

**PERAMALAN HARGA MINYAK  
MENTAH MENGGUNAKAN *GEOMETRIC  
BROWNIAN MOTION* TERMODIFIKASI  
KALMAN FILTER**

*SKRIPSI*



Oleh  
RAFI RACHMAD RAMADHAN  
NIM 20030214023

UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
*PROGRAM STUDI SARJANA MATEMATIKA*  
2025



**PERAMALAN HARGA MINYAK  
MENTAH MENGGUNAKAN *GEOMETRIC  
BROWNIAN MOTION* TERMODIFIKASI  
KALMAN FILTER**

*SKRIPSI*

Diajukan kepada Universitas Negeri Surabaya untuk Memenuhi  
Persyaratan Penyelesaian Program Sarjana Matematika

Oleh  
RAFI RACHMAD RAMADHAN  
NIM 20030214023

***UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA***  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
***PROGRAM STUDI SARJANA MATEMATIKA***  
2025



# ABSTRAK

Rafi Rachmad Ramadhan

**PERAMALAN HARGA MINYAK MENTAH  
MENGUNAKAN *GEOMETRIC BROWNIAN MOTION*  
TERMODIFIKASI KALMAN FILTER**

Skripsi

Universitas Negeri Surabaya, Fakultas Matematika dan Ilmu  
Pengetahuan Alam, 2025

Perekonomian merupakan suatu bidang yang perlu mendapat perhatian di semua negara, baik negara maju maupun berkembang. Berbagai tantangan dan risiko masih membayangi perkembangan ekonomi global, terutama berasal dari inflasi yang terjadi di mayoritas negara-negara dunia. Pada proses perkembangan ekonomi, minyak mentah menjadi salah satu komoditas paling penting. Harga minyak mentah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perekonomian global. Hal ini dikarenakan kenaikan harga minyak akan meningkatkan biaya produksi, sehingga harga produk meningkat. Harga produk yang tinggi menyebabkan stagnansi pasar. Oleh karena itu, pemahaman berkelanjutan tentang pergerakan harga minyak mentah dunia penting untuk pengembangan dan pertumbuhan ekonomi. Salah satu model yang dapat digunakan dalam memprediksi pergerakan harga minyak adalah *Geometric Brown Motion* termodifikasi kalman filter. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah *Geometric Brown Motion* dan *Geometric Brown Motion* termodifikasi kalman filter. Metode tersebut digunakan untuk memprediksi data harga minyak mentah per barrel jenis *West Texas Intermediate* dan *brent*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Geometric Brown Motion* termodifikasi

kalman filter menghasilkan MAPE sebesar 1,108889% untuk minyak mentah jenis West Texas Intermediate dan 1,097598% untuk minyak mentah jenis *brent*. MAPE tersebut lebih kecil dari lintasan terbaik *Geometric Brown Motion* yang menghasilkan MAPE sebesar 2,562672% untuk minyak mentah jenis West Texas Intermediate dan 2,537235% untuk minyak mentah jenis *brent*. Kedua metode tersebut menghasilkan MAPE < 10% yang mengindikasikan bahwa kedua metode tersebut mempunyai tingkat akurasi peramalan yang tinggi untuk kasus ini. 1

**Kata kunci:** Minyak mentah, *Geometric Brownian Motion*, Kalman Filter

# ABSTRACT

Rafi Rachmad Ramadhan

## **FORECASTING CRUDE OIL PRICES USING GEOMETRIC BROWNIAN MOTION MODIFIED BY KALMAN FILTER**

Undergraduate Thesis

State University of Surabaya, Faculty of Mathematics and Natural  
Sciences, 2025

Ebola is a deadly infectious disease, caused by the ebola virus from the family of Filoviridae, and genus Ebolavirus. Most of the transmission to humans is caused by animals or carcasses of infected animals, such as gorillas, monkeys, chimpanzees, bats and others. This virus can also be spread through sexual contact with the patient.

This study aims to reconstruct a mathematical model of the spreading of the Ebola virus with combinations of sexual and non-sexual transmission routes based on the SIR-SI epidemic model. The population within a community consists of the human population and the bat population. In the human population, it is divided into three cases, namely the vulnerable human population, the infected human population and the healed human population. Whereas, there are only two in the bat population that is the population of vulnerable bats and the population of infected bats. Infected humans can spread the virus to vulnerable humans through sexual intercourse.

**Keywords:** Stability analysis, Ebola virus, compartment diagram, the equilibrium point, linearization





## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Rafi Rachmad Ramadhan  
NIM : 20030214023  
Program Studi : Sarjana Matematika  
Judul Penelitian : Peramalan Harga Minyak Mentah Menggunakan *Geometric Brownian Motion* Termodifikasi Kalman Filter

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Produk dari penelitian/skripsi yang telah saya kembangkan adalah benar merupakan hasil karya saya bersama pembimbing dan belum diajukan hak cipta/paten oleh saya pribadi atau orang lain ke instansi/lembaga manapun.
2. Menyerahkan sepenuhnya produk penelitian saya ke Program Studi Sarjana Matematika sebagai produk milik program studi.
3. Tidak menuntut/meminta ganti rugi dalam bentuk apapun atau segala sesuatu yang dilakukan oleh Program Studi Sarjana Matematika terhadap produk penelitian/skripsi saya ini.
4. Apabila ternyata dikemudian hari produk penelitian/skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 6 Juni 2025  
Yang membuat pernyataan,

**Rafi Rachmad Ramadhan**  
NIM. 20030214023

## **HALAMAN PERSETUJUAN TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Rafi Rachmad Ramadhan  
NIM : 20030214023  
Judul Penelitian : Peramalan Harga Minyak Mentah Menggunakan *Geometric Brownian Motion* Termodifikasi Kalman Filter

ini telah disetujui dan dinyatakan memenuhi syarat untuk diajukan dalam ujian skripsi.

