

Analysis of Mathematical Models for Gurame Cultivation Systems in Empang Ponds in Tambelang Bekasi Regency

Analisis Model Matematika Sistem Budidaya Ikan Gurame Pada Kolam Empang Di Tambelang Kabupaten Bekasi

*Riri Sadiana¹, Hengki Rahmanto²

^{1,2})Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam
"45" Bekasi Jl. Cut Meutia No.83 Bekasi

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 16 Maret 2021

DIREVISI : 14 April 2021

DISETUJUI : 15 Juni 2021

*KORESPONDENSI PENULIS :

riri.sadiana@unismabekasi.ac.id

Abstract

The system of gouramy cultivation in ponds conducted by the community of Tambelang Bekasi Regency is still based on their experiences that develop in an unwritten manner with the application of the Pendederan I, Pendederan II, and Pendederan III systems to anticipate the length of time they need to go from ready to consumption. Pendederan II in addition to the need for optimization on input variables (feed, sente leaves, area maintenance officers) is also a transition period that is vulnerable to predators or predators such as snakes, bats, and cork fish. Techniques and methods for dealing with predators are being developed by these farmers. The analytical approach that examines the system of gouramy cultivation in pond ponds conducted by the Tambelang Bekasi Community becomes a very urgent matter considering that the results of preliminary studies conducted on yields obtained in nursery II only range from 60% to 70% of the entire seedling population distributed. The results of the analysis of mathematical models of carp culture in pond ponds in Tambelang District, Kabasi show the results that mathematical solutions through numerical simulation are strongly influenced by intrinsic rate and emphasis on the number of predators in the form of pool sterilization efforts every three months.

Keywords: *Mathematical Model, Fish Cultivation System*

Abstrak

Pola budidaya ikan gurame pada kolam empang yang dilakukan masyarakat Tambelang Kabupaten Bekasi masih berpedoman berdasarkan pengalaman mereka yang berkembang secara tidak tertulis dengan penerapan sistem Pendederan I, Pendederan II, dan Pendederan III untuk mensiasati lamanya waktu yang perlu mereka tempuh dari larva hingga siap konsumsi. Pendederan II selain perlunya optimasi pada variable input (pakan, daun sente, petugas perawatan area) juga merupakan masa transisi yang rentan terhadap predator atau pemangsa seperti ular, kelelawar, dan ikan gabus. Teknik dan metode untuk mengatasi pemangsa tengah dikembangkan oleh pembudidaya tersebut. Pendekatan analitik yang mengkaji sistem budidaya ikan gurame pada kolam empang yang dilakukan Masyarakat Tambelang Kabupaten Bekasi menjadi sesuatu yang sangat urgen mengingat bahwa hasil studi pendahuluan yang dilakukan terhadap hasil panen yang diperoleh pada Pendederan II hanya berkisar 60% samapai 70% dari seluruh populasi bibit yang disebar. Hasil analisis model matematika sistembudidaya ikan gurame pada kolam empang di Kecamatan Tambelang Kab.Bekasi menunjukkan hasil bahwa solusi secara matematis melalui simulasi numerik sangat dipengaruhi oleh laju intrinsic dan penekanan jumlah pemangsa dalam bentuk upaya sterilisasi kolam per tiga bulan.

Kata kunci: *Model Matematika, Sistem budidaya Ikan*

I. PENDAHULUAN

Sistem budidaya ikan gurame pada area kolam di Tambelang Kabupaten Bekasi melibatkan beberapa variable atau komponen yang saling terhubung dan mempengaruhi

terhadap kuantitas hasil panen. Variable dominan yang mempengaruhi kondisi tersebut adalah *sirkulasi air, pakan dan pemangsa*.

Sirkulasi air menjadi modal utama untuk budidaya ikan, terlebih lagi untuk jenis ikan gurame. Kondisi sirkulasi air yang buruk dapat mengakibatkan pertumbuhan ikan yang

tidak sehat, ikan dapat terkena penyakit dan atau terhambat dalam pertumbuhannya. Namun pada praktisnya, kondisi sirkulasi air tidak lagi menjadi factor kendala dalam budidaya ikan gurame di area tersebut, mengingat bahwa budidaya ikan gurame yang dilakukan oleh masyarakat tersebut dilakukan pada area kolam yang terhubung langsung dengan saluran irigasi yang sudah terkontrol untuk mengairi area pertanian.

