

SKRIPSI

**MODEL POPULASI *Meloidogyne spp* PADA LAHAN BERPUPUK
ORGANIK DAN TERDAPAT *Tagetes erecta L* DENGAN PEMANGSA
*Catenaria anguillulae***



EDI GUNAWAN

12610014

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2018

**MODEL POPULASI *Meloidogyne spp* PADA LAHAN BERPUPUK
ORGANIK DAN TERDAPAT *Tagetes erecta L* DENGAN PEMANGSA
*Catenaria anguillulae***

Skripsi

Untuk memenuhi
sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana
S-1 Program Studi
Matematika



Diajukan oleh

EDI GUNAWAN

12610014

Kepada

PROGRAM STUDI MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

YOGYAKARTA

2018



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Edi Gunawan
NIM : 12610014
Judul Skripsi : MODEL POPULASI *Meloidogyne spp* PADA LAHAN BERPUPUK ORGANIK DAN TERDAPAT *Tagetes erecta L* DENGAN PEMANGSA *Catenaria anguillulae*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Matematika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 22 Januari 2018

Pembimbing

Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom

NIP. 19720423 199903 1 003



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-985/Un.02/DST/PP.00.9/02/2018

Tugas Akhir dengan judul : Model Populasi Meloidogyne spp pada Lahan Berpupuk Organik dan Terdapat Tagetes erecta L dengan Pemangsa Catenaria anguillulae

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : EDI GUNAWAN
Nomor Induk Mahasiswa : 12610014
Telah diujikan pada : Kamis, 01 Februari 2018
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Muchammad Abrori, S.Si., M.Kom
NIP. 19720423 199903 1 003

Penguji I

Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, S.Si., M.Si.
NIP. 19800402 200501 1 003

Penguji II

Malahayati, S.Si., M.Sc
NIP. 19840412 201101 2 010

Yogyakarta, 01 Februari 2018

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

DEKAN



Dr. Murtono, M.Si.

NIP. 19691212 200003 1 001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Edi Gunawan

NIM : 12610014

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini merupakan hasil pekerjaan penulis sendiri dan sepanjang pengetahuan penulis tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, dan atau telah digunakan sebagai persyaratan penyelesaian Tugas Akhir di Perguruan Tinggi lain, kecuali bagian tertentu yang penulis ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Yogyakarta, 22 Januari 2018
Yang menyatakan



Edi Gunawan
NIM. 12610014



Karya sederhana ini penulis persembahkan kepada

Kedua orang tua (Rama Wagilan & Biyung Kasiyem), keluarga besar San Ruslan
(Kaki Gurin) dan Mantana (Kaki Demin)

Keluarga besar Matematika UIN Sunan Kalijaga dan kampus UIN Sunan Kalijaga

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Ngelmu iku kalakone kanthi laku

Lekase lawan kas

Tegese kas nyantosani

Setya budya pangekese dur angkara

(Rangga Warsita III, Serat Wedatama: pupuh XXXIII)

Your mind is like this water, My friend, When it get agitated It becomes difficult to see. But if you allow it to settle the answer becomes clear

(Master Oogway, Kungfu Panda)

Bila kaum muda yang telah belajar di sekolah dan menganggap dirinya terlalu tinggi dan pintar untuk melebur dengan masyarakat yang bekerja dengan cangkul dan hanya memiliki cita-cita yang sederhana, maka lebih baik pendidikan itu tidak diberikan sama sekali

(Tan Malaka)

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur ke-Agung-an *Gusti* Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunianya yang salah satunya dengan membekali manusia akal dan pikiran sehingga sebagai manusia bisa menggunakannya untuk kemaslahatan pribadi maupun kolektif. Shalawat serta salam senantiasa terhaturkan kepada *Kanjeng* Nabi Agung Muhammad saw karenanyalah sebagai salah satu *wasilah* manusia mampu memahami ke-Agung-an sang Maha Kuasa. Semoga kita termasuk umatnya dan mendapatkan syafaat beliau baik di dunia maupun di akhirat. Amin.

Skripsi yang berjudul "*Model Populasi Meloidogyne spp pada Lahan Berpupuk Organik dan Terdapat Tagetes erecta L dengan Pemangsa Catenaria anguillulae*". Disusun untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Strata-1 dari Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Dalam penulisannya banyak pihak yang telah membantu dan mendorong penulis dalam menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Drs. Yudian Wahyudi, MA, Ph.D., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

2. Dr. Murtono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Dr. Muhammad Wakhid Musthofa, M.Si., selaku Ketua Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Muchammad Abrori, S.Si, M.Kom., Selaku Pembimbing Akademik Mahasiswa Program Studi Matematika angkatan 2012 dan sekaligus pembimbing skripsi
5. Bapak Ibu dosen Program Studi Matematika yang telah memberikan ilmu-ilmunya sehingga bermanfaat dalam penyusunan skripsi
6. Kepada kedua orang tua yang telah mencurahkan restu, cinta, dan kasihnya kepada penulis
7. Keluarga besar San Ruslan dan Mantana yang selalu memberikan semangat dan dukungannya
8. Keluarga besar Matematika Angkatan 2012 yang selalu mendukung dan berbagi canda tawanya
9. Keluarga besar Matematika yang juga selalu memberikan dukungan dan ilmunya
10. Keluarga besar Ikatan Mahasiswa Kebumen di Yogyakarta (IMAKTA) yang mau menerima dan berbagi dalam hal pengembangan diri
11. Keluarga HIMA-PS Matematika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai media mengembangkan potensi bagi penulis