Surabaya, 25 Mei 2025  
Pembimbing,

Dimas Avian Maulana, S.Si., M.Si.  
NIP 199010072015041001



## HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR BENTUK: SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Rafi Rachmad Ramadhan  
NIM : 20030214023  
Judul Penelitian : Peramalan Harga Minyak Mentah Menggunakan *Geometric Brownian Motion* Termodifikasi Kalman Filter

ini telah dipertahankan dihadapan dewan penguji tanggal 6 Juni 2025

Dewan Penguji,	Tanda Tangan	Tanggal Selesai Revisi
A'yunin Sofro, M.Si., Ph.D. NIP. 198008232005012002	....	.....
Affiati Oktaviarina, S.Si., M.Sc. NIP. 197810222006042001	....	.....
Dimas Avian Maulana, S.Si., M.Si. NIP. 199010072015041001	....	.....

Mengesahkan,  
Dekan FMIPA  
Universitas Negeri Surabaya

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
Sarjana Matematika

Prof. Dr. Wasis, M.Si.  
NIP. 196712031993021001

Prof. Dr. Raden Sulaiman, M.Si.  
NIP. 196712031993021001



## **PRAKATA**

Proses penciptaan karya ini merupakan kolaborasi tak kasat mata. Ada sumber-sumber yang menjadi pijakan, namun ide yang dihasilkan merupakan akumulasi dari berbagai perspektif yang bersinggungan. Ada berbagai sumber inspirasi yang tak terhitung dan karya ini adalah output dari sintesis tersebut. Oleh karena itu, terima kasih pada semua yang sudah kebersamai penulis dalam penciptaan karya ini. karya ini disajikan dengan semangat apa adanya. Ia tak berpretensi menjadi sumber kebenaran tunggal, namun lebih sebagai jembatan untuk memicu pemikiran kritis. Terkadang, penemuan terbesar muncul dari interpretasi yang tak terduga.





## DAFTAR ISI

SAMPUL .....	i
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	v
SURAT PERNYATAAN KEORISINILAN SKRIPSI .....	viii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ix
HALAMAN PENGESAHAN .....	xi
PRAKATA .....	xiii
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR SIMBOL .....	xxi
Bab I    PENDAHULUAN .....	1
A.    Latar Belakang .....	1
B.    Identifikasi Masalah .....	1
C.    Batasan Masalah .....	1
D.    Rumusan Masalah .....	2
E.    Tujuan Penelitian .....	3
F.    Manfaat Penelitian .....	3
G.    Asumsi penelitian (jika ada) .....	3
Bab II    KAJIAN PUSTAKA .....	5
A.    Kajian Teori .....	5
1. Notasi Komutasi .....	5
B.    Hasil Penelitian yang Relevan .....	8
C.    Kerangka Berpikir .....	8
D.    Pertanyaan Penelitian dan/atau Hipotesis (jika ada) ..	9
Bab III    METODE PENELITIAN .....	11
A.    Jenis atau Desain Penelitian .....	11
B.    Tempat dan Waktu Penelitian .....	11

C.	Populasi dan Sampel Penelitian (jika ada) .....	11
D.	Definisi Operasional Variabel (jika ada) .....	13
E.	Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data .....	13
F.	Validitas dan Reliabilitas Instrumen (jika ada) .....	13
G.	Teknik Analisis Data .....	13
H.	Pelaksanaan Penelitian .....	13
Bab IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	15
A.	Hasil Penelitian .....	15
1.	Pengelompokan Jenis Roti .....	15
2.	Indeks Sensitivitas .....	18
3.	Graf .....	18
B.	Pembahasan .....	20
C.	Keterbatasan Penelitian .....	20
Bab V	SIMPULAN DAN SARAN .....	21
A.	Simpulan .....	21
B.	Implikasi .....	21
C.	Saran .....	21
	DAFTAR PUSTAKA .....	23
	LAMPIRAN .....	25
A	Surat Keterangan Uji Ahli .....	25
B	<i>Source code</i> .....	27
C	Biodata Penulis .....	29

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Pelaksanaan Penelitian .....	14
Tabel 4.1	Pengelompokan jenis roti di Lyly Bakery Lamongan .....	15



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Logo Unesa .....	7
Gambar 3.1	Alur penelitian.....	12
Gambar 4.1	Indeks sensitivitas .....	17
Gambar 4.2	Graf G .....	17
Gambar 4.3	Graf Komplit .....	18
Gambar 4.4	Graf Dual .....	19



## DAFTAR SIMBOL

$m$	Massa
$p$	Momentum
$F$	Gaya
$a_{\overline{n} i}^{(m)}$	Nilai sekarang anuitas biasa (anuitas- <i>immediate</i> )
$\ddot{a}_{\overline{n} i}^{(m)}$	Nilai sekarang anuitas jatuh tempo (anuitas- <i>due</i> )
$i^{(m)}$	Tingkat bunga nominal tahunan yang dikapitalisasi $m$ kali dalam setahun
$d^{(m)}$	Tingkat diskonto nominal tahunan yang dikapitalisasi $m$ kali dalam setahun
$v$	Faktor diskonto ( <i>discount factor</i> )
$\Pi$	Amalgamasi
$\Re$	Bagian real dari bilangan kompleks
$\Im$	Bagian imajiner dari bilangan kompleks