Pakan dan *pemangsa* menjadi faktor sekaligus kendala yang serius. Kekurangan pangan dapat menghambat pertumbuhan ikan dan kelebihan pangan akan menaikkan biaya kebutuhan pangan. Meningkatnya jumlah pemangsa sangat berdampak pada perolehan hasil panen, akan tetapi sebagian pemangsa sangat sulit diidentifikasi keberadaanya, seperti ikan gabus, ular dan kelelawar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model Matematika Perkembangan Ikan

Pemodelan matematika merupakan salah satu cabang ilmu dalam matematika yang mengkaji tentang pemecahan masalah dalam berbagai bidang ilmu dengan menggunakan konsep-konsep matematika, yaitu permasalahan dalam bidang sains, teknologi, sosial, dan lain sebagainya. Kemajuan teknologi dalam berbagai bidang yang berkembang pesat saat ini tentunya tidak lepas dari peranan ilmu pemodelan matematika. Pemodelan matematika dapat dipakai sebagai salah satu solusi untuk pengolahan sumberdaya perikanan melalui budidaya ikan.

Math 201 Group Project Final Report (2010) dalam "*Modeling of a fish population and the effect of overfishing*" beberapa penjelasannya mengungkapkan bahwa meningkatnya laju penangkapan ikan oleh predator dapat menurunkan jumlah populasi setimbang, untuk populasi ikan tertentu, ada beberapa tingkat penangkapan ikan yang mengoptimalkan keuntungan ekonomi dan tingkat pertumbuhan populasi ikan. Penjelasan tersebut menyatakan bahwa akan ada sebuah titik kesetimbangan yang akan dicapai dari suatu sistem budidaya ikan sedemikian sehingga nilai optimum secara ekonomis dapat diperoleh. Pada kasus budidaya ikan gurame yang dilakukan oleh masyarakat Tambelang Kabupaten Bekasi, perlu dilakukan analisis serupa sehingga dapat ditentukan polanya agar keuntungan yang diperoleh dapat maksimal.

Ovide Arino (1998) dalam artikelnya yang berjudul "*a mathematical model of growth of population of fish in the larval stage: density-dependence effect*" menyimpulkan bahwa model matematika tersebut merupakan alat bantu secara analitis untuk melakukan penerapan budidaya ikan pada tahap larva dengan meninjau tingkat kepadatan populasinya. Pada penelitian tersebut, ikan yang dimaksud masih sangat bersifat umum, baik ikan konsumsi maupun ikan hias, ikan air tawar maupun ikan laut; dan tentunya memiliki karakteristik yang berbeda. Pada penelitian ini akan dikaji secara lebih spesifik pola dari suatu model ikan gurame yang tentunya memiliki karakteristik tersendiri dalam sistem budidayanya.

2.2 Sistem Budidaya Ikan Gurame

Ikan Gurame (*Osphronemus gouramy*) merupakan salah satu dari 15 jenis komoditi perikanan yang ditujuka untuk peningkatan produksi dan pendapatan petani serta untuk pemenuhan sasaran gizi masyarakat. Ikan gurame memiliki nilai ekonomis yang tinggi, selain diminati oleh masyarakat juga memiliki harga yang relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan ikan jenis air tawar lainnya. Saat ini, perkembangan budidaya ikan ini telah mencapai tahapan intensif. Berbagai penelitian baik dari penggiat maupun pemerhati budidaya ikan tersebut terus dilakukan dan dalam tahap perkembangan, tercatat bahwa Handayani (1997) mengemukakan bahwa budidaya ikan gurame dalam wadah terkontrol dan pemberian pakan buatan lebih cepat mengalami pertumbuhan.

Perhatian terhadap pemberian kombinasi beragam pakan hijau telah diteliti oleh M.Sulhi pada tahun 2011 dalam Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur, hasil penelitiannya menunjukan bahwa kombinasi beragam pakan hijau yang tepat memberikan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap pertumbuhan, bobot, sintasan, dan konversi pakan terbaik diperoleh pada pakan kombinasi pakan buatan dan daun sente sebesar 227,77 g/ekor, 93,3%, dan 2,22 sedang tanpa jenis hijauan (kontrol) yaitu 166,05 g/ekor, 81,8% dan 3,32.