12. Keluarga KKN 93 Dusun Kayoman, Serut, Gedangsari, Gunungkidul yang telah mengenalkan kehidupan bernuansa pegunungan yang kering
13. Serta berbagai pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu

Semoga apa yang telah menjadi sumbangsih dari beliau sekalian mendapat ridho dari Allah SWT dan menjadikan manfaat bagi penulis. Penulis menyadari bahwa tak ada gading yang tak retak semua yang dianggap sempurna pastilah memiliki kecacatan. Oleh karena itu saran dan kritik dibutuhkan untuk bisa memperbaiki kekurangan tersebut. Semoga karya sederhana itu mampu memberikan manfaat.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 24 Januari 2018

Penulis

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR ISTILAH	xv
DAFTAR LAMBANG	xvii
INTISARI	xix
ABSTRACT	xx
I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Tinjauan Pustaka.....	6
1.7. Sistematika Penulisan	9

II DASAR TEORI.....	11
2.1. Tinjauan Biologi	11
2.1.1. Nematoda <i>Meloidogyne spp</i>	11
2.1.2. Pengendalian Hayati.....	13
2.1.3. Jamur <i>Catenaria anguillulae</i>	13
2.1.4. Tanaman Tagetes.....	16
2.1.5. Pupuk Organik.....	17
2.2. Tinjauan Matematis	18
2.2.1. Operasi Matriks	18
2.2.2. Nilai Eigen dan Vektor Eigen	22
2.2.3. Persamaan Diferensial.....	24
2.2.4. Sistem Persamaan Diferensial.....	26
2.2.5. Titik Keseimbangan	27
2.2.6. Kestabilan Titik Keseimbangan	28
2.2.7. Model Mangsa Pemangsa (Lotka-Volterra).....	34
2.2.8. Fungsi Logistik.....	35
2.2.9. Fungsi Respon Holling.....	35
2.2.10. Linearisasi	38
2.2.11. Matriks Jacobian	38
2.2.12. Solusi Persamaan Kuadrat.....	39
III METODE PENELITIAN	42
IV PEMBAHASAN.....	45
4.1. Formulasi Model.....	45
4.2. Titik Keseimbangan Model	53
4.3. Analisis Kestabilan Titik Keseimbangan.....	56

V SIMULASI.....	68
5.1. Kasus I.....	70
5.2. Kasus II.....	71
5.3. Kasus III.....	72
5.4. Kasus IV	73
VI PENUTUP	75
6.1. Kesimpulan.....	75
6.2. Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	78
A M-FILE SOFTWARE MATLAB VERSI 7.1.....	81
1.1. M-file Kasus I.....	81
1.2. M-file Kasus II.....	82
1.3. M-file Kasus III	83
1.4. M-file Kasus IV	84
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	85

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Meloidogyne spp</i>	12
Gambar 2.2 <i>Catenaria anguillulae</i>	14
Gambar 2.3 <i>Tagetes erecta L</i>	17
Gambar 3.1 Skema penelitian	44
Gambar 4.1 <i>Tagetes</i> mendistribusikan racun	47
Gambar 4.2 Penguapan racun dan terserapnya racun oleh nematoda	48
Gambar 4.3 Kematian akibat pupuk, racun dan secara alami	48
Gambar 4.4 Interaksi nematoda dengan <i>Catenaria anguillulae</i>	49
Gambar 4.5 Pertumbuhan logistik pada <i>Catenaria anguillulae</i>	49
Gambar 4.6 Kematian alami pada jamur, penambahan populasi akibat pupuk.	50
Gambar 4.7 Digram transfer total	50
Gambar 5.2 Grafik kasus I	70
Gambar 5.3 Grafik kasus II.....	71
Gambar 5.4 Grafik kasus III.....	72
Gambar 5.5 Grafik kasus IV	73

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kajian pustaka	8
Tabel 5.1 Nilai parameter.....	69



DAFTAR ISTILAH

- Eksudat akar : Bahan yang dikeluarkan dari aktivitas sel akar hidup seperti gula, asam amino, asam organik, asam lemak dan sterol, faktor tumbuh, nukleotida, flavonon, enzim, dan miscellaneous
- Endoparasit : Parasit yang hidup di dalam tubuh inangnya
- Genera : Dalam biologi, genus (jamak genera) atau marga adalah salah satu bentuk pengelompokan dalam klasifikasi makhluk hidup yang secara hierarki tingkatnya di atas spesies
- Inokulasi : Proses atau tahap kegiatan pemindahan mikroorganisme /pathogen dari sumber asalnya (inang) ke sebuah medium yang baru dan telah disediakan sebelumnya dengan sangat teliti dan hati-hati
- Inokulum : Mikroorganisme atau pathogen yang diinokulasikan ke dalam sebuah medium/inang dimana mikroorganisme tersebut masih dalam keadaan hidup atau masih berada pada fase pertumbuhan yang sehat
- Kemotaksis : Gerakan dari sel tubuh, bakteri atau organisme sebagai respon akibat terpapar zat kimiawi tertentu dalam lingkungannya
- Kutikula : Lapisan pelindung pada seluruh sistem tajuk (bagian tumbuhan yang berada di atas tanah) tumbuhan herbayang berfungsi untuk memperlambat kehilangan air dari daun, batang, bunga, buah, dan biji
- Lektin : Merupakan protein yang dihasilkan tumbuhan dan terdapat pada akar, batang, daun, dan terutama dalam bijinya
- Miselia : Bentuk jamak dari miselium adalah bagian Jamur Multiseluler yang dibentuk oleh kumpulan beberapa Hifa. Sebagian Miselium berfungsi sebagai penyerap makanan dari Organismelain atau sisa-sisa organisme
- Patogen : Agen biologis yang menyebabkan penyakit pada inangnya
- Patogenisitas : Kemampuan untuk menyebabkan penyakit