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Latar Belakang Masalah menjelaskan alasan-alasan rasional yang melandasi pentingnya penelitian tersebut dilakukan. Untuk membuat alasan rasional perlu diungkapkan kesenjangan antara kenyataan yang terjadi dibandingkan kenyataan yang diharapkan. Berbagai data, fakta, pendapat, keluhan dari lapangan/tempat penelitian perlu diungkap untuk memperkuat alasan perlunya dilakukan penelitian Veersteg (2007)

### **B. Identifikasi Masalah**

Identifikasi Masalah menjelaskan kajian berbagai kemungkinan penyebab terjadinya masalah. Pada bagian ini perlu diungkap secara luas berbagai permasalahan yang mungkin untuk diteliti. Isi identifikasi masalah harus selaras dengan masalah yang diungkapkan pada latar belakang masalah.

### **C. Batasan Masalah**

Batasan Masalah yakni penetapan masalah (dari berbagai masalah yang teridentifikasi) dengan mempertimbangkan berbagai aspek metodologis, kelayakan untuk diteliti, serta keterbatasan peneliti tanpa mengorbankan kebermaknaan arti, konsep, atau topik yang diteliti. Misalnya

1. Penelitian dilakukan dalam bentuk simulasi numerik di komputer.
2. Data kecepatan yang dipergunakan dalam penelitian ini diambil dari PT. Jasa Tirta I.
3. Unsur-unsur hidrodinamika yang diteliti adalah kecepatan aliran.

4. Pola penyebaran polutan yang diamati adalah arah panjang sungai (longitudinal) dan arah lebar sungai (lateral) selama tahun 2012.
5. Parameter kualitas sungai yang digunakan adalah TSS (*Total Suspended Solid*).
6. Aliran sungai ditentukan bersifat kondisi Laminer.
7. Kepadatan air sungai konstan karena air sungai adalah fluida yang tidak mampu mampat.
8. Perubahan viskositas air cukup kecil sehingga dianggap konstan.
9. Permukaan sungai adalah horizontal dan dinding sungai berkarakteristik relatif halus.
10. Air sungai mengandung polutan TSS, dan polutan TSS menyebar mengikuti kecepatan aliran sungai.
11. Pengaruh putaran bumi (gaya *Coriolis*) sangat kecil sehingga dianggap nol.
12. Gradien tekanan pada masing-masing sumbu ditentukan.
13. Pengaruh angin sangat kecil sehingga gesekan di permukaan diasumsikan nol.
14. Panjang sungai yang diukur dari pertemuan dua sungai adalah  $1500m$  dan lebarnya  $25m$
15. Sungai yang menjadi objek penelitian ini adalah Kali Surabaya yang mengalir diantara Jalan Raya Mastrip (Karangpilang, Surabaya) dan Jalan Ngelom Rolak (Sepanjang, Sidoarjo)

#### **D. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah berisi penegasan masalah yang akan diteliti sebagai hasil dari pembatasan masalah-masalah yang teridentifikasi. Rumusan masalah dituliskan dalam kalimat tanya. Misalnya:

1. Bagaimana model matematika penyebaran polutan pada pertemuan dua sungai.
2. Bagaimana menerapkan Metode Volume Hingga skema *QUICK* pada model penyebaran polutan pada pertemuan dua sungai tersebut.

3. Bagaimana hasil penyebaran polutan di daerah aliran pertemuan dua sungai dengan Metode Volume Hingga skema *QUICK*.

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan Penelitian menyatakan target yang akan dicapai melalui penelitian. Tujuan dirumuskan selaras/mengacu kepada rumusan masalah. Misalnya

1. Mengkaji dan menganalisis model matematika penyebaran polutan pada pertemuan dua sungai.
2. Menerapkan Metode Volume Hingga skema *QUICK* dan menyelesaikan model matematika penyebaran polutan pada pertemuan dua sungai tersebut.
3. Menyimulasikan dan memvisualisasikan penyelesaian numerik pola penyebaran polutan pada pertemuan dua sungai.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat Penelitian menjelaskan manfaat hasil penelitian untuk kepentingan teoretis maupun praktis. Misalnya

1. Manfaat Teoretis
2. Manfaat Praktis
  - 2.1. Bagi Penulis
  - 2.2. Bagi Peneliti selanjutnya
  - 2.3. Bagi *stakeholder* terkait (sebutkan *stakeholdernya*)

#### **G. Asumsi penelitian (jika ada)**

Asumsi penelitian (jika ada) adalah anggapan dasar tentang suatu hal yang dijadikan pijakan berpikir dan bertindak dalam melaksanakan penelitian. Asumsi dapat juga diartikan sebagai anggapan dasar yang menyebabkan suatu teori dapat berlaku. Asumsi dapat bersifat substantif atau metodologis. Asumsi substantif berkenaan dengan permasalahan penelitian, sedangkan asumsi metodologis berkenaan dengan metode penelitian.



