

**=ANALISIS MODEL MATEMATIKA MENGENAI RESOLUSI DAN
ANALISIS TUMOR DENGAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN
GOMPERTZ**

(Skripsi)

Oleh

Sucita Anggraini



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRACT

MATH MODEL ANALYSIS OF RESOLUTION AND TUMOR ANALYSIS USING THE GOMPERTZ EQUATION

By

Sucita Anggraini

The Gompertz equation is used to describe the growth curve in the tumor cell population. The cursive curve in the tumor's cell has been investigated using the Gompertz equation, so the development of the tumor's cells can be discerned. On this study will examine how to understand the development of tumor mass behavior with mathematical modeling. Based on results it shows that the population under the solution of equilibrium tends to increase as the cycle of the evolution cycle increases. Gompertz model, therefore, is used in the search for tumor cell's development.

Keywords: Model Gompertz, Mathematical Modeling, Tumor Growth.

ABSTRAK

ANALISIS MODEL MATEMATIKA MENGENAI RESOLUSI DAN ANALISIS TUMOR DENGAN MENGGUNAKAN PERSMAAN GOMPERTZ

Oleh

Sucita Anggraini

Persamaan Gompertz digunakan untuk menggambarkan kurva pertumbuhan populasi sel tumor. Dengan adanya kurva pertumbuhan sel tumor diteliti dengan menggunakan persamaan Gompertz, maka bisa diketahui perkembangan pada sel tumor tersebut. Pada penelitian ini akan mengkaji tentang bagaimana memahami pengembangan perilaku massa tumor dengan pemodelan matematika. Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa populasi dibawah solusi keseimbangannya cenderung meningkat karena perputaran waktu siklus evolusi t meningkat. Oleh sebab itu, digunakan model Gompertz dalam mencari pengembangan sel tumor tersebut.

Kata kunci : Persamaan Gompertz, Pemodelan Matematika, Populasi Tumor.

**ANALISIS MODEL MATEMATIKA MENGENAI RESOLUSI DAN
ANALISIS TUMOR DENGAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN
GOMPERTZ**

**Oleh
Sucita Anggraini**

Skripsi

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA SAINS**

**Pada
Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **ANALISIS MODEL MATEMATIKA MENGENAI
RESOLUSI DAN ANALISIS TUMOR DENGAN
MENGGUNAKAN PERSAMAAN GOMPERTZ**

Nama Mahasiswa : **Sucita Anggraini**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1517031027

Program Studi : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Tiryono Ruby
Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620704 198803 1 002

Suharsono S.
Suharsono S., M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP 19620513 198603 1 003

2. Ketua Jurusan Matematika

Wamiliana
Prof. Dra. Wamiliana, M.A, Ph.D.
NIP 19631108 198902 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

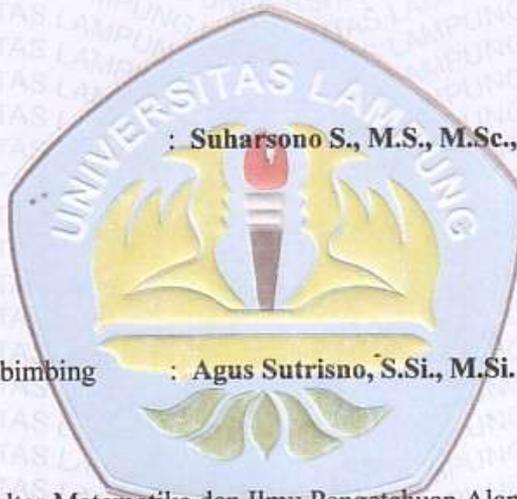
Ketua : **Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D.**



Sekretaris : **Suharsono S., M.S., M.Sc., Ph.D.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Agus Sutrisno, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Suratman, M.Sc.
NIP 19640604 199003 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **11 Juli 2019**

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sucita Anggraini

Nomor Pokok Mahasiswa : 1517031027

Jurusan : Matematika

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“ANALISIS MODEL MATEMATIKA MENGENAI RESOLUSI DAN ANALISIS TUMOR DENGAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN GOMPERTZ”** adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau telah dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, Juli 2019
Penulis



Sucita Anggraini
NPM. 1517031027

RIWAYAT HIDUP

Sucita Anggraini merupakan anak pertama dari Bapak Joko Sarwoko dan Ibu Sunis Mawati yang lahir di Argopeni pada tanggal 08 Mei 1997.

Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar Negeri 01 Argopeni pada tahun 2009 Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 02 Sumberejo pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 01 Sumberejo pada tahun 2015. Penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Universitas Lampung pada tahun 2015 di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Matematika.

Selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung, penulis pernah aktif dalam berorganisasi dan pernah menjadi anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Penelitian Universitas Lampung.

Pada tahun 2018 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Totomulyo Kabupaten Tulang Bawang Barat selama 40 hari. Penulis juga melaksanakan Kerja Praktik di Badan Pusat Statistika Tanggamus selama 29 hari dengan judul “Meminimumkan Jumlah Data Survei Ubinan Padi di Kabupaten Tanggamus Menggunakan Metode Hungarian”.

MOTTO

"Allah bersama orang-orang yang sabar dan bertawakal"

"Rahasia kesuksesan adalah mengetahui yang orang lain tidak ketahui"

*"Bertambah tua itu bukan berarti kehilangan masa muda.
Tapi babak baru dari kesempatan dan kekuatan"
(Sucita Anggraini)*

PERSEMBAHAN

Dengan segala rasa syukur kehadiran Allah SWT dan dengan segala kerendahan hati, kupersembahkan skripsi ini secara khusus sebagai wujud tanggung jawab , bakti dan sayang ku kepada:

Bapak yang selalu aku sayangi dan kucintai sepanjang hidupku, ibu ku tercinta yang telah mencurahkan kasih sayang, doa dan cintanya yang tak terhingga, keluarga yang telah memberikan kasih sayang, semangat dan pemikiran yang bijaksana.

Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan Ilmu dengan tulus ikhlas, Sahabat - sahabatku tersayang yang selalu mendukung menemani saat suka maupun duka,

Dan Almamaterku tercinta

Universitas Lampung

SANWACANA

Puji dan syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena berkat Rahmat dan Hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Analisis Model Matematika Mengenai Resolusi dan Analisis Tumor dengan Menggunakan Persamaan Gompertz**” dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari banyak sekali pihak yang telah membantu penulis hingga terselesaikannya skripsi ini. Penulisan skripsi ini merupakan tugas akhir selama menempuh pendidikan Perguruan Tinggi di Jurusan Matematika Universitas Lampung. Dengan terselesainya skripsi ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Drs. Tiryono Ruby, M.Sc., Ph.D., selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan ilmunya selama penulis melaksanakan penelitian hingga menyelesaikannya skripsi ini dengan baik.
2. Bapak Suharsono S., M.S., M.Sc., Ph.D., selaku Pembimbing II yang dengan sabar membimbing, memberikan saran serta pembelajaran yang membantu penulis selama melaksanakan penelitian hingga menyelesaikannya skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Agus Sutrisno, S.Si., M.Si., selaku Pembahas atas bimbingan selama penulis melaksanakan penelitian hingga menyelesaikan skripsi ini.

4. Bapak Agus Sutrisno, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan dan semangat selama masa studi.
5. Ibu Prof. Dra. Wamiliana, MA, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
6. Bapak Drs. Suratman, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Dosen, staf dan karyawan Jurusan Matematika Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu serta bantuan kepada penulis.
8. Bapak dan ibu tercinta, adikku Enggar, selalu memberi dukungan agar tetap tabah, kuat dan tawakal dalam menuntut ilmu sampai terselesainya skripsi ini.
9. Sahabatku dikampus tercinta, Rika Rahmawati, yang telah berjuang bersama, menjadi tempat curahan hati penulis, selalu memberi semangat, bantuan yang tak ada hentinya untuk penulis.
10. Sahabat-sahabatku SMP sekaligus SMA tercinta Deri Setiawan dan Ami Afriyanti yang selalu setia mendampingi, memberi support yang luar biasa, selalu memberikan semangat dan do'a yang tak ada hentinya.
11. Sahabat-sahabat SD tersayang, Siti Nurma Hudina, Asti dian, Mitha Anggunya, Alal Iqnawan, Alfiyunis dan teman-teman SD Negeri 01 Argopeni yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang selalu mendengarkan curahan hati, memberikan semangat serta do'a yang tak ada hentinya.
12. Teruntuk Andika Nanda Putra yang dengan sabar mendengar keluh kesah, memberikan semangat yang luar biasa, memberikan motivasi serta memberikan kasih sayang tulus kepada penulis.