- Proliferasi : Pembiakan yang subur /perbanyak bentuk yang sama, terutama sel dan kista yang abnormal /pertumbuhan dan penambahan sel yang sangat cepat (dalam keadaan abnormal)
- Spora : Satu atau beberapa sel (bisa haploid ataupun diploid) yang terbungkus oleh lapisan pelindung
- Zoospora : Salah satu bentuk spora yang merupakan hasil reproduksi secara aseksual dari jamur



DAFTAR LAMBANG

x	: Kepadatan populasi mangsa
$\frac{dx}{dt}$: Perubahan kepadatan populasi mangsa terhadap waktu
y	: Kepadatan populasi pemangsa
$\frac{dy}{dt}$: Perubahan kepadatan populasi pemangsa terhadap waktu
K	: Keterbatasan daya dukung lingkungan
r	: Tingkat laju pertumbuhan
$\frac{\alpha x}{(1 + h\alpha x)}$: Fungsi respon holling tipe II
u	: Tingkat kematian alami pemangsa
e	: Pengubahan konsumsi mangsa dalam kelahiran pemangsa
q	: Racun yang dihasilkan tagetes
μ	: Jumlah Racun yang menghilang secara alami
γ	: Racun yang diserap mangsa
m	: Tingkat kematian mangsa
p	: Kematian mangsa akibat interaksi dengan racun
z	: Kematian mangsa akibat pupuk
c	: Penambahan populasi pemangsa akibat pupuk
$r - \frac{r}{K}x$: Fungsi logistic

- αx : Populasi mangsa yang termangsa yang tidak bergantung dengan waktu pemangsaan
- Nb : Respon antara mangsa-pemangsa dimana pemangsa membutuhkan untuk menangkap mangsa
- T_s : Waktu yang diperlukan dalam pencarian mangsa
- T_t : Waktu total yang diperlukan pemangsa untuk mencari dan menangani mangsa
- T_h : Waktu yang diperlukan untuk menangani mangsa yang meliputi (melekat, penetrasi, patogenisitas)
- $\frac{Nb}{T_t}$: Populasi mangsa yang ditangkap pemangsa persatuan waktu bergantung mangsa
- h : Menyatakan penangkapan dan penanganan mangsa oleh pemangsa

INTISARI

MODEL POPULASI *Meloidogyne spp* PADA LAHAN BERPUPUK ORGANIK DAN TERDAPAT *Tagetes erecta L* DENGAN PEMANGSA *Catenaria anguillulae*

Oleh

EDI GUNAWAN

12610014

Nematoda *Meloidogyne spp* merupakan salah satu hama yang menyebabkan puru pada akar. Pengendalian secara hayati terhadap *Meloidogyne spp* dilakukan dengan memanfaatkan *Tagetes erecta L* dan *Catenaria anguillulae*. Asumsi lahan yang digunakan merupakan lahan dengan penggunaan pupuk organik yang mengandung mikroorganisme lokal (MOL). Tujuan dari penelitian ini adalah menemukan komposisi yang tepat untuk setiap bagian yang terlibat dalam pengendalian secara hayati terhadap nematoda dengan menggunakan model matematika. Model dasar yang digunakan adalah model Lotka-Volterra yang mengikuti pertumbuhan logistik dengan menggunakan fungsi respon Holling tipe II. Penyelesaian dalam penelitian ini dilakukan secara matematis berdasarkan teori kestabilan dengan melalui empat tahap. Tahap pertama pembentukan model matematika. Tahap kedua penentuan titik keseimbangan. Tahap ketiga menganalisis kestabilan titik keseimbangan. Tahap keempat melakukan simulasi.

Dari penelitian ini dihasilkan empat titik keseimbangan dengan TE_4 sebagai solusi terbaik karena dari tiga komponen yang dianalisa populasi masing-masing tidak mengalami kepunahan. Hal tersebut digambarkan secara praktis dari grafik Kasus IV yang dihasilkan menggunakan *Software Matlab 7.1*.

Kata Kunci: *Meloidogyne spp*, Pengendalian Hayati, Lotka-Volterra, Holling Tipe II, Titik Keseimbangan

ABSTRACT

POPULATION MODEL OF *Meloidogyne spp* ON LAND WITH ORGANIC FERTILIZER AND CONTAINED *Tagetes erecta L* WITH PREDATORS *Catenaria anguillulae*

By

EDI GUNAWAN

12610014

Nematodes *Meloidogyne spp* is one of the pests that causes root-knot. Biological control of *Meloidogyne spp* was performed by taking *Tagetes erecta L* and *Catenaria anguillulae*. The land assumption used is land with the use of organic fertilizer containing local microorganism (MOL). The purpose of this study was to find the right composition for each part involved in biological control of the nematodes using a mathematical model. The basic model used is the Lotka-Volterra model that follows logistics growth using the Holling Type II response function. The Completion of this research is done mathematically based theory of stability through four stages. The first stage of formation of mathematical model. The second stage of determining the equilibrium point. The third stage analyzes the stability of the equilibrium point. The fourth stage do the simulation.