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

Bab kajian pustaka bukan sekadar kumpulan kutipan, tetapi kutipan dan teori yang dibahas dan disintesis oleh peneliti/mahasiswa sehingga dapat memunculkan definisi, pemahaman baru, kerangka pikir, hipotesis dan/atau pertanyaan penelitian, serta mengembangkan instrumen yang sesuai dengan permasalahan yang diteliti. Secara umum, bab ini berisi landasan teori, kajian hasil penelitian yang relevan,

#### A. Kajian Teori

Kajian Teori menguraikan teori-teori terkait variabel penelitian meliputi definisi, konsep, asumsi, dan indikator yang digunakan untuk mengukur variabel tersebut dan sebagai landasan untuk mengembangkan instrumen penelitian. Kajian teori diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang relevan. Sumber rujukan untuk kajian teori dapat berupa buku teks, ensiklopedia, kamus, jurnal ilmiah, laporan penelitian, makalah seminar, prosiding, tesis ataupun disertasi. Artikel dalam internet juga dapat digunakan sebagai sumber rujukan apabila artikel ini dimuat dalam pusat-pusat kajian atau ditulis oleh penulis bereputasi. Namun, materi pembelajaran tidak dapat digunakan sebagai sumber rujukan karena belum mengalami uji publik melalui publikasi.

#### 1. Notasi Komutasi

Jika simbol ( $m$ ) ditambahkan ke sudut kanan atas, itu menunjukkan **nilai sekarang (Present Value, PV) dari suatu anuitas** di mana pembayaran dilakukan setiap  $\frac{1}{m}$  dari satu tahun selama  $n$  tahun, dan setiap pembayaran besarnya  $\frac{1}{m}$  dari satu unit.

$$a_{\overline{n}|i}^{(m)} = \frac{1 - v^n}{i^{(m)}}$$

$$\ddot{a}_{\overline{n}|i}^{(m)} = \frac{1 - v^n}{d^{(m)}}$$

Di mana:

- $a_{\overline{n}|i}^{(m)}$  menyatakan **nilai sekarang anuitas biasa** (anuitas-immediate), yaitu anuitas yang dibayar setiap  $\frac{1}{m}$  dari satu tahun pada akhir setiap periode.
- $\ddot{a}_{\overline{n}|i}^{(m)}$  menyatakan **nilai sekarang anuitas jatuh tempo** (anuitas-due), yaitu anuitas yang dibayar di awal setiap periode.
- $i^{(m)}$  adalah **tingkat bunga nominal tahunan yang dikapitalisasi  $m$  kali dalam setahun**.
- $d^{(m)}$  adalah **tingkat diskonto nominal tahunan yang dikapitalisasi  $m$  kali dalam setahun**.
- $v = \frac{1}{1+i}$  adalah faktor diskonto (discount factor), yang digunakan untuk menghitung nilai sekarang dari suatu pembayaran yang akan diterima di masa depan.

Dengan menggunakan rumus ini, kita dapat menghitung **nilai sekarang dari anuitas dengan pembayaran lebih sering** dari satu kali dalam setahun, seperti anuitas bulanan, kuartalan, atau semi-tahunan.

#### a. Rumus

Rumus umum persamaan pythagoras diberikan oleh persamaan 2.1 berikut ini

$$a^2 + b^2 = c^2 \quad (2.1)$$



**Gambar 2.1:** Logo Unesa

Model penyebaran penyakit diberikan oleh sistem persamaan diferensial sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= -\beta SI\end{aligned}\tag{2.2}$$

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= \beta SI \\ \frac{dI}{dt} &= -\beta SI\end{aligned}\tag{2.3}$$

$$I = \int_0^{\infty} e^{at} dt\tag{2.4}$$

Matriks Identitas  $3 \times 3$  diberikan oleh:

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & \vdots \\ \cdots & \cdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

**Teorema 2.1** (Teorema Keterbagian). *Diberikan bilangan bulat  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  dengan  $a \neq 0$  sehingga berlaku sifat-sifat berikut ini.*

**Teorema 2.2** (Teorema Keterbagian). *Diberikan bilangan bulat  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  dengan  $a \neq 0$  sehingga berlaku sifat-sifat berikut ini.*

*Bukti.* Berdasarkan  $\cdots$  ■

**Definisi 2.3.** *Diberikan bilangan bulat  $a$  dan  $b$  dengan  $a \neq 0$ . Jika  $b$  merupakan kelipatan dari  $a$ , maka kita katakan bahwa  $a$  habis membagi  $b$  atau dinotasikan  $a|b$*

**Contoh 2.4.** *Diberikan bilangan bulat  $a$  dan  $b$  dengan  $a \neq 0$ . Jika  $b$  merupakan kelipatan dari  $a$ , maka kita katakan bahwa  $a$  habis membagi  $b$  atau dinotasikan  $a|b$*

**Teorema 2.5.** *Diberikan bilangan bulat  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  dengan  $a \neq 0$  sehingga berlaku sifat-sifat berikut ini.*

## B. Hasil Penelitian yang Relevan

Hasil Penelitian yang relevan berfungsi memperkuat posisi penelitian yang dilakukan saat ini dengan melihat hasil-hasil penelitian yang sudah dilakukan. Hasil penelitian yang relevan juga digunakan sebagai dasar peneliti menyusun kerangka berpikir. Hasil penelitian yang relevan disajikan secara narasi dengan menganalisis hasil penelitian yang satu dengan hasil penelitian yang lain.

## C. Kerangka Berpikir

Kerangka Berpikir berisikan gambaran logis dan rasional tentang bagaimana variable-variabel penelitian dapat saling berhu-



bungan (korelasi). Kerangka berpikir akan mengarahkan peneliti kepada perumusan hipotesis. Penelitian yang tidak membuktikan hipotesis seperti penelitian dengan pendekatan kualitatif, tidak perlu menuliskan kerangka berpikir.

