



**PEMODELAN MATEMATIKA EMISI KARBON DARI KEGIATAN
PERLUASAN INFRASTRUKTUR**

SKRIPSI

**untuk memenuhi persyaratan
dalam menyelesaikan program sarjana Strata-1 Matematika**

Oleh:

**M. SAKHTIADINATA ASQOLANI
NIM. 2111011110003**

**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
BANJARBARU
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

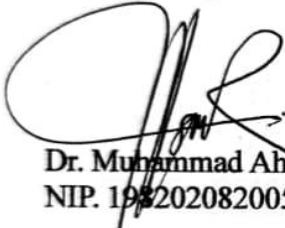
SKRIPSI

**PEMODELAN MATEMATIKA EMISI KARBON DARI KEGIATAN
PERLUASAN INFRASTRUKTUR**

Oleh:



**M. Sakhtiadinata Asqolani
2111011110003**

Pembimbing I



**Dr. Muhammad Ahsar Karim, S.Si., M.Sc.
NIP. 1982020820050011003**

Dosen Penguji:

1. Drs. Faisal, M.Si. 
2. Hermei Lissa, S.Pd., M.Si. 

Pembimbing II



**Dr. Yuni Yulida, S.Si., M.Sc.
NIP. 198110102005012004**

Banjarbaru,
Jurusan Matematika FMIPA ULM
Ketua,

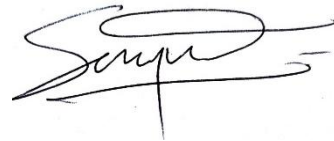


**Dr. Na'imah Hijriati, S.Si., M.Si.
NIP. 197911222008012013**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Banjarbaru



M. Sakhtiadinata Asqolani
NIM. 2111011110003

ABSTRAK

PEMODELAN MATEMATIKA EMISI KARBON DARI KEGIATAN PERLUASAN INFRASTRUKTUR

(oleh: M. Sakhtiadinata Asqolani; Pembimbing Muhammad Ahsar Karim, Yuni Yulida; 2026; 85 halaman)

Penelitian ini mengkaji dinamika emisi karbon dioksida (CO_2) yang dipengaruhi oleh kegiatan perluasan infrastruktur, penurunan biomassa hutan, dan pertumbuhan populasi manusia melalui pemodelan matematika berbasis sistem persamaan diferensial nonlinier. Model terdiri dari empat variabel utama, yaitu konsentrasi CO_2 di atmosfer, populasi manusia, biomassa hutan, dan kegiatan perluasan infrastruktur. Tujuan penelitian ini adalah menjelaskan terbentuknya model matematika emisi karbon dari kegiatan perluasan infrastruktur, menentukan titik kesetimbangan, menganalisis kestabilan lokal di titik kesetimbangan pada model matematika emisi karbon dari kegiatan perluasan infrastruktur, serta melakukan simulasi numerik pada model matematika emisi karbon dari kegiatan perluasan infrastruktur. Metode penelitian yang digunakan *linearisasi*, Kriteria Routh-Hurwitz dan Runge-Kutta orde empat. Hasil penelitian adalah terbentuknya model matematika emisi karbon dari kegiatan perluasan infrastruktur berupa model *CNBA*. Berdasarkan model tersebut diperoleh enam titik kesetimbangan yang terdiri atas lima titik kesetimbangan *boundary* dan satu titik kesetimbangan *interior*. Hasil analisis kestabilan lokal menunjukkan bahwa titik kesetimbangan *boundary* bersifat tidak stabil, sedangkan titik kesetimbangan *interior* bersifat stabil asimtotik dengan syarat tertentu. Hasil simulasi numerik menggunakan metode Runge-Kutta orde empat menunjukkan bahwa seluruh variabel sistem yaitu C , N , B , dan A konvergen menuju titik kesetimbangan *interior* pada iterasi ke-4600 atau pada saat $t = 460$ dengan nilai berturut-turut sebesar $C = 430,77$, $N = 650,08$, $B = 560,93$, dan $A = 247,63$. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem stabil asimtotik di titik kesetimbangan *interior*. Dengan demikian, hasil simulasi numerik konsisten dengan hasil analisis kestabilan lokal yang telah dilakukan sebelumnya.