From this research produced four equilibrium points by TE_4 as the best solution because of the three components analyzed each population does not become extinct. It is described practically from the Case IV graph generated using Matlab Software 7.1.

Keyword: *Meloidogyne spp*, Biological Control, Lotka-Volterra, Holling Type II, Equilibrium point

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki jutaan hektar lahan dengan tanaman pangan berbagai rupa. Hal ini merupakan modal yang sangat bagus untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri secara mandiri tanpa harus mengimpor komoditas pangan bahkan bisa dikembangkan hingga mampu mencapai tahap ekspor yang lebih baik lagi dari masa sekarang.

Alih-alih menjadikan sektor pertanian menjadi salah satu komoditas yang mampu mensejahterakan masyarakat, petani sebagai pelaku utama dalam sektor ini sering kecewa dengan kurang maksimalnya hasil yang diperoleh bahkan mengalami gagal panen. Hal tersebut memiliki banyak faktor yang berperan di dalamnya antara lain pendidikan petani, kondisi alam, varietas tanaman hingga pada serangan hama. Banyaknya macam tanaman pangan di Indonesia banyak pula jenis hama yang menyerang dari yang kasat mata maupun tak kasat mata (mikroskopis). Dari sekian banyaknya hama yang berukuran mikroskopis salah satunya ialah nematoda.

Nematoda secara bahasa berasal dari kata *nema* yang berarti benang dan *oid* yang berarti seperti. Sehingga nematoda bisa dikatakan hewan yang seperti benang. Dari semua populasi nematoda di dunia hanya 10% nematoda yang

memarasit pada tanaman dan memiliki tujuh genera terpenting yaitu *Meloidogyne spp*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Globodera*, *Tylenchulus*, *Radopholus*, dan *Rotylenchulus*. Dari ketujuh genera tersebut yang memiliki daya rusak paling tinggi adalah *Meloidogyne spp* sebesar 11-25% bahkan lebih. Kegagalan tersebut terjadi akibat serangan nematoda yang menyebabkan puru pada akar sehingga akar tidak bisa menyerap bahan makanan dari tanah secara baik sehingga berlanjut pada proses tanaman mengolah bahan makanan menjadi makanan itu sendiri. Dari situ penting untuk mengetahui cara mengendalikan nematoda agar nantinya efek dari serangan nematoda bisa diminimalisir.

Ada banyak cara telah dikembangkan terkait dengan pengendalian nematoda mulai dari pencegahan penyebaran, pengendalian secara fisis, pengendalian secara mekanis, pengendalian secara kultur teknis, pengendalian dengan varietas tahan, pengendalian hayati, pengendalian secara kimiawi, dan penerapan undang-undang. Dari kedelapan cara tersebut pengendalian secara hayati merupakan pengendalian yang dirasa cukup ramah lingkungan karena menggunakan unsur biologi yang daya rusaknya sangat minim terhadap lingkungan. Pengendalian hayati sebagai bentuk pengurangan sumber inokulum atau aktivitas patogen dengan menggunakan satu atau lebih mikroorganisme termasuk tanaman, tetapi bukan manusia (Baker,1987).

Salah satu unsur biologi yang digunakan untuk pengendalian hayati yaitu jamur. Jamur sebagai mikroorganisme yang menjadi predator dari nematoda ialah *Catenaria anguillulae* yang bersifat endoparasitik. Dengan karakter jamur yang mampu melekat pada tubuh nematoda sehingga memudahkan untuk melakukan

penetrasi dilanjutkan dengan patogenisitas pada nematoda. Selain dari kalangan jamur dari dunia tanaman dikenal juga tanaman Tagetes (*Tagetes erecta L.*) atau biasa dikenal dengan Marigold sebagai pengendalian hayati. Tanaman ini sudah banyak digunakan oleh kalangan petani sebagai alat menekan populasi nematoda. Sifat tanaman ini mampu menghasilkan racun cukup efektif untuk membasmi nematoda.

Pada penelitian ini akan dibahas tentang populasi nematoda *Meloidogyne spp* berada pada lahan yang terdapat tanaman tagetes (*Tagetes erecta L.*). Tanaman tagetes atau yang sering disebut kenikir merupakan tanaman yang biasa dijadikan tanaman hias oleh masyarakat ini memiliki kemampuan membasmi hama tak terkecuali pada nematoda dengan cara menghasilkan eskudat akar yang bersifat racun pada nematoda. Selain itu faktor yang berperan sebagai pemangsa pada pemodelan ini digunakan jamur *Catenaria anguillulae* sebagai pemangsa alami nematoda. Jamur ini merupakan jamur endoparasit yang bekerja dengan menghasilkan spora yang lekat pada nematoda untuk kemudian melakukan penetrasi ke dalam tubuh nematoda. Setelah jamur ini berhasil melakukan penetrasi selanjutnya isi tubuh dari nematoda akan dimakan sehingga menyebabkan kematian pada nematoda. Penggunaan pupuk organik dengan tambahan mikroorganisme lokal (MOL) pada lahan turut berpengaruh terhadap dinamika populasi nematoda.