**D. Pertanyaan Penelitian dan/atau Hipotesis (jika ada)**

Pertanyaan penelitian merupakan penegasan dari rumusan masalah yang akan dicari jawabannya melalui penelitian. Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap rumusan masalah yang dinyatakan dengan kalimat pernyataan. Untuk penelitian yang tidak membuktikan hipotesis cukup menuliskan pertanyaan penelitian. Hipotesis atau pertanyaan penelitian harus selaras dan merupakan jabaran dari rumusan masalah.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Bab ini akan menjelaskan metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini secara rinci. Metode penelitian ini mencakup jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, populasi dan sampel, definisi operasional variabel, teknik dan instrumen pengumpulan data, validitas dan reliabilitas instrumen, serta teknik analisis data. Untuk memberikan gambaran visual mengenai alur penelitian secara keseluruhan, diagram alir penelitian disajikan sebagai berikut:

#### **A. Jenis atau Desain Penelitian**

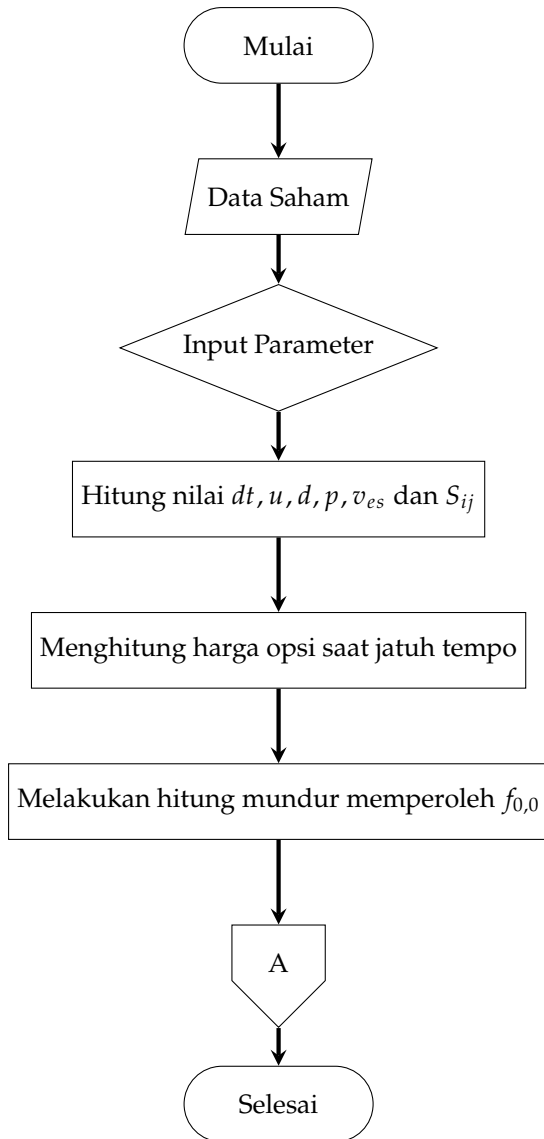
Peneliti perlu mengemukakan jenis atau desain penelitian sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti.

#### **B. Tempat dan Waktu Penelitian**

Bagian ini berisi deskripsi mengenai kapan dan di mana penelitian akan dilakukan.

#### **C. Populasi dan Sampel Penelitian (jika ada)**

Populasi dan sampel digunakan bila wilayah sasaran peneliti cukup luas sehingga tidak memungkinkan semua anggota dijadikan responden sehingga peneliti melakukan penelitian dengan mengambil sampel secara representatif. Bila wilayah sasaran dapat dijangkau seluruhnya, subbab ini diberi nama sumber data atau subjek penelitian. Dalam bidang bahasa/sastra, digunakan istilah sumber data/subjek penelitian. Untuk penelitian yang menggunakan sampel perlu dijelaskan cara menentukan ukuran sampel dan teknik sampling yang digunakan.



**Gambar 3.1:** Alur penelitian

**D. Definisi Operasional Variabel (jika ada)**

Definisi Operasional Variabel menjelaskan definisi masing-masing variabel disesuaikan dengan konteks penelitian. Definisi operasional dikembangkan dari teori, definisi konseptual, dan merupakan dasar bagi penentuan indikator-indikator dalam pengembangan instrumen penelitian.

**E. Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data**

Pada bagian ini perlu dipaparkan teknik pengumpulan data yang digunakan dan instrumen yang dikembangkan. Peneliti perlu menjelaskan proses penyusunan instrumen dan pengujian kualitas instrumen.

**F. Validitas dan Reliabilitas Instrumen (jika ada)**

Instrumen dinyatakan layak sebagai alat pengumpul data bila memenuhi kriteria valid dan reliabel. Pada bagian ini perlu dijelaskan cara-cara penelusuran validitas dan reliabilitas instrumen. Untuk instrumen berupa tes kognitif dengan bentuk soal pilihan ganda, pengujian kualitas soal diuji dengan indeks kesulitan, daya beda, pengecoh, dan reliabilitas.

**G. Teknik Analisis Data**

Pada bagian ini perlu dijelaskan teknik analisis data yang digunakan termasuk uji persyaratan analisis yang dibutuhkan.

**H. Pelaksanaan Penelitian**

Kegiatan penelitian ini akan mengikuti jadwal yang telah disusun pada Tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1:** Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan	I				II				III				IV		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Studi Literatur	■	■													
Pengambilan Data			■	■	■	■									
Pengolahan Data						■	■	■	■						
Analisis Data										■	■	■	■		
Penarikan Kesimpulan													■	■	■
Penulisan Skripsi									■	■	■	■	■	■	■

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri atas tiga bagian, yakni hasil penelitian, pembahasan, dan keterbatasan penelitian. Subbab pada bab 4 ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Uraikan bab ini sesuai dengan alur berpikir dalam diagram alir

#### A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian harus menjawab pertanyaan penelitian dan disusun menurut urutan pertanyaan penelitian/hipotesis.