Kata Kunci: emisi karbon, infrastruktur, biomassa hutan, model matematika

ABSTRACT

MATHEMATICAL MODELING OF CARBON EMISSIONS FROM INFRASTRUCTURE EXPANSION ACTIVITIES

(by: M. Sakhtiadinata Asqolani; Pembimbing Muhammad Ahsar Karim, Yuni Yulida; 2026; 85 pages)

This study examines the dynamics of carbon dioxide (CO₂) emissions influenced by infrastructure expansion, forest biomass decline, and human population growth using a mathematical modeling approach based on a system of nonlinear differential equations. The model consists of four main variables: atmospheric CO₂ concentration, human population, forest biomass, and infrastructure expansion activities. The objectives of this study are to formulate the mathematical model of carbon emissions resulting from infrastructure expansion, determine the equilibrium points, analyze the local stability of the equilibrium points, and perform numerical simulations. The methods employed include linearization, the Routh–Hurwitz stability criterion, and the fourth-order Runge–Kutta method. The results show that the carbon emission model is formulated as the CNBA model. Based on this model, six equilibrium points are obtained, consisting of five boundary equilibrium points and one interior equilibrium point. The local stability analysis indicates that all boundary equilibrium points are unstable, while the interior equilibrium point is asymptotically stable under certain conditions. Furthermore, numerical simulations using the fourth-order Runge–Kutta method show that all system variables, namely C, N, B, and A, converge to the interior equilibrium point at the 4600th iteration or when $t = 460$, with values $C = 430.77$, $N = 650.08$, $B = 560.93$, and $A = 247.63$, respectively. These results indicate that the system is asymptotically stable at the interior equilibrium point. Therefore, the numerical simulation results are consistent with the previously obtained local stability analysis.

Keywords: carbon emissions, infrastructure, forest biomass, mathematical model

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pemodelan Matematika Emisi Karbon Dari Kegiatan Perluasan Infrastruktur”. Tidak lupa pula shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada junjungan besar Nabi Muhammad *sallallahu alaihi wasallam* beserta keluarga, sahabat, serta pengikut beliau hingga akhir zaman.

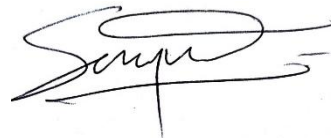
Penyusunan skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan program sarjana Strata-1 Matematika di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun dalam pembahasan materi. Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan maupun bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, yang selalu memberikan dukungan, doa, nasehat, motivasi, kasih sayang dan pengertian serta kesabaran yang sangat luar biasa dalam menemani penulis di setiap langkah hidupnya.
2. Bapak Prof. Drs. Abdul Gafur, M.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.
3. Ibu Dr. Naimah Hijriati, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.
4. Bapak Dr. Muhammad Ahsar Karim, S.Si., M.Sc. dan Ibu Yuni Yulida. S.Si., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah sabar membimbing serta memberikan masukan dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini dari awal sampai akhir.

5. Bapak Drs. Faisal, M.Si., selaku dosen penasihat akademik yang telah memberikan bimbingan, dukungan dan banyak motivasi selama masa perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Program Studi Matematika yang sudah memberikan ilmunya, serta memberikan arahan dan bantuan dalam kelengkapan administrasi dalam rangka mendukung penulisan dan penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh keluarga, sahabat, teman, kakak asuh, dan rekan mahasiswa terutama “Mathraveler’s” Angkatan 2021, serta seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, baik berupa motivasi, masukan, saran, maupun nasihat kepada penulis selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini terselesaikan

Penulis menerima kritik dan saran untuk dijadikan masukan dan pembelajaran demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak terutama mahasiswa Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