Model matematika akan digunakan pada penelitian ini untuk memahami proses dinamika pertumbuhan populasi yang terjadi dan membuat prediksi secara praktis. Model dasar yang akan digunakan adalah model Lotka-Volterra. Model

ini memiliki kelemahan yaitu hanya menampilkan satu mangsa dan satu pemangsa serta pengabaian terhadap faktor penghambat populasi seperti makanan maupun lingkungan. Ini menyebabkan populasi tumbuh tidak terbatas seiring dengan pertumbuhan waktu. Oleh karena itu pada penelitian ini akan diasumsikan pertumbuhan mangsa mengikuti pertumbuhan logistik. Selain itu cara pemangsa yang memparasit dalam pemangsaannya perlu digunakan fungsi respon holling tipe II. Fungsi respon tersebut merupakan fungsi respon dimana laju pemangsaan secara progresif semakin menurun. Hal itu disebabkan pemangsaan yang dilakukan pemangsa yang meningkat seiring dengan meningkatnya ketersediaan mangsa namun pemangsaan semakin menurun saat mendekati kenyang.

Setelah dibuat model langkah selanjutnya akan dianalisa titik keseimbangan untuk mengetahui keseimbangan pada tiap populasi yang terlibat. Hal ini dikarenakan tiap populasi memiliki peranannya masing-masing pada alam. Dari titik keseimbangan selanjutnya ditentukan kestabilan dari titik keseimbangan tersebut. Hal ini dilakukan untuk menganalisa kestabilan dinamika pertumbuhan populasi yang terjadi. Kemudian dilakukan simulasi untuk mempermudah interpretasi dengan menggunakan *Software* Matlab 7.1 untuk mengetahui grafik dari model populasi tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Beberapa poin rumusan masalah di bawah ini merupakan hasil dari mencermati latar belakang yang telah disajikan

1. Bagaimana populasi *Meloidogyne spp* pada lahan yang terdapat *Tagetes erecta L* dan pupuk organik dengan pemangsa *Catenaria anguillulae* akan dimodelkan ?
2. Bagaimana menganalisa titik keseimbangannya?
3. Bagaimana menganalisis kestabilan dari titik keseimbangannya?
4. Bagaimana grafik model populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae* ?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini akan membatasi pembahasan pada:

1. Luas lahan diasumsikan tetap dan berkapasitas terbatas
2. Pada lahan terdapat *Tagetes erecta L*, *Meloidogyne spp*, dan *Catenaria anguillulae*
3. Pupuk organik yang digunakan adalah pupuk organik dengan tambahan mikroorganisme lokal (MOL)
4. Sistem persamaan yang digunakan adalah model Lotka-Volterra dengan fungsi respon holling tipe II

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui model matematika populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae*
2. Mengetahui titik keseimbangan dari model
3. Mengetahui grafik yang tersaji berdasarkan model melalui pengolahan *Software Matlab 7.1*.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diperoleh oleh penulis maupun pembaca antara lain:

1. Memberikan pengetahuan tentang bagaimana model populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae*.
2. Memberi pengetahuan tentang titik keseimbangan berdasarkan model populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae* dan bagaimana analisis kestabilan titik keseimbangan tersebut.
3. Memberi gambaran grafik dari model populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae*

1.6. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian ini akan digunakan metode studi literatur dimana penulis akan mempelajari secara teoritis dan konseptual berbagai karya tulis ilmiah yang

berkaitan dan mendukung dalam penelitian ini. Karya tulis tersebut berupa jurnal-jurnal, buku dan karya tulis ilmiah lainnya.

Karya tulis ini terinspirasi dari jurnal yang ditulis oleh Irham Taufiq (2016) yang berjudul Analisis Kestabilan Model Dua Pemangsa dan Satu Pemangsa dengan Penerapan Racun. Penelitian tersebut menyajikan dua pemangsa dengan satu pemangsa dimana terdapat efek racun yang berpengaruh pada mangsa maupun pemangsa. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan hanya satu pemangsa dan racun hanya berpengaruh kepada mangsa serta adanya penambahan beberapa komponen yang mempengaruhi pertumbuhan populasi pada nematoda yakni pupuk organik. Selain itu dalam karyanya Irham Taufiq mencontohkan sistem mangsa pemangsa pada wereng batang padi coklat (*Nilaparvata lugens Stal.*) yang dimangsa oleh pemangsa alaminya, seperti kumbang *Menochilus sexmaculatus* dan kepik mired (*Cyrtorhinus lividipennis*).

Selain itu pada karya Alebraheem, J dan Abu-Hasan, Y., (2012) yang berjudul *Persistence of Predators in a Two Predators-One Prey Model with Non-Periodic Solution* membahas model dua pemangsa dan satu mangsa dengan terjadinya persaingan antara pemangsa yang mempengaruhi dinamika populasi pada tingkat mangsa dan pemangsa

Karya Mulyadi (2009) yang berjudul Nematologi Pertanian menguraikan tentang nematoda secara mendetail dari morfologi, taksonomi, sampai dengan pengendalian nematoda itu sendiri sehingga penulis terinspirasi untuk menulis skripsi ini dengan judul Pemodelan *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae*.