13. Teman - teman seperjuangan selama penelitian Nurhayati, Windi, dan Selvi, Putri Isnaini, Riswanti Oktaviani, dan M Riski Multazam terima kasih untuk kerja samanya dalam susah dan senang.
14. Keluarga besar Matematika 2015, atas segala kebersamaan yang telah kita jalin.
15. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi yang tidak dapat penulis ucapkan satu – persatu.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik. Besar harapan penulis semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 11 Juli 2019

Penulis,

Sucita Anggraini

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pemodelan Matematika	5
2.2. Persamaan Diferensial	7
2.3. Persamaan Diferensial Biasa	8
2.4. Model Gompertz	9
2.5. Tumor	10
III. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2. Data Penelitian	13
3.3. Metode Penelitian	13
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1. Solusi Persamaan Gompertz	15
4.2. Analisis Tumor.....	18
4.3. Plot Kurva Gompertz	20
V. KESIMPULAN DAN SARAN	22
5.1. Kesimpulan	22
5.2. Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kurva grafik $N \times \frac{dN}{dt}$	20

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Model merupakan suatu representasi dari suatu sistem yang sedang dipelajari dan sebagai alat untuk meramalkan dan mengontrol sistem tersebut. Fungsi utama dari model ialah untuk menjelaskan sistem yang akan dikaji. Model merupakan suatu kesatuan yang terdiri dari bagian atau komponen-komponen yang satu sama lain saling berkaitan.

Model matematika adalah suatu alat untuk menguraikan beberapa bagian yang berhubungan dengan dunia nyata ke dalam bentuk persamaan matematika. Persamaan tersebut merupakan pendekatan terhadap suatu fenomena fisik dan persamaan yang paling banyak digunakan untuk menggambarkan fenomena fisik adalah persamaan diferensial. Persamaan diferensial adalah persamaan yang memuat satu atau lebih turunan dari suatu fungsi yang tidak diketahui.

Dalam perkembangan sains, model matematika telah banyak digunakan dalam berbagai fenomena seperti dalam ilmu kedokteran, biologi, fisika, dan ilmu-ilmu sosial. Salah satu fenomena yang dapat dimodelkan ke dalam matematika adalah penyakit tumor. Tumor adalah penyakit yang disebabkan oleh sel-sel jaringan

tubuh yang pertumbuhannya tidak normal. Tumor adalah istilah umum untuk pertumbuhan sel tidak normal, dimana sel telah kehilangan pengendalian dari mekanisme normalnya. Sehingga, sel mengalami pertumbuhan yang tidak normal, cepat, dan tidak terkendali. Penyebaran yang tidak terkendali ini memprovokasi pembentukan sel bernama tumor, yang berdasarkan karakteristik, struktur dan sifat klinisnya diklasifikasikan sebagai jinak atau ganas, dan jika ganas biasanya diberi nama karakter.

Proliferasi yang tidak terkendali dan tidak diinginkan ini memprovokasi perubahan dalam fungsi asli jaringan dimana ia berada, menyebabkan masalah kesehatan bagi sandera. Tumor untuk berkembang melampaui volume yang diberikan perlu mengembangkan kapasitas untuk mendorong pertumbuhan pembuluh darah baru ke arahnya, mengairi dan memasok kebutuhan nutrisi dan oksigenasi.

Dalam hal vaskularisasi ini tidak terjadi sel-sel tumor masuk dalam degenerasi dan nekrosis. Proses pembentukan vas-vas darah baru ini dinamai angiogenesis atau neovaskularisasi. Dalam hal ini kami akan mempertimbangkan jaringan dengan kanker, dimana angiogenesis telah terjadi, karena populasi awal sel yang akan kita gunakan sangat besar untuk tumor jinak.