Pada prosesnya, debit air dan sistem sirkulasi air mejadi kendala dalam budidaya ikan gurame, hal ini telah diteliti oleh Ahmad Junaidi pada tahun 2016 yang menegaskan bahwa kinerja dan kelangsungan hidup terbaik diperoleh pada perlakuan debit air 0,02 L/detik. Perolehan nilai debit air tersebut ditunjang juga dengan angka kelangsunga hidup sebesar 85% dari populasi.

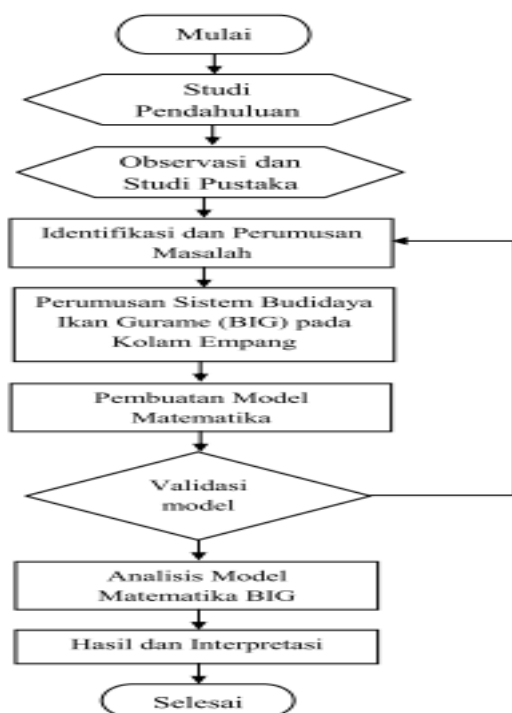
Wilson Pane (2011) memberikan gambaran yang cukup rinci tentang "efisiensi penggunaan input produksi pada pembesaran ikan gurame di Kecamatan Dramaga Kab.Bogor", Input produksi yang dimaksud meliputi, benih (5 ekor/m²), pellet, daun sente, pupuk dan tenaga kerja. Penelitian yang dilakukan terfokus pada kuantitas benih yang sangat minim yaitu 5 ekor/m² dan tidak ada klasifikasi pendederan. Padahal, secara praktis, jumlah bibit yang disebar sangat bergantung pada ukuran benih yang terklasifikasi pada pendederan artinya jumlah benih yang disebar bergantung pada jenis pendederan yang diterapkan.

Belum adanya pendekatan model matematis dalam memformulasikan sistem budidaya ikan gurame yang melibatkan pemangsa untuk kolam empang menjadi kekurangan dalam perhitungan numerik yang dilakukan. Karenanya, Penelitian yang akan dilakukan lebih terfokus pada penentuan model matematis sistem budidaya ikan gurame dan kemudian baru akan dilakkan analisis terhadapnya. Melalui model matematika, pola kematian yang terjadi akibat predator atau pemangsa pun dapat dihitung dan dianalisis.

III. METODE

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini mencakup beberapa langkah yang termuat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1 Tahap – tahap analisis model matematika sistem budidaya ikan gurame

1. Studi pendahuluan
Studi pendahuluan terus dilakukan sejak 3 bulan terakhir terkait dengan sistem budidaya ikan gurame pada masyarakat Tambelang Kabupaten Bekasi. Studi pendahuluan ini meliputi pencatatan metode dan variabel yang mempengaruhi.
2. Observasi dan studi pustaka
Dalam tahapan ini akan dilakukan persiapan penunjang guna membantu jalannya suatu penelitian. Adapun kegiatannya antara lain :
 - a. Observasi
Observasi merupakan tahapan penelitian yang dilakukan dengan cara mengamati obyek penelitian yaitu ikan gurame.
 - b. Studi Pustaka
Studi Pustakamerupakan tahapan penelitian yang dilakukan dengan cara mencari referensi atau literature baik dari buku atau internet yang berhubungan dengan sistem budidaya ikan gurame.
3. Identifikasi dan perumusan masalah
Tahap selanjutnya setelah mendapatkan data dari objek dan dilengkapi dengan teori-teori dari studi pustaka

adalah mengidentifikasi variable dominan dan merumuskan permasalahan yang akan dikembangkan.