Karena pada karyanya menyatakan bahwa tanaman tersebut antara lain *Tagetes* yang dapat menghasilkan racun terhadap nematoda parasitik tanaman (yaitu *betienil* dan *tertienil*). Penanaman tanaman tersebut akan dapat bertindak sebagai penolak (*repellent*) kehadiran nematoda atau bahkan mematikan nematoda tersebut (Mulyadi, 2009:133)

Tabel 1.1 Kajian pustaka

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Perbedaan dengan Penulis
1	Irham Taufiq (2016)	Analisis Kestabilan Model Dua Pemangsa dan Satu Pemangsa dengan Penerapan Racun	Menggunakan dua pemangsa
2	Alebraheem, J dan Abu-Hasan (2012)	<i>Persistence of Predators in a Two Predators-One Prey Model with Non-Periodic Solution</i>	Adanya kompetisi antara mangsa dan pemangsa
3	Mulyadi (2009)	Nematologi Pertanian	Hanya menguraikan pertumbuhan secara eksponensial dan logistik dilihat dari sisi matematisnya

4	Edi Gunawan (2017)	Model Populasi <i>Meloidogyne spp</i> Pada Lahan Berpupuk Organik dan Terdapat <i>Tagetes erecta L</i> dengan Pemangsa <i>Catenaria</i> <i>Anguillulae</i>	Adanya komponen pupuk yang mempengaruhi dinamika populasi mangsa dan pemangsa
---	--------------------	--	--

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun dengan tujuan sebagai kerangka acuan bagi penulis dalam menuliskan penelitian ini. Adapun sistematikanya sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini akan disajikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tinjauan pustaka, dan sistematika penulisan

BAB II : DASAR TEORI

Pada bab ini akan disajikan dasar teori dari tinjauan biologi dan tinjauan matematika guna mendukung pada pembahasan tentang model populasi *Meloidogyne spp* pada lahan yang terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae*.

BAB III : METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan disajikan metode yang digunakan penulis dalam mengerjakan penelitian yang meliputi langkah kerja, pernyataan penelitian, dan tahapan serta alur penelitian

BAB IV : PEMBAHASAN

Pada bab ini disajikan skema diagram transfer sebagai pembentukan sistem persamaan, pencarian titik keseimbangan, analisis kestabilan titik keseimbangan

BAB V : SIMULASI

Pada bab ini akan disajikan simulasi numerik menggunakan *Software* Matlab 7.1 terhadap sistem persamaan serta ditampilkan grafik hasil dari simulasi numerik

BAB VI : PENUTUP

Pada bab ini disajikan kesimpulan dari bab sebelumnya beserta saran-saran penulis dalam penelitiannya

BAB VI

PENUTUP

Setelah dilakukan analisis pada model matematika populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae* dan dilanjutkan dengan simulasi menggunakan *Software Matlab 7.1* diperoleh beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut:

6.1. Kesimpulan

Ada beberapa kesimpulan yang penulis berikan berkaitan dengan karya tulis ini yaitu:

1. Model matematika populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae* yaitu:

$$\frac{dx}{dt} = x(1-x) - \frac{\alpha xy}{1+hax} - pxw - mx - zx$$
$$\frac{dy}{dt} = -uy + \frac{\alpha xey}{1+hax} - \frac{aey^2}{1+hax} + cy$$

$$\frac{dw}{dt} = q - (\mu + \gamma)w$$

2. Model matematika populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae* memiliki empat titik keseimbangan yaitu:

$$E_1 = (x, y, w) = \left(0, 0, \frac{q}{(\gamma + \mu)}\right)$$

$$E_2 = (\hat{x}, y, w) = \left(1 - pw - m - z, 0, \frac{q}{(\gamma + \mu)}\right)$$

$$E_3 = (x, \hat{y}, w) = \left(0, \frac{-u+c}{\alpha e}, \frac{q}{(\gamma + \mu)}\right)$$

$$E_4 = (\hat{x}, \hat{y}, w) = \left(1 - pw - m - z, \frac{-u + u}{\alpha e}, \frac{q}{(\gamma + \mu)}\right)$$

3. Model matematika populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat *Tagetes erecta L* dengan pemangsa *Catenaria anguillulae* menggunakan fungsi respon Holling tipe II sedangkan laju pertumbuhan model mengikuti pertumbuhan fungsi logistik.
4. Semua titik keseimbangan bersifat stabil asimotik dengan $E_4 = (\hat{x}, \hat{y}, w) = \left(1 - pw - m - z, \frac{-u+u}{\alpha e}, \frac{q}{(\gamma + \mu)}\right)$ merupakan titik keseimbangan yang diinginkan karena dari populasi mangsa maupun pemangsa tidak terjadi kepunahan.

6.2. Saran

Setelah dilakukan pembahasan pada karya tulis skripsi dengan judul model matematika populasi *Meloidogyne spp* pada lahan berpupuk organik dan terdapat

Tagetes erecta L dengan pemangsa *Catenaria anguillulae* penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Model ini menggunakan tiga kelas sedangkan dalam dunia pertanian banyak komponen yang saling mempengaruhi terkait dengan laju pertumbuhan mangsa maupun pemangsa sehingga membuka peluang untuk dilakukan analisa terhadap populasi dengan lebih kompleks