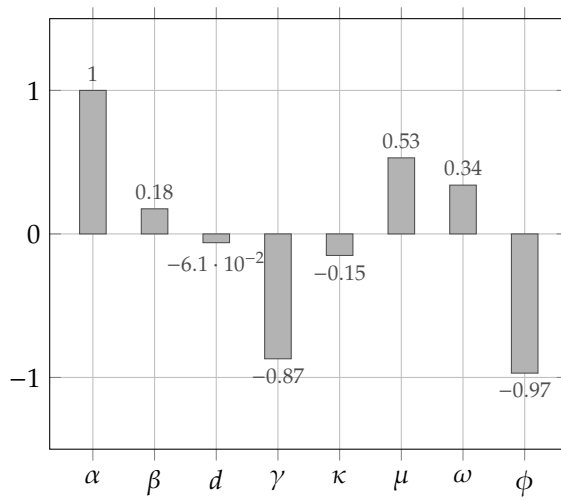
#### 1. Pengelompokan Jenis Roti

**Tabel 4.1:** Pengelompokan jenis roti di Lyly Bakery Lamongan

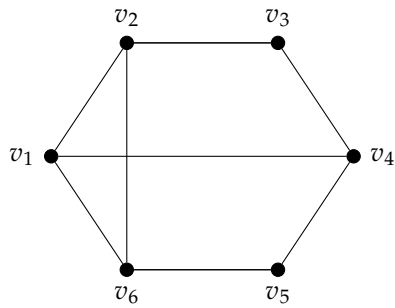
No	Pengelompokan	Jenis Roti
1	Donat	Donat strawberry marble
		Donat chocolate peanut
		Donat chocolate marble
		Donat white choco almond
		Donat icing sugar
		Donat misis mix
		Donat misis coklat
		Donat chicken
		Donat keju
		Donat merah putih
		Cum-cum contong mini

		Cum cum sepatu
		Croissant coklat marble
		Croissant white almond
		Grem kacang
		Fruit danish
		Apple danish
3	Puff pastry	Molen coklat
		Molen keju
4	Tawar	Tawar kombinasi
		Tawar kotak
		Tawar kupas
		Tawar kupas pandan
		Tawar zebra
		Tawar panjang roppang
5	Ban	Ban hongkong
		Ban hongkong pandan
6	Cupcake	Cupcake fondan panda cewek
		Cupcake fondan panda cowok
		Cupcake white purple flower
		Cupcake oreo choco cream
		Cupcake cactus
		Cupcake sesame street blue
		Cupcake sesame street yellow
		Cupcake kumbang

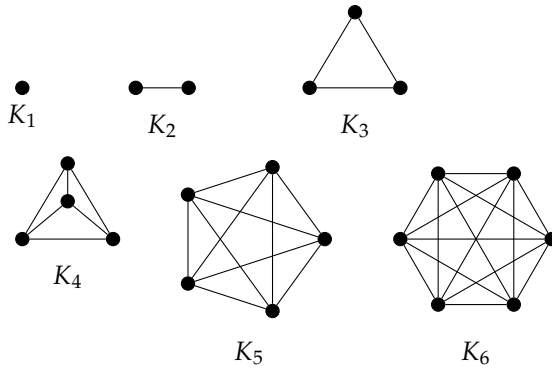




**Gambar 4.1:** Indeks sensitivitas



**Gambar 4.2:** Graf  $G$



Gambar 4.3: Graf Komplit

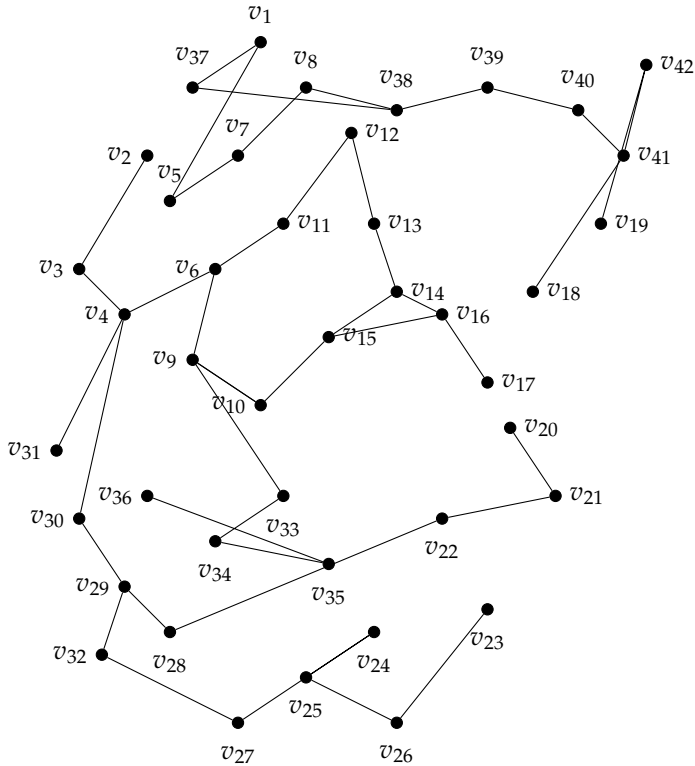
## 2. Indeks Sensitivitas

## 3. Graf

Berdasarkan Gambar 4.4, graf tersebut dapat direpresentasikan dalam titik dan sisi sebagai berikut:

$$G = (V(G), E(G))$$

$$V = \left\{ \begin{array}{cccccccc} v_1, & v_2, & v_3, & v_4, & v_5, & v_6, & v_7, & v_8, \\ v_9, & v_{10}, & v_{11}, & v_{12}, & v_{13}, & v_{14}, & v_{15}, & v_{16}, \\ v_{17}, & v_{18}, & v_{19}, & v_{20}, & v_{21}, & v_{22}, & v_{23}, & v_{24}, \\ v_{25}, & v_{26}, & v_{27}, & v_{28}, & v_{29}, & v_{30}, & v_{31}, & v_{32}, \\ v_{33}, & v_{34}, & v_{35}, & v_{36}, & v_{37}, & v_{38}, & v_{39}, & v_{40}, \\ v_{41}, & v_{42} \end{array} \right\}$$



