

**ANALISIS MODEL *LOTKA-VOLTERRA* DAN ESTIMASI
PARAMETER PADA SISTEM PEMBAYARAN UANG
ELEKTRONIK DAN TRANSFER BANK DI INDONESIA**

SKRIPSI



NUR IFTITAHUS SA'ADAH SYDANA

PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA

DEPARTEMEN MATEMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

2022

**ANALISIS MODEL *LOTKA-VOLTERRA* DAN ESTIMASI
PARAMETER PADA SISTEM PEMBAYARAN UANG
ELEKTRONIK DAN TRANSFER BANK DI INDONESIA**

SKRIPSI



NUR IFTITAHUS SA'ADAH SYDANA

**PROGRAM STUDI S-1 MATEMATIKA
DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA**

2022

**ANALISIS MODEL *LOTKA-VOLTERRA* DAN ESTIMASI
PARAMETER PADA SISTEM PEMBAYARAN UANG
ELEKTRONIK DAN TRANSFER BANK DI INDONESIA**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Matematika
pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Nur Ifitahus Sa'adah Sydana
NIM. 081811233004

Disetujui Oleh

Pembimbing I,


Cicik Alfiniyah, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 198604122008122003

Pembimbing II,


Prof. Dr. Fatmawati, M.Si

NIP. 197307041998022001

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Analisis Model *Lotka-Volterra* dan Estimasi
Parameter pada Sistem Pembayaran Uang Elektronik
dan Transfer Bank di Indonesia
Penulis : Nur Ifitahus Sa'adah Sydana
NIM : 081811233004
Pembimbing I : Cicik Alfiniyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
Pembimbing II : Prof. Dr. Fatmawati, M.Si
Tanggal Seminar : 31 Oktober 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I,


Cicik Alfiniyah, S.Si., M.Si., Ph.D.

NIP. 198604122008122003

Pembimbing II,


Prof. Dr. Fatmawati, M.Si

NIP. 197307041998022001

Mengetahui,

Ketua Departemen Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga


Dr. Herry Suprajitno, S.Si, M.Si.

NIP. 196804041994031020

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, tetapi tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai dengan kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Nur Iftitahus Sa'adah Sydana

NIM : 081811233004

Program Studi : S-1 Matematika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

**“Analisis Model *Lotka-Volterra* dan Estimasi Parameter pada Sistem
Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia”**

Apabila suatu saat nanti terbukti melakukan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 31 Oktober 2022



Nur Iftitahus Sa'adah Sydana
NIM. 081811233004

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Model *Lotka-Volterra* dan Estimasi Parameter pada Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia”. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Mohammad Nasih, S.E., M.T., Ak. Selaku Rektor Universitas Airlangga.
2. Dr. Herry Suprajitno, S.Si. M.Si. selaku Ketua Departemen Matematika dan Koordinator Program Studi S-1 Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
3. Prof. Dr. Fatmawati, M.Si selaku dosen wali dan dosen pembimbing II yang memberi bimbingan kepada penulis selama perkuliahan.
4. Ibu Cicik Alfiniyah, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan tenaga serta memberikan bimbingan, saran, nasehat, dan motivasi kepada penulis.
5. Seluruh dosen dan staf Universitas Airlangga khususnya Departemen Matematika yang telah membantu selama proses perkuliahan.
6. Kedua orang tua penulis, bapak Sutrisno dan ibu Fahtiya Rosyida yang selalu memberikan do’a, dukungan, dan motivasi kepada penulis.
7. HIMATIKA UNAIR yang telah memberi kesempatan bagi penulis untuk berproses dan mendapat pengalaman dalam organisasi.
8. Sahabat penulis (Puspita, Mar’ah, Bagas, Fetra, Fadil, Umar) yang selalu memberi semangat, dukungan, canda tawa, dan kenangan yang berkesan selama di perkuliahan.
9. Teman baik penulis Fahrur Rozi yang selalu memberikan semangat, motivasi, do’a, dukungan, dan kegembiraan kepada penulis.

10. Teman-teman mahasiswa Matematika Universitas Airlangga angkatan 2018 yang telah memberikan semangat, dukungan, dan kenangan kepada penulis selama di perkuliahan.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan penulisan selanjutnya. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak.