Kozusko dan Bajzer (2003) mengemukakan bahwa model Gompertz merupakan model pertumbuhan tumor yang sering digunakan oleh beberapa peneliti, karena dapat mendiskripsikan pertumbuhan populasi sel tumor. Penulis akan

menggunakan persamaan Gompertz, yaitu Persamaan Diferensial Biasa (ODE) yang secara matematis membentuk pertumbuhan populasi, untuk mempelajari perkembangan tumor padat. Tetapi, model Gompertz hanya melihat pertumbuhan populasi sel tumor tanpa membedakan antara pertumbuhan populasi sel P dan populasi sel Q pada sel tumor. Mengingat bahwa sebelumnya, kami akan melakukan resolusi matematis terperinci dan penulis akan memahami arti masing-masing parameteranya.

Persamaan Gompertz dikembangkan oleh ahli matematika Yahudi Benjamin Gompertz. Ketika pada tahun 1938 ia menggunakannya untuk menggambarkan pertumbuhan tumor padat dengan asumsi tingkat pertumbuhan berkurang secara non-linear ketika massanya meningkat (Boyce, 2005). Dalam proposal ini, penulis akan menggunakan untuk membuat perhitungan lebih mudah, bahwa ratelya adalah konstan. Oleh karena itu, penulis akan mempertimbangkan seperti salah satu referensi penulis.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mencari solusi analitik persamaan Gompertz.
2. Mempelajari perkembangan tumor padat teraliri darah menggunakan parameter literature ilmiah dengan persamaan Gompertz.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan memperoleh pemahaman pengembangan perilaku massa tumor, bahkan memodelkan perilaku standar pertumbuhan sigmoidal (pertumbuhan yang mencirikan perilaku pertumbuhan tumor).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pemodelan Matematika

Model adalah representasi penyederhanaan dari sebuah realita yang kompleks (biasanya bertujuan untuk memahami realita tersebut) dan mempunyai *feature* yang sama dengan tiruannya dalam menyelesaikan permasalahan. Model adalah karakteristik umum yang mewakili sekelompok bentuk yang ada, atau representasi suatu masalah dalam bentuk yang lebih sederhana dan mudah dikerjakan. Pemodelan telah membantu manusia dalam memahami sistem alam yang kompleks, mulai dari yang mikroskopik sampai yang makroskopik. Model adalah representasi suatu realitas. Proses penjabaran atau merepresentasikan keadaan nyata ke dalam bentuk matematis disebut pemodelan yang tidak lain merupakan proses berfikir melalui sekuen yang logis (Pagalay, 2009). Model matematika merupakan suatu representasi dari suatu persamaan atau sekumpulan persamaan yang mengungkapkan perilaku suatu sistem.

Menurut Pagalay (2009) dalam membangun suatu model diperlukan beberapa tahapan agar dihasilkan model yang reliable. Secara umum tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dilakukan untuk memahami masalah yang akan dirumuskan.

2. Membangun asumsi-asumsi

Hal ini diperlukan karena model adalah penyederhanaan realitas yang kompleks. Kompleksitas permasalahan dapat disederhanakan dengan mengasumsikan hubungan sederhana antara variabel.

3. Membuat konstruksi model

Membuat konstruksi model dapat dilakukan baik melalui hubungan fungsional dengan cara membuat diagram alur, persamaan-persamaan matematika maupun dengan bantuan software ataupun secara analitis.

4. Menganalisis model

Tahap ini dilakukan dengan untuk mencari solusi yang sesuai untuk menjawab pertanyaan yang dibangun pada tahap identifikasi. Di dalam pemodelan, analisis dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan melakukan optimasi dan simulasi. Optimasi dirancang untuk mencari solusi apa yang seharusnya terjadi dan simulasi dirancang untuk mencari solusi apa yang akan terjadi.

5. Interpretasi

Interpretasi penting dilakukan untuk mengetahui apakah hasil model tersebut rasional atau tidak.

6. Validasi

Sebelum menggunakan model untuk menyimpulkan kejadian dunia nyata, model tersebut harus diuji keabsahannya. Model yang valid tidak hanya mengikuti kaidah-kaidah teoritis yang sah tetapi juga memberikan interpretasi atas hasil yang diperoleh mendekati kesesuaian.

7. Implementasi

Jika hasil validasi memenuhi syarat dan rasional maka hasilnya dapat diterima, baru kemudian dapat dilakukan implementasi dari model yang diperoleh.

