

# MODEL DINAMIKA PERTUMBUHAN KANKER DAN RESPONNYA TERHADAP PEMBERIAN RADIASI TUNGGAL

**QONITAH NURULKARIMATUN**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.





## PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Model Dinamika Pertumbuhan Kanker dan Responnya Terhadap Pemberian Radiasi Tunggal” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2024

Qonitah Nurulkarimatun  
G74190048

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## ABSTRAK

QONITAH NURULKARIMATUN. Model dinamika pertumbuhan kanker dan responnya terhadap pemberian radiasi tunggal. Dibimbing oleh AGUS KARTONO dan YESSIE WIDYA SARI.

Kanker merupakan penyakit yang ditandai oleh pertumbuhan sel yang tidak terkendali dan penyebaran sel secara abnormal. Dalam proses proliferasi kanker, sel dibagi menjadi dua jenis: sel kanker yang aktif membelah dan sel kanker yang mati. Laju pertumbuhan tumor sebanding dengan faktor retardasi vaskular tumor ( $\theta$ ). Pemodelan matematika digunakan untuk memahami bagaimana sel kanker tumbuh selama periode waktu tertentu. Pertumbuhan kanker dapat disimulasikan melalui persamaan diferensial biasa yang diselesaikan dengan metode Euler pada Matlab. Data yang digunakan berasal dari 5 pasien kanker otak metastatik dengan kanker primer yang berbeda. Radiasi yang diterapkan adalah *Gamma Knife stereotactic radiosurgery* (GKSRS). Setelah radiasi, sel-sel yang aktif membelah secara bertahap mati. Namun, terdapat sel kanker yang terus berkembang setelah radiasi. Hal ini disebabkan oleh nilai  $\theta$  yang tinggi dan dosis radiasi yang kurang dari dosis marjinal. Parameter biologis yang digunakan sangat berkaitan dengan pertumbuhan tumor. Diharapkan model pertumbuhan kanker ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan data klinis yang lebih banyak untuk mengkonfirmasi pentingnya beberapa parameter biologis pada model pertumbuhan tumor yang digunakan.

Kata kunci: kanker, metode Euler, radiasi, persamaan diferensial biasa

@Hak Cipta  
Universitas Indonesia

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## ABSTRACT

QONITAH NURULKARIMATUN. Dynamic Model of Cancer Growth and Its Response to a Single Radiation. Supervised by AGUS KARTONO and YESSIE WIDYA SARI.

Cancer is a diseases characterized by uncontrolled cell growth and abnormal cell spread. In the process of cancer proliferation, cells are divided into two types: actively dividing cancer cells and dead cancer cells. The tumor growth rate is proportional to the tumor vascular retardation factor ( $\theta$ ). Mathematical modeling is used to understand how cancer cells grow and develop over a certain period of time. Cancer growth can be simulated through ordinary differential equations. These equations are solved using the Euler method in Matlab. The data used comes from 5 metastatic brain cancer patients with different primary cancers. The applied radiation is Gamma Knife stereotactic radiosurgery (GKSRS). After radiation, the actively dividing cells gradually die. However, there are cancer cells that continue to grow after radiation. This is caused by a high  $\theta$  value and a radiation dose less than the marginal dose. The biological parameters used are closely related to tumor growth. It is hoped that this cancer growth model can be further developed with more clinical data to confirm the importance of some biological parameters in the tumor growth model used.

*Keywords:* cancer, Euler's method, radiation, ordinary differential equation

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Model Dinamika Pertumbuhan Kanker dan Responnya  
Terhadap Pemberian Radiasi Tunggal  
Nama : Qonitah Nurulkarimatun  
NIM : G74190048

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Dr. Agus Kartono, S.Si., M.Si

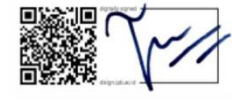


Pembimbing 2:  
Dr. Yessie Widya Sari, S.Si., M.Si



Diketahui oleh

Ketua Departemen Fisika:  
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya P, M.Si.  
NIP. 19720519 199702 1 001



Tanggal Ujian:

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini berjudul Model Dinamika Pertumbuhan Kanker Dan Responnya Terhadap Pemberian Radiasi Tunggal. Adapun penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Dr. Agus Kartono dan Ibu Dr. Yessie Widya Sari selaku dosen pembimbing skripsi, atas segala bimbingan, arahan, motivasi, serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Seluruh staff pengajar Departemen Fisika IPB yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Fisika.
3. Staf pelayanan mahasiswa departemen fisika, atas bantuan mereka selama perjalanan akademik penulis di Departemen Fisika.
4. Orang tua dan adik tercinta, atas doa, dukungan dan kasih sayang sepanjang hidup penulis.
5. Rekan-rekan seperjuangan Fisika Angkatan 56 yang telah kebersamai penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Fisika IPB.

Penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar skripsi ini lebih baik serta bermanfaat bagi penulis dan para pembaca.

Bogor, Juni 2024

Qonitah Nurulkarimatun

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kanker	3
2.2 Persamaan Diferensial Biasa	3
2.3 Metode Euler	4
2.5 Pemodelan Proliferasi Pertumbuhan Kanker	5
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat	7
3.3 Prosedur Kerja	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Kesesuaian pengembangan model matematika dari persamaan yang dikembangkan oleh Watanabe <i>et al.</i> (2016) terhadap data klinis pertumbuhan kanker	12
4.2 Pengaruh parameter-parameter biologis terhadap model pertumbuhan kanker	19
V SIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Simpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN	23
RIWAYAT HIDUP	28





Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## DAFTAR TABEL

1	Parameter radiasi pada tumor berdasarkan data klinis	9
2	Parameter model untuk respons radiasi	10
3	Data klinis dan data simulasi pemodelan matematika pada volume kanker <i>non small cell lung</i> (NSCL) terhadap waktu	13
4	Data klinis dan data simulasi pemodelan matematika pada volume kanker <i>renal cell carcinoma</i> (RCC) terhadap waktu	14
5	Data klinis dan data simulasi pemodelan matematika pada volume kanker <i>renal cell carcinoma</i> (RCC) terhadap waktu	16
6	Data klinis dan data simulasi pemodelan matematika pada volume kanker testikular terhadap waktu	17
7	Data klinis dan data simulasi pemodelan matematika pada volume kanker melanoma terhadap waktu	19

## DAFTAR GAMBAR

1	Diagram model proliferasi sel kanker setelah diradiasi <i>Watanabe et al. (2016)</i>	5
2	Diagram alir penelitian	8
3	Grafik perubahan volume kanker <i>non small cell lung</i> (NSCL) terhadap waktu (a) sebelum dimodifikasi dan (b) setelah dimodifikasi	12
4	Grafik perubahan volume kanker <i>renal cell carcinoma</i> (RCC) terhadap waktu (a) sebelum dimodifikasi dan (b) setelah dimodifikasi	13
5	Grafik perubahan volume kanker <i>renal cell carcinoma</i> (RCC) terhadap waktu (a) sebelum dimodifikasi dan (b) setelah dimodifikasi	15
6	Grafik perubahan volume kanker testikular terhadap waktu (a) sebelum dimodifikasi dan (b) setelah dimodifikasi	16
7	Grafik perubahan volume kanker melanoma terhadap waktu (a) sebelum dimodifikasi dan (b) setelah dimodifikasi	17

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Grafik hasil penelitian <i>Watanabe et al. (2016)</i>	26
2	Ringkasan parameter yang digunakan pada model matematika pertumbuhan kanker	27