Surabaya, 31 Oktober 2022

Penulis,

Nur Iftitahus Sa'adah Sydana

Nur Iftitahus Sa'adah Sydana, 2022, **Analisis Model Lotka-Volterra dan Estimasi Parameter pada Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia**, Skripsi ini dibawah bimbingan Cicik Alfiniyah, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Prof. Dr. Fatmawati, M.Si., Prodi S-1 Matematika, Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

E-commerce di Indonesia berkembang sangat pesat. Dua sektor pasar pembayaran utama yakni perusahaan pembayaran dengan uang elektronik dan transfer bank saling berinteraksi di pasar pembayaran *e-commerce*. Dengan demikian, diperlukan pendekatan model matematis untuk mengetahui kondisi interaksi dua sistem pembayaran di Indonesia di masa yang akan datang. Tujuan dari skripsi ini adalah untuk mengestimasi parameter, menganalisis model, dan menginterpretasikan hasil simulasi numerik model matematika interaksi sistem pembayaran uang elektronik dan transfer bank di Indonesia. Pada skripsi ini, model matematika yang digunakan untuk menggambarkan dinamika interaksi antar sistem pembayaran adalah model *Lotka-Volterra*. Nilai parameter pada model diestimasi berdasarkan data transaksi tahunan sistem pembayaran uang elektronik dan transfer bank menggunakan algoritma genetika. Nilai error hasil estimasi parameter menunjukkan bahwa model matematika yang digunakan memiliki akurasi yang tinggi untuk menggambarkan interaksi antara kedua sistem pembayaran tersebut. Selanjutnya dilakukan analisis kestabilan dari setiap titik setimbang model dengan mensubstitusikan nilai parameter yang diperoleh dari estimasi parameter. Dari analisis model diperoleh empat titik setimbang, dimana satu titik setimbang bersifat stabil asimtotis sedangkan tiga titik setimbang lainnya bersifat tidak stabil. Titik setimbang yang stabil asimtotis tersebut menunjukkan kondisi bahwa interaksi antar kedua sistem pembayaran di Indonesia akan selalu terjadi. Berdasarkan hasil simulasi numerik nampak bahwa transaksi dari kedua sistem pembayaran akan mengalami kenaikan menuju nilai kesetimbangan sehingga kedua sistem pembayaran akan selalu eksis dan interaksi akan selalu terjadi.

Kata Kunci: *Estimasi Parameter, Lotka-Volterra, Model Matematika, Sistem Pembayaran, Kestabilan.*

Nur Iftitahus Sa'adah Sydana, 2022, **Analysis of the Lotka-Volterra Model and Parameter Estimation on Electronic Money Payment Systems and Bank Transfers in Indonesia**, This thesis is under the guidance of Cicik Alfiniyah, S.Si., M.Si., Ph.D. and Prof. Dr. Fatmawati, M.Si., S-1 Mathematics, Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

E-commerce in Indonesia is growing very rapidly. The two main payment market sectors namely electronic money payment companies and bank transfers interact with each other in the e-commerce payment market. Therefore, a mathematical model approach is needed to determine the interaction conditions of the two payment systems in Indonesia in the future. The purpose of this thesis is to estimate the parameters, analyze the model, and interpret the simulation results of the mathematical model of the interaction of electronic money payment systems and bank transfers in Indonesia. In this thesis, the mathematical model used to describe the dynamics of interaction between payment systems is the Lotka-Volterra model. Parameter values in the model are estimated based on annual transaction data of electronic money payment systems and bank transfers using genetic algorithms. The error value of the parameter estimation results shows that the mathematical model used has a high accuracy for the interaction between the two payment systems. Furthermore, the stability analysis of each equilibrium point of the model is carried out by constructing the parameter values obtained from the parameter estimates. From the analysis of the model obtained four equilibrium points, where one equilibrium point is asymptotically stable while the other three equilibrium points are unstable. The asymptotically stable equilibrium point indicates the condition that the interaction between the two payment systems in Indonesia will always occur. Based on the results of numerical simulations, it appears that transactions from the second payment system will increase towards value so that both payment systems will always exist and interactions will always occur.

Keywords: *Parameter Estimation, Lotka-Volterra, Mathematical Model, Payment System, Stability.*

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Uang Elektronik	5
2.2. Transfer Bank	6
2.3. Sistem Persamaan Diferensial	6
2.4. Kestabilan Sistem Linier	8
2.5. Model Persaingan Lotka Volterra	9
2.6. Optimasi	10
2.7. Algoritma Genetika	11
2.8. Metode <i>Runge - Kutta</i>	13
BAB III METODE PENELITIAN.....	15

