukan keuntungannya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengolahan dari teknik analisis data maka akan dilakukan pengoptimalan waktu panen budidaya ikan mas menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization*. Pengumpulan data Pokdakan Mina Sukses Bersama diperoleh dari Dinas Perikanan Kabupaten Pasaman, Pada penelitian ini data yang tersedia dikelompokkan menjadi 3 jenis yaitu data pertumbuhan ikan mas, data pasar dan data biaya produksi di Pokdakan Mina Sukses Bersama.

Pada pengolahan data menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization tool* MATLAB 2016b akan dipakai dalam pencarian nilai variabel keputusan ( $X$ ) yang paling optimal sehingga total keuntungan dari hasil panen budidaya ikan mas maksimum. Parameter yang dipakai bisa diperhatikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Parameter *Particle Swarm optimization***

Parameter	Nilai
Jumlah partikel ( $np$ )	20
batas atas ( $ba$ )	1
batas bawah ( $bb$ )	16
jumlah iterasi maksimum ( $itmax$ )	10
bobot inersia ( $w$ )	0,7
<i>cognitive-only learning factor</i> ( $c_1$ )	2
<i>social-only learning factor</i> ( $c_2$ )	1

Penelitian ini memiliki jumlah partikel ( $np$ ) yaitu 20 dengan batas atas ( $ba$ ) ditetapkan pada minggu ke-1 sebagai *minimum harvest week* dan minggu ke-16 merupakan batas bawah ( $bb$ ) sebagai *maximal harvest week* di Pokdakan Mina Sukses Bersama. Bobot inersia ( $w$ ) yang digunakan adalah 0,7 untuk mengontrol

kecepatan selama iterasi. Komponen  $c_1$  dan  $c_2$  masing-masing adalah *learning factor* untuk kemampuan individu (*cognitive*) dengan nilainya yaitu 2 dan pengaruh sosial (*social*) memiliki nilai 1, dengan 10 sebagai iterasi maksimum.

a. Data Ikan Mas

Data pertumbuhan ikan mas di Pokdakan Mina Sukses Bersama, data ini mencakup pertumbuhan ikan mas selama 16 minggu dalam aspek usia ikan mas, panjang ikan mas, berat ikan mas, laju pertumbuhan ikan mas, dan mortalitas. Pada minggu pertama, panjang rata-rata ikan adalah 10 cm dan meningkat hingga 23,1 cm pada minggu ke-16. Berat ikan mas diukur dalam gram setiap minggu. Berat awal ikan pada minggu pertama adalah 50 gram dan meningkat menjadi 504 gram pada minggu ke-16. Laju pertumbuhan berat adalah peningkatan berat rata-rata ikan mas per minggu. Nilai laju pertumbuhan berat ikan bervariasi dari 6 gram/minggu hingga 39 gram/minggu. Mortalitas mencatat persentase kematian ikan mas setiap minggu. menunjukkan tingkat mortalitas ikan mas per minggu dengan persentase tertinggi adalah 2%, sedangkan beberapa minggu memperlihatkan 0,5% sebagai mortalitas terendah dari pertumbuhan ikan mas.

**Tabel 2. Data Ikan Mas**

Minggu	Panjang ikan (cm)	Berat ikan (gram/ekor)	Laju pertumbuhan (gram/minggu)	Mortalitas (%)
1	10	50	30	2
2	10,9	82	32	2
3	11,8	118	36	2
4	12,7	153	35	1,5
5	13,6	190	37	1,5
6	14,5	228	38	1
7	15,4	265	37	1,5
8	16,3	299	34	1,5
9	17,2	338	39	1,5
10	18,1	376	38	2
11	19	410	34	0,5
12	19,9	440	30	0,5
13	20,7	465	25	1
14	21,5	487	22	0,5
15	22,3	498	11	0,5
16	23,1	504	6	0,5

b. Data Pasar

Data pasar yang digunakan berupa harga jual ikan mas per kilogram dari Pokdakan Mina Sukses Bersama di Kabupaten Pasaman. Dengan harga jual Rp 22.000 per kg, potensi pendapatan dari penjualan ikan mas meningkat seiring dengan bertambahnya berat ikan setiap minggunya. Potensi pendapatan dari satu ikan pada minggu tertentu,

dihitung dengan mengalikan berat rata-rata dalam kg dengan harga jual ikan mas per kg. Pada minggu pertama, potensi pendapatan dari satu ikan mas adalah Rp 1.100, sementara pada minggu ke-16, potensi pendapatan dari satu ikan mas mencapai Rp 11.088.

c. Data Produksi

Tabel 4 menampilkan data biaya produksi selama periode pembesaran ikan mas di Pokdakan Mina Sukses Bersama.