4. Perumusan model matematika sistem budidaya ikan gurame pada kolam empang
Permasalahan yang telah dirumuskan serta dikembangkan selanjutnya akan dibuat kedalam rumusan simbol untuk keperluan model matematika sesuai dengan analisa dan desain atau perancangan yang akan ditampilkan.
5. Validasi model
Pengujian ini dilakukan oleh peneliti ditujukan untuk mengetahui bahwa sistem yang dikembangkan sudah berjalan sesuai dengan algoritma dan model yang dibuat. Untuk pengujian ini akan dilihat hasil *output* dan desain apakah sudah sesuai dengan yang fakta atau belum. Bila hasil telah berjalan dan sesuai dengan harapan, maka sistem dapat dinyatakan diterima.
6. Analisis model matematika
Analisis ini meliputi hasil simulasi numerik dan kesesuaiannya dengan fakta terkait model matematika sistem budidaya ikan gurame pada kolam empang.
7. Hasil dan interpretasi
Bagian ini merupakan tahapan akhir dari penelitian ini, dimana model matematika sistem budidaya ikan gurame sudah siap untuk diaplikasikan.

Teknik Analisis Data

Perancangan model matematika sistem budidaya ikan gurame memuat beberapa tahap berikut:

1. Menentukan asumsi (berdasarkan data hasil studi pendahuluan) terkait variabel dominan dan menentukan hubungan yang terbentuk pada tiap variabel sehingga membentuk suatu sistem, dalam hal ini bibit gurame, pakan, dan pemangsa.
2. Membuat rumusan model matematika sistem yang terbentuk.
3. Menentukan nilai parameter untuk model yang terbentuk.
4. Mensimulasikan secara numerik model yang dibuat dengan menggunakan perangkat lunak *wolframe mathematica 10*.
5. Mensingkronisasi hasil simulasi dengan kondisi di lapangan.
6. Menganalisis hasil simulasi dengan membaca *phase potrait* dan titik ekuilibrium yang terdapat dari hasil simulasi.
7. Menginterpretasikan hasil analisis model matematika sistem budidaya ikan gurame.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem budidaya ikan gurame di kolam empang yang dilakukan oleh pembudidaya ikan gurame masyarakat Tambelang masih sangat tradisional, belum nampak adanya pemanfaatan teknologi dalam pelaksanaan yang dilakukan. Belum adanya pemanfaatan teknologi dalam proses budidaya tersebut dinilai dari belum adanya kemauan, kesempatan dan wawasan mereka untuk sekedar ujicoba memanfaatkan

teknologi dalam budidaya yang dilakukan.

Budidaya ikan gurame yang dilakukan masyarakat tersebut melalui berbagai tahapan yang mencakup; persiapan kolam empang (pengeringan dan sterilisasi pemangsa/hama), pengisian air ke kolam, penyebaran bibit, monitoring dan evaluasi seiring pemberian pakan, dan panen. Hal yang unik dari tahapan tersebut ada proses pengeringan empang hingga beberapa hari untuk memastikan bahwa jenis predator Gabus sudah punah dari kolam, meskipun saat panen selalu terdapat ikan gabus tersebut. (terlampir pada catatan harian)

Penelitian yang dilakukan menggunakan dua kolam empang dimana satu diantaranya dijadikan sebagai variabel kontrol, hal ini dilakukan mengingat bahwa kolam yang bukan merupakan variabel kontrol dilakukan perlakuan variasi pakan dan kendali pemangsa. Perlakuan demikian mengacu pada desain penelitian ini berbasis eksperimen semu.

Model Matematika Sistem Budidaya Ikan Gurame

Model matematika sistem budidaya ikan gurame yang akan dilakukan analisis padanya mengacu pada model matematika *prey-predator* dengan pemanenan konstan pada ikan *prey* yang dipublikasikan oleh Kar dan Chakraborty pada tahun 2010 dalam *international journal of information and system science* sebagai berikut:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K}\right) - \frac{\alpha xy}{a + x} - h(t), \dots \text{pers(1)}$$

$$\frac{dy}{dt} = -dy + \frac{\beta \alpha xy}{a + x} - \gamma y^2, \dots \text{pers(2)}$$

