

SKRIPSI

**PEMODELAN POLA PENYEBARAN PROTEIN TAU PADA PENYAKIT
NEURODEGENERATIF ALZHEIMER DENGAN PERSAMAAN
REAKSI-DIFUSI**

***MODELING THE PROPAGATION PATTERN OF TAU PROTEIN IN
ALZHEIMER'S NEURODEGENERATIVE DISEASE USING
REACTION-DIFFUSION EQUATIONS***



MOHAMMAD ALIM HASAN

24010122140094

**DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2026

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI
PEMODELAN POLA PENYEBARAN PROTEIN TAU PADA PENYAKIT
NEURODEGENERATIF ALZHEIMER DENGAN PERSAMAAN
REAKSI-DIFUSI

Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

MOHAMMAD ALIM HASAN
24010122140094

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 20 Juli 2026

Susunan Tim Penguji

Pembimbing II/Penguji



Handika Lintang Saputra, S.Mat., M.Mat.
NIP. 199508022024061001

Penguji



Jovian Dian Pratama, S.Mat., M.Mat.
NIP. 199708282024061002

Mengetahui,

a.n. Ketua Departemen Matematika,
Sekretaris Program Studi S1 Matematika,



R. Heri Soelistyo Utomo, S.Si., M.Si.
NIP. 197202031998021001

Pembimbing I/Penguji



Prof. Dr. Widowati, S.Si., M.Si.
NIP. 196902141994032002

ABSTRAK

PEMODELAN POLA PENYEBARAN PROTEIN TAU PADA PENYAKIT NEURODEGENERATIF ALZHEIMER DENGAN PERSAMAAN REAKSI-DIFUSI

Oleh

Mohammad Alim Hasan

24010122140094

Penyakit Alzheimer merupakan penyakit neurodegeneratif yang paling umum terjadi, ditandai dengan akumulasi patologis protein *Amyloid-Beta* ($A\beta$) dan *Tau Protein* (τP). Penelitian ini bertujuan untuk mengadaptasi model matematika yang dapat menjelaskan dan memprediksi pola penyebaran protein patologis di otak. Metodologi penelitian ini dimulai dengan perumusan model Heterodimer yang diadopsi dari literatur menjadi kerangka model reaksi-difusi FKPP yang diintegrasikan dengan struktur konektivitas jaringan otak. Metode *Ordinary Least Squares* (OLS) digunakan untuk mengestimasi parameter-parameter yang terdapat dalam model yang digunakan. Data longitudinal *Standard Uptake Value Ratios* (SUVR) digunakan untuk mengkalibrasi dan memvalidasi model pada 30 pasien dari *Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative* (ADNI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Fisher-Kolmogorov-Petrovsky-Piskunov* (FKPP) mampu menggambarkan penyebaran patologi τP dengan akurasi tinggi yang divalidasi dengan korelasi yang kuat antara hasil prediksi model dan data observasi pasien (korelasi > 0.9). Model yang telah terkalibrasi digunakan untuk menyimulasikan perkembangan patologi τP pada tahap lanjut dan memberikan gambaran mengenai lintasan perkembangan penyakit Alzheimer berdasarkan nilai parameternya dari hasil estimasi.

Kata Kunci: Penyakit Alzheimer, Reaksi-Difusi, *Amyloid-Beta*, *Tau Protein*, Model Graf Otak, *Ordinary Least Squares* (OLS).

ABSTRACT

MODELING THE PROPAGATION PATTERN OF TAU PROTEIN IN ALZHEIMER'S NEURODEGENERATIVE DISEASE USING REACTION-DIFFUSION EQUATIONS

by

Mohammad Alim Hasan

24010122140094

Alzheimer's disease is the most common neurodegenerative disorder, characterized by the pathological accumulation of amyloid-beta ($A\beta$) and tau protein (τP). This study aims to adapt a mathematical model capable of describing and predicting the propagation pattern of pathological proteins in the brain. The research methodology began with the formulation of a Heterodimer model adopted from the literature and extended into a FKPP reaction–diffusion framework integrated with the brain's structural connectivity network. The Ordinary Least Squares (OLS) method was employed to estimate the model parameters. Longitudinal Standard Uptake Value Ratio (SUVR) data from 30 patients obtained from the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) were used to calibrate and validate the model. The results demonstrate that the Fisher–Kolmogorov–Petrovsky–Piskunov (FKPP) model accurately captures the propagation of τP pathology, as evidenced by the strong correlation between the model predictions and the patient observational data (correlation coefficient > 0.9). The calibrated model was subsequently used to simulate the progression of τP pathology at advanced disease stages, providing insights into the trajectory of Alzheimer's disease progression based on the estimated model parameters.

Keywords: Alzheimer's Disease, Reaction-Diffusion, Amyloid-Beta, Tau Protein, Brain Graph Model, *Ordinary Least Squares* (OLS).