**Tabel 3.Data Biaya Produksi**

Biaya	Jumlah	Harga
Pakan	5.589	12.000/kg
Benih	10.000	300/ekor
Sewa Kolam	1	2.500.000

Total pakan yang digunakan selama periode budidaya 16 minggu adalah 5.589 kg. Jumlah ini menunjukkan volume pakan yang dihabiskan untuk memberi makan ikan mas dari tahap awal hingga siap panen. Kebutuhan pakan dipengaruhi oleh jumlah ikan, ukuran ikan, dan durasi budidaya. Berikut rincian penggunaan pakan selama periode pembesaran ikan mas di Pokdakan Mina Sukses Bersama:

**Tabel 4.Rincian Penggunaan Pakan**

Minggu	Penggunaan Pakan (kg)	Total Harga Mingguan (Rp)	Pengeluaran kumulatif (Rp)
1	70	840.000	840.000
2	113	1.356.000	2.196.000
3	159	1.908.000	4.104.000
4	201	2.412.000	6.516.000
5	245	2.940.000	9.456.000
6	287	3.444.000	12.900.000
7	330	3.960.000	16.860.000
8	368	4.416.000	21.276.000
9	412	4.944.000	26.220.000
10	453	5.436.000	31.656.000
11	488	5.856.000	37.512.000
12	517	6.204.000	43.716.000
13	540	6.480.000	50.196.000
14	559	6.708.000	56.904.000
15	424	5.088.000	61.992.000
16	423	5.076.000	67.068.000
<b>Total</b>	<b>5589</b>	<b>67.068.000</b>	<b>67.068.000</b>

Pada pengujian numerik ini, dilakukan pengolahan data yang sudah diperoleh menggunakan software matlab. Hal tersebut dilakukan untuk mencari variabel keputusan yang optimal. Tabel merupakan hasil variabel keputusan (X) yang menghasilkan nilai *fitness* yang paling optimal atau Total Profit terbaik.

**Tabel 5.Total Profit dengan Metode  
Algoritma *Particel Swarm Optimization***

Variabel Keputusan	Hasil
	Biaya
X	11
Total Berat Panen	3.454.042
Total Pendapatan	75.988.919,31
Total Biaya Produksi	43.012.000,00
Total Profit	32.976.919,31

Tabel menunjukkan bahwa, waktu panen terbaik berada pada minggu ( $X = 11$ ) dengan bobot ikan mas 410 gram sehingga total berat panennya yaitu 3.454,042 kg. Dengan variabel keputusan tersebut dapat diketahui bahwa, total biaya yang dikeluarkan adalah Rp43.012.000,00 dengan pemasukan sebesar Rp75.988.919,31. Sehingga total keuntungan yang didapat oleh Pokdakan Mina Sukses Bersama adalah Rp32.976.919,31.

## SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan algoritma *Particle Swarm Optimization* efektif dalam menentukan waktu panen optimal budidaya ikan mas yaitu menghasilkan jadwal yang lebih optimal dengan waktu panen terbaik pada minggu ke-11. Keuntungan yang didapat setelah menggunakan algoritma *Particel Swarm Optimization* dengan waktu panen optimal pada minggu ke-11 yaitu sebesar Rp32.976.919,31.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] SK Menteri KKP Nomor 64. (2021). *Kampung Perikanan Budidaya*.
- [2] Ma'bud, R. S., & Nurhamiddin, F. (2020). *Optimalisasi Penjadwalan Proses Pengembangan Budidaya Ikan Nila dengan Menggunakan Metode PERT-CPM*. Jurnal Agribisnis Perikanan, 13, 292-300.
- [3] Satria, V., B. (2019). *Pokdakan Mina Sukses Bersama*. Profil Kelompok Perikanan Kementerian Kelautan Dan Perikanan.
- [4] Simbolon, D. (2020). *Degradasi Daerah Penangkapan Ikan di Pesisir*. Bogor (ID). IPB Press.
- [5] Aprianto, H. Y., Sallu, S., & Kurniawan, H. (2016). *Optimasi Tebar Benih Dan Tebar Pakan Pada Budidaya Ikan Mas Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)*. Jurnal Teknik Informartika, 1-14.
- [6] Prasisti, D., & Nugroho, Y. A. (2023). *Optimasi Penjadwalan Produksi untuk Meminimalkan Makespan dengan Pendekatan Particle Swarm Optimization dan Genetic Algorithm*. Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan, 2, 111-118.

- [7] Ariani, D., Fahriza, A., & Prasetyaningrum, I. (2019). *Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah Di Jurusan Teknik Informatika Pens Dengan Menggunakan Algoritma Particle Swarm Optimization (PSO)*. Jurnal Teknik Informartika, 1-11.
- [8] Grosan, C., Abraham, A., & Chis, M. (2006). *Studies in Computational Intelligence 34, chapter Swarm Intelligence in Data Mining, 1-20*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [9] Santosa, B., & Ai, T. J. (2017). *Pengantar Metaheuristik (Implementasi dengan Matlab)*. Surabaya: ITS Tekno Sains
- [10] Chao, K. H., Chang, L. Y., & Liu, H. C. (2013). *Maximum Power Point Tracking Method Based on Modified Particle Swarm Optimization for Photovoltaic Systems*. International Journal of Photoenergy, 1-6.
- [11] Rao, S. S. (2009). *Engineering Optimization: Theory and Practice (4<sup>th</sup> Edition)*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [12] Bansal, V. (2011). *Use of GIS and Topology in the Identification and Resolution of Space Conflicts*. Journal of Computing in Civil Engineering, 25, 159-171.
- [13] Muharni, Y., Febianti. E., & Sofa, N. N. (2019). *Minimasi Makespan Pada Penjadwalan Flow Shop Mesin Paralel Produk Steel Bridge B-60 Menggunakan Metode Longest Processing Time Dan Particle Swarm Optimization*. Jurnal Industrial Services, Vol. 4 No. 2.