Banjarbaru,



M. Sakhtadinata Asqolani
NIM. 2111011110003

ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Simbol	Arti
$C(t)$: Jumlah konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer pada saat t
$N(t)$: Jumlah populasi manusia pada saat t
$B(t)$: Jumlah populasi biomassa hutan pada saat t
$A(t)$: Jumlah kegiatan perluasan infrastruktur pada saat t
$\frac{dC}{dt}$: Perubahan jumlah konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer terhadap waktu
$\frac{dN}{dt}$: Perubahan jumlah populasi manusia terhadap waktu
$\frac{dB}{dt}$: Perubahan jumlah populasi biomassa hutan terhadap waktu
$\frac{dA}{dt}$: Perubahan jumlah kegiatan perluasan infrastruktur terhadap waktu
Q	: Laju emisi CO_2 dari sumber-sumber alami
ω	: Koefisien laju emisi CO_2 dari kegiatan manusia selain dari kegiatan perluasan infrasturktur
ω_0	: Koefisien laju emisi CO_2 karena kegiatan perluasan infrastruktur
ω_1	: Koefisien laju penyerapan CO_2 oleh biomassa hutan
α	: Koefisien laju penyerapan CO_2 oleh penyerapan alami selain dari biomassa hutan
ξ	: Koefisien laju pertumbuhan populasi manusia karena biomassa hutan
ξ_2	: Koefisien laju pertumbuhan populasi manusia karena perluasan infrastruktur
s	: Laju pertumbuhan intrinsik populasi manusia

- L : Daya dukung populasi manusia
- θ : Koefisien laju penurunan populasi manusia akibat peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer
- ϕ : Koefisien laju deforestasi
- ϕ_2 : Koefisien laju penurunan daya dukung biomassa hutan akibat kegiatan perluasan infrastruktur
- u : Laju pertumbuhan intrinsik biomassa hutan
- M : Daya dukung biomassa hutan
- μ : Laju pertumbuhan maksimum kegiatan perluasan infrastruktur
- μ_0 : Koefisien laju penurunan kegiatan perluasan infrastruktur
- l_0 : Konstanta jenuh, dimana laju pertumbuhan kegiatan perluasan infrastruktur mencapai setengah dari tingkat maksimumnya.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
PRAKATA.....	vi
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Persamaan Diferensial	5
2.2 Sistem Persamaan Diferensial	6
2.2.1 Sistem Persamaan Diferensial Linear	6
2.2.2 Sistem Persamaan Diferensial <i>Nonlinear</i>	7
2.3 Model Pertumbuhan Logistik	8
2.4 Titik Keseimbangan.....	9
2.5 Analisis Kestabilan	9
2.5.1 Linearisasi.....	9
2.5.2 Determinan dan Ekspansi Kofaktor.....	11
2.5.3 Nilai Eigen & Vektor Eigen	13
2.5.4 Kriteria Routh-Hurwitz.....	14
2.5.5 Teorema Kestabilan	15
2.6 Metode <i>Runge-Kutta</i> Orde Empat	16
2.7 Teorema Nilai Tengah.....	17
2.8 Teorema Kemonotonan.....	17
2.9 Emisi Karbon dari Kegiatan Perluasan Infrastruktur	17
BAB III PROSEDUR PENELITIAN.....	19

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Pembentukan Model.....	21
4.2 Titik Keseimbangan.....	27
4.2.1 Titik Keseimbangan <i>Boundary</i>	28
4.2.2 Titik Keseimbangan <i>Interior</i>	39
4.3 Analisis Kestabilan Lokal di Titik Keseimbangan	45
4.3.1 Kestabilan Titik Keseimbangan S_1	46
4.3.2 Kestabilan Titik Keseimbangan S_2	48
4.3.3 Kestabilan Titik Keseimbangan S_3	49
4.3.4 Kestabilan Titik Keseimbangan S_4	51
4.3.5 Kestabilan Titik Keseimbangan S_5	52
4.3.6 Kestabilan Titik Keseimbangan S^*	53
4.4 Simulasi Numerik.....	58
BAB V PENUTUP.....	82
5.1 Kesimpulan.....	82
5.2 Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA.....	84
RIWAYAT HIDUP.....	86