2.2 Persamaan diferensial

Persamaan diferensial adalah suatu persamaan yang memuat variable bebas, variable tak bebas, dan derivative-derivative dari variable tak bebas terhadap variable bebas-n.

Contoh (2.2), sebagai berikut:

$$y' + xy = 3$$

$$y'' + 5y' + 6y = \cos x$$

$$y'' = (1 + y'^2)(x^2 + y^2)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$$

$$\frac{dy}{dx} + y + 6 = 0$$

$$xy' + y + x = 0$$

Dari contoh diatas fungsi yang tak diketahui dinyatakan dengan y dan dianggap sebagai fungsi satu peubah bebas x , yaitu $y = y(x)$.

Menurut peubah bebas, persamaan diferensial dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu persamaan diferensial biasa dan parsial, sedangkan persamaan diferensial dilihat dari bentuk fungsi atau pangkatnya juga dibedakan menjadi dua yaitu persamaan diferensial linear dan persamaan diferensial non linear (Marwan dan Said, 2009).

2.3 Persamaan Diferensial Biasa

Persamaan diferensial yang mempunyai turunan hanya bergantung pada satu variabel bebas, maka persamaan diferensial tersebut dikatakan persamaan diferensial biasa.

Contoh (2.3), sebagai berikut:

$$\frac{dy}{dx} + xy = 0$$

$$x \frac{d^2y}{dx^2} + \frac{dy}{dx} - xy = 0$$

$$xy'' + x^2y' + 6y = e^x$$

$$y' + xy^2 = 1$$

Contoh tersebut merupakan persamaan diferensial biasa, karena variabel tak bebas y hanya bergantung pada variabel bebas x (Marwan dan Said, 2009).

2.4 Model Gompertz

Model Gompertz telah banyak digunakan untuk menggambarkan kurva pertumbuhan populasi sel tumor. Model Gompertz hanya mempertimbangkan dinamika satu populasi yaitu $N(t)$ yang merupakan populasi sel tumor pada waktu t . Pemodelan populasi sel tumor pada model Gompertz dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan diferensial :

$$\frac{dN}{dt} = r N \ln\left(\frac{K}{N}\right) \quad (2.4)$$

di mana :

$N = N(t)$ adalah populasi sel tumor

r adalah pertumbuhan sel intrinsic yang konstan, dengan $r > 0$

K adalah daya dukung tumor, yaitu ukuran maksimum yang dapat di capai dengan nutrisi yang tersedia.

Diketahui bahwa tumor padat telah mengurangi pertumbuhan pada awal pembentukannya dan juga semakin besar mereka, semakin sedikit mereka tumbuh. Meskipun daya dukungannya K dari suatu tumor berhubungan erat dengan jumlah sel tumor $N(t)$, dalam waktu t (Sachs, 2001).

2.5 Tumor

Tumor adalah suatu penyakit yang disebabkan oleh pertumbuhan sel-sel jaringan tubuh yang tidak normal. Sel – sel tumor akan berkembang dengan cepat, tidak terkendali, dan akan terus membelah diri. Sel-sel tersebut kemudian menyusup ke jaringan sekitarnya dan terus menyebar melalui jaringan ikat, darah, serta menyerang organ-organ penting dan saraf tulang belakang (Maharani, 2009).

Tumor adalah karena kerusakan struktur genetik yang menyebabkan pertumbuhan sel menjadi tidak terkontrol. Sedangkan beberapa penyebab kerusakan gen diantaranya: kelainan genetik, karsinogen (zat penyebab kanker) seperti virus (misal human papilloma merupakan virus yang menjadi penyebab kanker mulut rahim), zat kimia (misal asap rokok yang menyebabkan kanker paru), sinar radiasi (radiasi ultraviolet

pada saat terik dapat menyebabkan kanker kulit) dan pengaruh lingkungan hidup seperti merokok (Diananda, 2009).

Dalam keadaan normal, sel hanya akan membelah diri jika pengganti sel-sel yang telah mati dan rusak. Sebaliknya, sel tumor akan terus membelah meskipun tubuh tidak memerlukannya. Akibatnya, terjadi penumpukan sel baru yang disebut tumor ganas, penumpukan sel tersebut mendesak dan merusak jaringan normal sehingga mengganggu organ yang ditempatinya.