Dimana:

x = Banyaknya populasi ikan *prey*

y = Banyaknya populasi ikan *predator*

r = Laju pertumbuhan intrinsik *prey*

K = Kapasitas daya dukung lingkungan *prey*

α = Laju penangkapan relatif maksimum akibat predasi

β = Laju pertumbuhan maksimum ikan predator

γ = Laju kematian *predator* akibat predasi

a = Laju kelahiran populasi ikan *prey*

d = Laju kematian alami ikan *predator*

h = tingkat pemanenan ikan *prey*

Model matematika tersebut menggambarkan interaksi yang terjadi pada ikan *predator* dan ikan *prey* pada sebuah ekosistem. Secara alamiah, baik ikan *predator* maupun *prey* mengalami kelahiran, laju pertumbuhan dan kematian alami. Namun demikian, pada konsep budidaya ikan gurame yang dilakukan masyarakat pembudidaya ikan gurame Kecamatan Tambelang memiliki beberapa keunikan sebagai berikut:

1. Pada budidaya pendederan II dan III besarnya angka kelahiran adalah 0.
2. *Predator* tidak hanya terdiri dari ikan, pada kasus yang dijumpai, ular dan kelelawar juga berperan sebagai *predator*.
3. Laju kematian alami *predator* belum didapat nilai parameternya secara pasti.

Adapun asumsi yang dibangun secara khusus dalam penelitian ini adalah:

1. lingkungan hidup populasi ikan gurame sangat ideal sehingga perkembangan tidak terbatas untuk kondisi tanpa *predator*.
2. Pertumbuhan ikan gurame termasuk ideal jika tanpa terdapat kendala pada pakan
3. Laju mangsa proporsional dengan laju pertemuan antara ikan gurame dengan *predator* yang terjadi secara acak.
4. Laju kematian predator konstan terhadap kepadatan dan umur ikan gurame (untuk kasus tanpa pengendalian predator)
5. Keadaan lingkungan adalah homogen.

Nilai parameter yang digunakan dalam model *predator prey* dengan pemanenan konstan pada ikan *prey* versi Kar dan Chakraborty (2010:328) adalah $r = 0.8, d = 0.1, a = 10, \alpha = 0.75, \beta = 0.75, K = 100, \gamma = 0.08$. nilai pemanenan h asumsi yang diberikan yaitu $0 \leq h \leq h_{maks}$, dimana h_{maks} merupakan nilai pemanenan maksimum. Lebih lanjut, beberapa nilai parameter tersebut akan digunakan pada analisis numeric dari model matematika sistem budidaya ikan gurame yang diteliti.

Hasil analisis mengenai pertumbuhan dan hasil panen ikan gurame tanpa *predator*, pers ... (1) akan menjadi:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K}\right) - h(t), \dots \text{pers(3)}$$

Sehingga diperoleh solusi:

$$x[t] = \frac{1}{2} \left(K - \frac{\sqrt{K} \rho \tan \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{r} \rho t}{\sqrt{K}} - \sqrt{K} \sqrt{r} C[1] \right) \right]}{\sqrt{r}} \right)$$

Dimana $= \sqrt{4h - Kr}$.

Solusi tersebut sangat bergantung dengan nilai Kr yang harus memenuhi kondisi $Kr \leq 4h$. Namun demikian, secara alamiah, *predator* selalu hadir saat budidaya dilakukan dengan kolam empang alami, sedemikian sehingga kondisi yang dihasilkannya pun akan berbeda.

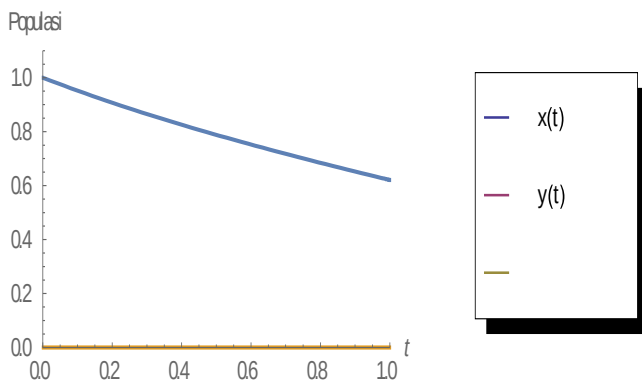
Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kasus pendederan II atau III laju kelahiran populasi Ikan Gurame bernilai 0 (tidak ada kelahiran), sehingga persamaan khusus untuk model matematika sistem budidaya Ikan Gurame pada kolam empang yang dilakukan di Tambelang Kab.Bekasi sebagai berikut:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K}\right) - \alpha y - h(t), \dots \text{pers (3)}$$