**Gambar 4.4: Graf Dual**

$$E = \begin{pmatrix} (v_1v_2), & (v_1v_{37}), & (v_2v_3), & (v_2v_4), & (v_2v_5), & (v_2v_{37}), & (v_3v_4), \\ (v_4v_5), & (v_4v_6), & (v_4v_{30}), & (v_4v_{31}), & (v_5v_6), & (v_5v_7), & (v_5v_{11}), \\ (v_6v_9), & (v_6v_{11}), & (v_6v_{31}), & (v_7v_8), & (v_7v_{11}), & (v_7v_{37}), & (v_8v_{11}), \\ (v_8v_{38}), & (v_9v_{10}), & (v_9v_{11}), & (v_9v_{31}), & (v_9v_{32}), & (v_9v_{33}), & (v_{10}v_{11}), \\ (v_{10}v_{17}), & (v_{10}v_{33}), & (v_{10}v_{35}), & (v_{11}v_{12}), & (v_{11}v_{15}), & (v_{12}v_{13}), & (v_{12}v_{15}), \\ (v_{13}v_{14}), & (v_{13}v_{15}), & (v_{13}v_{16}), & (v_{13}v_{38}), & (v_{13}v_{39}), & (v_{13}v_{41}), & (v_{14}v_{15}), \\ (v_{14}v_{17}), & (v_{14}v_{18}), & (v_{15}v_{16}), & (v_{15}v_{17}), & (v_{17}v_{18}), & (v_{17}v_{20}), & (v_{17}v_{35}), \\ (v_{18}v_{20}), & (v_{18}v_{21}), & (v_{18}v_{41}), & (v_{19}v_{21}), & (v_{19}v_{41}), & (v_{19}v_{42}), & (v_{20}v_{21}), \\ (v_{20}v_{23}), & (v_{20}v_{35}), & (v_{21}v_{23}), & (v_{22}v_{23}), & (v_{22}v_{24}), & (v_{22}v_{25}), & (v_{22}v_{26}), \\ (v_{22}v_{36}), & (v_{23}v_{26}), & (v_{24}v_{25}), & (v_{24}v_{27}), & (v_{25}v_{26}), & (v_{27}v_{28}), & (v_{27}v_{29}), \\ (v_{27}v_{37}), & (v_{27}v_{38}), & (v_{27}v_{39}), & (v_{27}v_{41}), & (v_{27}v_{42}), & (v_{27}v_{43}), & (v_{27}v_{44}), \\ (v_{27}v_{45}), & (v_{27}v_{46}), & (v_{27}v_{47}), & (v_{27}v_{48}), & (v_{27}v_{49}), & (v_{27}v_{50}), & (v_{27}v_{51}), \\ (v_{27}v_{52}), & (v_{27}v_{53}), & (v_{27}v_{54}), & (v_{27}v_{55}), & (v_{27}v_{56}), & (v_{27}v_{57}), & (v_{27}v_{58}), \\ (v_{27}v_{59}), & (v_{27}v_{60}), & (v_{27}v_{61}), & (v_{27}v_{62}), & (v_{27}v_{63}), & (v_{27}v_{64}), & (v_{27}v_{65}), \\ (v_{27}v_{66}), & (v_{27}v_{67}), & (v_{27}v_{68}), & (v_{27}v_{69}), & (v_{27}v_{70}), & (v_{27}v_{71}), & (v_{27}v_{72}), \\ (v_{27}v_{73}), & (v_{27}v_{74}), & (v_{27}v_{75}), & (v_{27}v_{76}), & (v_{27}v_{77}), & (v_{27}v_{78}), & (v_{27}v_{79}), \\ (v_{27}v_{80}), & (v_{27}v_{81}), & (v_{27}v_{82}), & (v_{27}v_{83}), & (v_{27}v_{84}), & (v_{27}v_{85}), & (v_{27}v_{86}), \\ (v_{27}v_{87}), & (v_{27}v_{88}), & (v_{27}v_{89}), & (v_{27}v_{90}), & (v_{27}v_{91}), & (v_{27}v_{92}), & (v_{27}v_{93}), \\ (v_{27}v_{94}), & (v_{27}v_{95}), & (v_{27}v_{96}), & (v_{27}v_{97}), & (v_{27}v_{98}), & (v_{27}v_{99}), & (v_{27}v_{100}), \end{pmatrix}$$

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_{100}\}$$

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_{60}\}$$

## **B. Pembahasan**

Bagian pembahasan merupakan bagian penting dari penelitian dan letaknya terpisah dari subbab hasil penelitian. Bagian pembahasan memuat telaah kritis terhadap penelitian menggunakan perspektif dari berbagai teori yang relevan yang telah dibahas pada Bab II.