Ada banyak cara yang bisa digunakan dalam pengendalian nematoda sehingga perlu ada penelitian dengan metode pengendalian yang lain agar bisa dibandingkan keunggulan dan kekurangan disetiap metode pengendalian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alebraheem, J., dan Y.A. Hasan. 2012. Persistence of Predators in a Two Predators-One Prey Model with Non-Periodic Solution. *Applied Mathematical Sciences*. 6(19):943-956
- Ambarwati, D.A. 2014. Analisis Model Matematika Tentang Pengaruh Terapi Gen Terhadap Dinamika Pertumbuhan Sel Efektor dan Sel Tumor Dalam Pengobatan Kanker. *Skripsi*. Program Studi Matematika Jurusan Pendidikan Matematika Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Anton, H., 2004, *Dasar-dasar Aljabar Linear*: jilid 1, Erlangga: Jakarta.
- Barker, K.R. 1998. Introduction and Synopsis of Advancements in Nematology. dalam: Mulyadi. 2009. *Nematologi Pertanian*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Barron, George. 2013. *Catenaria anguillulae - zoosporangia in nema*. <http://hdl.handle.net/10214/5358>. 4 Januari 2018 (13:56).
- Busyairi. 2010. Mekanisme Patogenisitas. http://busyairi08.student.ipb.ac.id/2010/06/21/mekani_sme-patogenisitas/. 15 Januari 2018 (14:13)
- Chen, S. dan D.W. Dickson. 2004. Biological Control of Nematodes by Fungal Antagonists. Mulyadi. 2009. *Nematologi Pertanian*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Eprints@UNY. <http://eprints.uny.ac.id/9381/2/BAB%201%20-%2005308141018.pdf>. 5 Januari 2018 (15:01)
- Handayani, S.H., A. Yunus, dan A. Susilowati. 2015. Uji Kualitas Pupuk Organik Cair Dari Berbagai Macam Mikroorganisme Lokal (MOL). *EL-VIVO*. 3(1):54-60
- Heuzé V., Tran G., Hassoun P., Lebas F., 2017. *Mexican marigold (Tagetes erecta)*. Feedipedia a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <https://www.feedipedia.org/node/90>. 16 Januari 2018 (11:57).

- Hikmat. 2016. Inilah Perbedaan Antara Endoparasit dan Ektoparasit. <http://klikma.com/2016/03/inilah-perbedaan-antara-endoparasit-dan-ektoparasit.html>. 15 Januari 2018 (15:04).
- Krueger, R., K.E. Dover, R. McSorley, dan K.H. Wang. 2007. Marigolds (Tagetes spp) for Nematode Management. *UF/IFAS Extension*. ENY-056
- Mulyadi. 2009. *Nematologi Pertanian*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Murtiyasa, B., dan Khotimah, R. P., 2013, *Persamaan Diferensial Elementer*, Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Nelly, N., T. Habazar, R. Syahni, B. Sahari, dan D. Buchori. 2005. Tanggap Fungsional Parasitod *Eriborus argenteopilosus* (Cameron) terhadap *Crocidolomia pavonana* (Fabricius) pada Suhu yang Berbeda. *Hayati*. 12(1):17-22
- Olsder, G. J dan Van der Woude, J. W., 1998, *Mathematical System Theory*, Belanda: Delft University Press.
- Pal, K. K. and B. McSpadden Gardener, 2006. Biological Control of Plant Pathogens. *The Plant Health Instructor DOI*. 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.
- Perko, L., 2001, *Differential Equatons and Dynamical System*, New York: Springer-Verlag.
- Sardanelli, S. 2010. Root Knot Nematode. <http://www.clfs.umd.edu/entm/pdiag/nematology/rootknot.html>. 4 Januari 2018 (14:00)
- Setiawan, Ebta. 2018. Proliferasi. <https://kbbi.web.id>. 3 Januari 2018 (12:02)
- Sinha, S., O.P. Misra, dan J. Dhar. 2010. Modelling a Predator-Prey System with Infected Prey in Polluted Environment. *Applied Mathematical Sciences*. 34:1861-1872
- Sumarsih. 2008. XII. Mikroba dan Kesuburan Tanah. <https://sumarsih07.files.wordpress.com/2008/11/vi-mikroba-dan-kesuburan-tanah.pdf>. 3 Januari 2018 (12:32).
- Taufiq, I. 2016. Analisis Kestabilan Model Dua Pemangsa dan Satu Mangsa dengan Penerapan Racun. *Sciencetech*. 2(1)

- Tok, Panji. 2014. Lektin <http://www.edubio.info/2014/11/lektin.html>. 3 Januari 2018 (13:09).
- Tohir. 2018. Kumpulan Istilah-Istilah dan Artinya dalam Mikrobiologi. <http://chyrun.com/daftar-istilah-dan-artinya-dalam-mikrobiologi/>. 16 Januari 2018 (10:07)
- Veriawan, Herindra. 2010. Sistem, Model dan Simulasi <http://indraaawan.blog.uns.ac.id/files/2010/04/dasar-teori.pdf>. 5 Januari 2018 (15:05).
- Wikipedia. *Id.wikipedia.org*. 3 Januari 2018 (13:16).
- Winoto, Suatmadji. 1969. Studies on the effect of *Tagetes* species on plant parasitic nematodes. <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/192253>. 5 Januari 2018 (14:54).