BAB IV PEMBAHASAN.....	19
4.1 Estimasi Nilai Parameter Model <i>Lotka-Volterra</i> Interaksi Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia	19
4.2 Analisis Model Lotka-Volterra Interaksi Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia.....	28
4.2.1 Titik Setimbang Model	28
4.2.2 Analisis Kestabilan titik Setimbang Model	30
4.3 Simulasi Numerik Model Lotka-Volterra Interaksi Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia	34
4.4 Simulasi Numerik Hubungan yang Mungkin Antara Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Sistem Pembayaran Transfer Bank	35
4.4.1 Hubungan Netral antara Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Sistem Pembayaran Transfer Bank.....	36
4.4.2 Hubungan Kerjasama antara Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Sistem Pembayaran Transfer Bank	37
4.4.3 Hubungan Persaingan antara Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Sistem Pembayaran Transfer Bank	38
4.4.4 Hubungan Amensalisme antara Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Sistem Pembayaran Transfer Bank	40
4.4.5 Hubungan Parasitisme antara Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Sistem Pembayaran Transfer Bank	41
4.4.6 Hubungan Komensalisme antara Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Sistem Pembayaran Transfer Bank	43
BAB V PENUTUP.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49

DAFTAR TABEL

No.	Judul Tabel	Halaman
4.1	Pendefinisian Variabel pada Model <i>Lotka-Volterra</i> Interaksi Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia.	20
4.2	Pendefinisian Parameter pada Model <i>Lotka-Volterra</i> Interaksi Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia.	20
4.3	Data Volume Transaksi Tahunan Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia pada Tahun 2009 sampai dengan 2020.	22
4.4	Hasil Estimasi Parameter Model Lotka-Volterra Interaksi Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia dengan Tujuh Kali Percobaan untuk Error Minimal.	25
4.5	Nilai Parameter Hasil Estimasi Model Lotka-Volterra Interaksi Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia.	25
4.6	Daftar Nilai Parameter $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1$, dan β_2 yang Digunakan pada Simulasi Numerik dari Model Hubungan Komensalisme antara Sistem Pembayaran Uang Elektronik dan Transfer Bank di Indonesia.	44

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul Gambar	Halaman
4.1	Perbandingan Data Riil Volume Transaksi Sistem Pembayaran Uang Elektronik dengan Hasil Perhitungan.	26
4.2	Perbandingan Data Riil Volume Transaksi Sistem Pembayaran Transfer Bank dengan Hasil Perhitungan.	27
4.3	Simulasi Numerik Dinamika dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	34
4.4	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Netral (nilai $\alpha_1 = \alpha_2 = \beta_1 = \beta_2 = 0$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	36
4.5	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Kerjasama (nilai $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$, $\beta_1 = 5.8232 \times 10^{-11}$, dan $\beta_2 = 3.1521 \times 10^{-11}$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	38
4.6	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Persaingan (nilai $\alpha_1 = 3.798 \times 10^{-12}$, $\alpha_2 = 6.7157 \times 10^{-12}$, dan $\beta_1 = \beta_2 = 0$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	39
4.7	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Amensalisme (nilai $\alpha_1 = 3.798 \times 10^{-12}$, dan $\alpha_2 = \beta_1 = \beta_2 = 0$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	40
4.8	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Amensalisme (nilai $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 6.7157 \times 10^{-12}$, dan $\beta_1 = \beta_2 = 0$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	41

4.9	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Parasitisme (nilai $\alpha_1 = 3.798 \times 10^{-12}$, $\alpha_2 = 0$, $\beta_1 = 0$, dan $\beta_2 = 3.1521 \times 10^{-11}$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	42
4.10	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Parasitisme (nilai $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 6.7157 \times 10^{-12}$, $\beta_1 = 5.8232 \times 10^{-11}$ dan $\beta_2 = 0$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	43
4.11	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Komensalisme (nilai $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 0$, $\beta_1 = 5.8232 \times 10^{-11}$, dan $\beta_2 = 0$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	45
4.12	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Komensalisme (nilai $\alpha_1 = 3.798 \times 10^{-12}$, $\alpha_2 = 0$, $\beta_1 = 5.8232 \times 10^{-11}$ dan $\beta_2 = 0$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	45
4.13	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Komensalisme (nilai $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 6.7157 \times 10^{-12}$, $\beta_1 = 0$ dan $\beta_2 = 3.1521 \times 10^{-11}$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	46
4.14	Simulasi Numerik Dinamika Hubungan Komensalisme (nilai $\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 0$, $\beta_1 = 0$ dan $\beta_2 = 3.1521 \times 10^{-11}$) dari Volume Transaksi Dua Sistem Pembayaran di Indonesia dengan Model <i>Lotka-Volterra</i> .	46