Tumor dapat terjadi diberbagai jaringan dalam berbagai organ disetiap tubuh, mulai dari kaki sampai kepala. Bila tumor terjadi di bagian permukaan tubuh, akan mudah diketahui dan diobati. Namun, bila terjadi didalam tubuh, tumor itu akan sulit diketahui kadang-kadang tidak memiliki gejala. Kalaupun timbul gejala, biasanya sudah mencapai stadium lanjut sehingga sulit diobati (Maharani, 2009).

Tumor dibagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Tumor Jinak

Tumor jinak tidak menyerang jaringan yang berdekatan dan tidak menyebarkan benih (metastasis), tetapi tumbuh secara bertahap menjadi besar. Dan biasanya, mereka tidak muncul kembali setelah penyingkiran melalui operasi.

2. Tumor Ganas (Kanker)

Tumor ganas mampu menyerang jaringan lainnya dan berkembang menyebarkan benih. Kanker dapat menyebar melalui pembuluh darah ke organ lain. Dan meskipun

telah dilakukan operasi sisa-sisa sel kanker akan tetap ada dan memicu pertumbuhan sel kanker menjadi lebih besar.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun akademik 2018/2019 di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

3.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penulisan ini adalah data sekunder dan studi pustaka yang dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi yang relevan dengan masalah yang akan di kaji.

3.3 Metode Penelitian

Metode analisis yang dilakukan yaitu dengan tahapan sebagai berikut:

1. Merumuskan persamaan Gompertz.
2. Melakukan penggantian variabel sampai memiliki persamaan Gompertz untuk mencari solusi analitiknya.

3. Menganalisis persamaan Gompertz (menganalisis tumor).
4. Plot kurva Gompertz.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan yaitu pertumbuhan volume sel tumor yang dapat dimodelkan dengan menggunakan model Gompertz. Dalam kasus ini, kita dapat memahami persamaan Gompertz dan kita juga dapat lebih memahami bagaimana menganalisis pertumbuhan jaringan tumor, tanpa mempertimbangkan efeknya perawatan terhadap tumor. Oleh karena itu, kita melihat bahwa populasi dibawah solusi keseimbangannya cenderung meningkat karena perputaran waktu siklus evolusi t meningkat. Artinya, jika populasi sel tumor berada dibawah nilai K cenderung tumbuh menuju nilai ini. Dan kesimpulan matematisnya adalah bahwa populasi sel tumor $N(t)$, ketika t sama dengan daya dukung K tumor. Melalui tulisan ini, kita dapat mengetahui bahwa matematika bisa berkaitan dengan biologi. Dengan menganalisis hasil faktor pengobatan pada model Gompertz dan dari segi bidang biologi lebih memahami tentang penggunaan model matematika untuk mendeskripsi evolusi populasi tumor.

5.2 Saran

Setelah membahas dan menganalisis model Gompertz terhadap penyakit tumor, penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya membahas bagaimana menganalisis model matematika ke persamaan model Gompertz bila dikaitkan dengan pengaruh luar seperti vaksin dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Boyce, W. E. and DiPrima, R. C. 2005. *Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems (8nd ed)*. Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Diananda, Rama. 2009. *Mengenal Seluk Beluk Kanker, Cetakan 3*. Kata Hati, Yogyakarta.
- Domingues, Jose Sergio. 2012. Gompertz Model: Resolution and Analysis for Tumors. *Journal of Mathematical Modelling and Application*,**1**(7): 70-77.
- Maharani, S. 2009. *Kanker Mengenal 13 Jenis Kanker dan Pengobatannya*. Kata Hati, Yogyakarta.
- Marwan dan Munzir, Said. 2009. *Persamaan Diferensial*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Pagalay, E. 2009. *Mathematical Modelling Aplikasi pada Kedokteran, Immunologi, Biologi, Ekonomi, dan Perikanan*. UIN-Maliki Press, Malang.
- Sachs, R. 2001. *Model ODE Sederhana dari Pertumbuhan Tumor dan Pengobatan Anti Angiogenik atau Radiasi*. *Matematika dan Pemodelan*, 33, 1297-1305, Pergamon.