$$\frac{dy}{dt} = -dy + \alpha\beta y - \gamma y^2, \quad \dots \text{pers}(4)$$

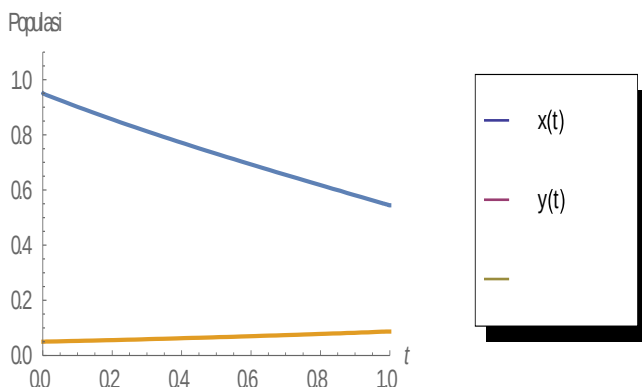
Persamaan tersebut menunjukkan bahwa sistem tersebut sangat dipengaruhi oleh besarnya nilai α pertumbuhan predator dan β penangkapan akibat predasi antara pemangsa dan ikan gurame.

Simulasi numerik yang diperoleh dari sistem tersebut untuk $r = 0.8, d = 0.1, a = 10, \alpha = 0.75, \beta = 0.75, K = 100, \gamma = 0.08$. terlihat pada gambar 1.



Gambar 1: Grafik jumlah populasi selama 10 bulan saat $y = 0$

Populasi ikan pemangsa (Ikan Gabus) yang dijumpai saat proses pemanenan yang paling sedikitnya 5% dari populasi menekan jumlah populasi ikan gurame yang ada, Gambar 2 menjelaskan hasil simulasi numerik kondisi tersebut untuk nilai parameter yang sama.



Gambar 1: Grafik jumlah populasi selama 10 bulan saat $y = 5\%$ dari jumlah populasi

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat model matematika sistem budidaya ikan gurame pada kolam empang seperti yang ditunjukkan pada persamaan (3) dan Persamaan (4) dengan beberapa nilai parameter yang unik dimana pada kasus pendederan II dan III laju angka kelahiran ikan gurame akan bernilai 0. Untuk nilai hasil panen h berada pada $0 < h \leq h_{maks}$ sangat bergantung pada dua variabel, yakni variabel kecukupan pakan dan pengendalian predator.

REFERENSI

- [1] Ahmad Jumaidi, 2016. *Pengaruh Debit Air terhadap Perbaikan Kualitas Air pada Sistem Resirkulasi dan Hubungannya dengan Sintasan dan Pertumbuhan Benih Ikan Gurame (Oshpronemus Gouramy)*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- [2] Hale, J. and Kocak, H. (1991), *Dynamic and bifurcations*. New York: Springer-Verlag.
- [3] Handayani, S. 1997, *Dosis Optimum 3,5,3' T3 dalam Pakan untuk Pertumbuhan Ikan Gurame*. Disetasi. Institut Pertanian Bogor.
- [4] Kar, TK and Chakraborty K, 2010. *Effort Dynamics in a Prey-Predator Model With Harvesting*. International Journal of Information and System Science Vol.6 No.3. hal.318 – 332
- [5] Math 201 Group Project Final Report, 2010. *Modeling of A Fish Population and the Effect of Overfishing*. Math Group Project.
- [6] Muhammad Sulhi, 2011. *Penggunaan Kombinasi Beragam Pakan Hijauan dan Pakan Komersial terhadap Pertambahan Bobot Ikan Gurame*. Prosiding Forum Inovasi Akuakultur hal. 759 – 763.
- [7] Ovide Arino, 1998. *A Mathematical Model of Growth of Population of Fish in The Larval Stage: Density-dependence Effect*
- [8] Wiggins, S. (1990), *Introductions to applied nonlinear dynamical system and chaos*, second editions. New York: Springer.
- [9] Wilson Pane, 2011. *Efisiensi Penggunaan Input Produksi pada Pembesaran Ikan Gurame di Kecamatan Dramaga Kab.Bogor*. Institut Pertanian Bogor