M-File KASUS I

```

%nilai awal
X(1)=0.5;
Y(1)=0.2;
W(1)=0.03;
%nilai parameter
m=0.4;
z=0.7;
u=0.55;
p=0.1;
alfa=1.41;
h=0.005;
e=0.5;
c=0.2;
q=0.25;
myu=0.5;
gama=0.1;
i=1;
t=1;
t(1)=0;
deltaT=0.01;

while (t<=150)
    X(i+1)=X(i)+(X(i)*(1-X(i))*deltaT)-
    (alfa*X(i)*Y(i)/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)-(p*X(i)*W(i)*deltaT)-
    (m*X(i)*deltaT)-(z*X(i)*deltaT);
    Y(i+1)=Y(i)-
    (u*Y(i)*deltaT)+(alfa*X(i)*e*Y(i)/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)-
    ((alfa*e*Y(i)*Y(i))/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)+(c*Y(i)*deltaT);
    W(i+1)=W(i)+(q*deltaT)-((myu*gama)*W(i)*deltaT);
    t(i+1)=t(i)+deltaT;
    i=i+1;
end;
plot(t,X,'r','lineWidth',2);
hold on;plot(t,Y,'g','lineWidth',2);
hold on;plot(t,W,'b','lineWidth',2);
title('KASUS I');
xlabel('Waktu');
ylabel('Pertumbuhan');
legend('X = Mangsa','Y = Pemangsa','W = Kon. Racun');
grid on

```

M-File KASUS II

```

%nilai awal
X(1)=0.5;
Y(1)=0.2;
W(1)=0.03;
%nilai parameter
m=0.1;
z=0.2;
u=0.5;
p=0.1;
alfa=1.41;
h=0.005;
e=0.5;
c=0.1;
q=0.25;
myu=0.5;
gama=0.1;
i=1;
t=1;
t(1)=0;
deltaT=0.01;

while (t<=150)
    X(i+1)=X(i)+(X(i)*(1-X(i))*deltaT)-
    (alfa*X(i)*Y(i)/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)-(p*X(i)*W(i)*deltaT)-
    (m*X(i)*deltaT)-(z*X(i)*deltaT);
    Y(i+1)=Y(i)-
    (u*Y(i)*deltaT)+(alfa*X(i)*e*Y(i)/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)-
    ((alfa*e*Y(i)*Y(i))/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)+(c*Y(i)*deltaT);
    W(i+1)=W(i)+(q*deltaT)-((myu*gama)*W(i)*deltaT);
    t(i+1)=t(i)+deltaT;
    i=i+1;
end;
plot(t,X,'r','lineWidth',2);
hold on;plot(t,Y,'g','lineWidth',2);
hold on;plot(t,W,'b','lineWidth',2);
title('KASUS II');
xlabel('Waktu');
ylabel('Pertumbuhan');
legend('X = Mangsa','Y = Pemangsa','W = Kon. Racun');
grid on

```

M-File KASUS III

```

%nilai awal
X(1)=0.5;
Y(1)=0.2;
W(1)=0.03;
%nilai parameter
m=0.4;
z=0.7;
u=0.5;
p=0.1;
alfa=1.41;
h=0.005;
e=0.5;
c=0.9;
q=0.25;
myu=0.5;
gama=0.1;
i=1;
t=1;
t(1)=0;
deltaT=0.01;

while (t<=150)
    X(i+1)=X(i)+(X(i)*(1-X(i))*deltaT)-
    (alfa*X(i)*Y(i)/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)-(p*X(i)*W(i)*deltaT)-
    (m*X(i)*deltaT)-(z*X(i)*deltaT);
    Y(i+1)=Y(i)-
    (u*Y(i)*deltaT)+(alfa*X(i)*e*Y(i)/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)-
    ((alfa*e*Y(i)*Y(i))/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)+(c*Y(i)*deltaT);
    W(i+1)=W(i)+(q*deltaT)-((myu*gama)*W(i)*deltaT);
    t(i+1)=t(i)+deltaT;
    i=i+1;
end;
plot(t,X,'r','lineWidth',2);
hold on;plot(t,Y,'g','lineWidth',2);
hold on;plot(t,W,'b','lineWidth',2);
title('KASUS III');
xlabel('Waktu');
ylabel('Pertumbuhan');
legend('X = Mangsa','Y = Pemangsa','W = Kon. Racun');
grid on

```


M-File KASUS IV

```

%nilai awal
X(1)=0.5;
Y(1)=0.2;
W(1)=0.03;
%nilai parameter
m=0.02;
z=0.01;
u=0.01;
p=0.01;
alfa=0.4;
h=0.005;
e=0.9;
c=0.6;
q=0.25;
myu=0.5;
gama=0.1;
i=1;
t=1;
t(1)=0;
deltaT=0.01;

while (t<=150)
    X(i+1)=X(i)+(X(i)*(1-X(i))*deltaT)-
    (alfa*X(i)*Y(i)/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)-(p*X(i)*W(i)*deltaT)-
    (m*X(i)*deltaT)-(z*X(i)*deltaT);
    Y(i+1)=Y(i)-
    (u*Y(i)*deltaT)+(alfa*X(i)*e*Y(i)/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)-
    ((alfa*e*Y(i)*Y(i))/(1+h*alfa*X(i))*deltaT)+(c*Y(i)*deltaT);
    W(i+1)=W(i)+(q*deltaT)-((myu*gama)*W(i)*deltaT);
    t(i+1)=t(i)+deltaT;
    i=i+1;
end;
plot(t,X,'r','lineWidth',2);
hold on;plot(t,Y,'g','lineWidth',2);
hold on;plot(t,W,'b','lineWidth',2);
title('KASUS IV');
xlabel('Waktu');
ylabel('Pertumbuhan');
legend('X = Mangsa','Y = Pemangsa','W = Kon. Racun');
grid on

```