## **C. Keterbatasan Penelitian**

Keterbatasan penelitian merupakan keterbatasan terkait metodologi bukan keterbatasan terkait waktu, biaya, atau logistik penelitian. Keterbatasan penelitian juga tidak terkait jumlah sampel atau variabel penelitian karena hal ini telah ditentukan sebelumnya.

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini memuat tiga subbab yaitu simpulan, implikasi, dan saran.

#### **A. Simpulan**

Simpulan harus pendek, merupakan deskripsi esensial, cenderung berbentuk pernyataan kualitatif, dan bukan angka-angka. Simpulan merupakan rangkuman dari jawaban pertanyaan penelitian atau hasil uji hipotesis dan sekaligus merupakan pemecahan permasalahan yang ada pada rumusan masalah

#### **B. Implikasi**

Implikasi adalah konsekuensi lebih lanjut dari temuan dalam simpulan. Biasanya implikasi menggunakan bahasa saran tetapi belum operasional.

#### **C. Saran**

Saran merupakan rekomendasi yang ditujukan kepada berbagai pihak terkait hasil penelitian dan menggunakan bahasa yang operasional. Implikasi dan saran harus sesuai dengan hasil penelitian yang telah terangkum dalam simpulan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Apsley, D., 2013. *Computational Hydraulics*. Lecture Notes. Manchester: University of Manchester.
- Asyhar, A., 2012. *Pola Penyebaran Polutan di Daerah Aliran Sungai*. Tesis, Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Chaudry, M. H., 2008. *Open-Channel Flow*. New York: Springer, 2nd ed.
- Fardiaz, S., 1992. *Polusi Air dan Udara*. Yogyakarta: Kanisius, 11 ed.
- Ferziger, M., J. H. dan Perić, 2002. *Computational Methods for Fluid Dynamics*. Berlin: Springer, 3rd rev. ed.
- Holzbecher, E., 2012. *Environmental Modelling Using MATLAB*. Berlin: Springer, 2nd ed.
- Izziati, I. A., Lestari, D., & Devila, S., 2019. Indonesian mortality table with markov aging process. vol. 2168. American Institute of Physics Inc.
- Karnaningroem, e. a., N., 2006. Hydrodynamics of pollutant dispersion in river. In *Majalah IPTEK*, vol. 17, (pp. 136–146). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Munson, e. a., B. R., 2009. *Fundamentals of Fluid Mechanics*. USA: Wiley, 6th ed.
- Norris, S. E., 2006. *A Parallel Navier Stokes Solver for Natural Convection and Free Surface Flow*, chap. 2, (pp. 7–51). University of Sydney. Engineering.

- Siing, B., M. dan Widodo, 2011. Penyelesaian model matematika penelusuran banjir gelombang difusi. In *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*, (pp. M-77 – M-84). Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Soehardjo, 1997. *Refreshing Matematika*. Surabaya: Jurusan Matematika FMIPA ITS.
- Subiono, 2013. *Sistem Linear dan Kontrol Optimal*. Surabaya: Jurusan Matematika FMIPA ITS, 2.1.1 ed.
- Veersteg, W., H. K. dan Malalasekera, 2007. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Methods*. Glasgow: Pearson Education Limited, 2nd ed.
- Widodo, e. a., B., 2012. *Pengaruh Hidrodinamika pada Dispersi Polutan di Sungai*. Penelitian, Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.



## **LAMPIRAN A**

### **Surat Keterangan Uji Ahli**

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Dr. Rahmawati Erma Standsyah, M.Si.

NIP : 198912112024062002

Jabatan : Dosen Program Studi Sarjana Matematika

menerangkan bahwa mahasiswa yang bernama:

Nama : Rafi Rachmad Ramadhan

NIM : 20030214023

Program Studi : Sarjana Matematika

telah melakukan uji pakar instrumen penelitian yang berupa ku-  
esisioner pada tanggal 12 Mei 2025. Demikianlah surat keterangan  
ini untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 12 Mei 2025

Dosen/pakar

Dr. Rahmawati Erma Standsyah, M.Si.

NIP. 198912112024062002



## LAMPIRAN B

### *Source code*

```

import numpy as np
2 from scipy.integrate import odeint
import matplotlib.pyplot as plt
4
#SIS Model
6 t = np.linspace(0,50)
i0 = 0.4
8 beta = 0.5

10 def model(i,t,beta,gamma):
    didt = (beta-gamma-beta*i)*i
12     return didt

14 gamma = 0.05
y1 = odeint(model,i0,t,args=(beta,gamma))
16 gamma = 0.6
y2 = odeint(model,i0,t,args=(beta,gamma))
18

fig=plt.figure()
20 plt.plot(t,y1,'r',label='$beta > gamma$')
plt.plot(t,y2,'g',label='$beta < gamma$')
22 plt.xlim([0,50])
plt.xlabel('Time')
24 plt.ylabel('Infected people')
plt.grid(b=True, which='both',c='k',lw=1,ls=':')
26 legend = plt.legend()
legend.get_frame().set_alpha(0.5)

```



## **LAMPIRAN C**

### **Biodata Penulis**



Ryan took part in the BBC series *Strictly Come Dancing*. He was partnered with professional dancer Nadiya Bychkova and was the second contestant to be eliminated on 7 October 2018. In 2019, Ryan starred in *Celebs Go Dating* on E4 and released his first single after nine years called "Ghost". Ryan subsequently released two further solo singles in 2020, "Mockingbirds" and "Swayed".

Ryan reunited with Blue in 2011 and in 2022 they released singles "Haven't Found You Yet" and "Dance with Me" from their sixth studio album *Heart & Soul*.