

ABSTRAK

Nama : Ridha Hasna Anjani A.S.
NIM : 1227010061
Judul : Analisis Perambatan Gelombang pada Sistem Reaksi-Difusi Terhubung Keratinosit-EGF untuk Pemodelan Penyembuhan Luka

Ulkus kaki diabetik merupakan komplikasi luka kronis yang sering gagal sembuh akibat terhambatnya proses re-epitelialisasi, yakni migrasi dan proliferasi sel keratinosit untuk menutup jaringan rusak. Penelitian ini bertujuan memahami dinamika penyembuhan luka yang lebih realistis melalui penerapan mekanisme difusi degeneratif non-linear untuk menggantikan asumsi difusi linear klasik. Pendekatan ini mampu merepresentasikan pergerakan kolektif sel kulit secara biologis serta mempertimbangkan interaksi kompleks antara migrasi keratinosit dan sinyal biokimia *Epidermal Growth Factor* (EGF). Sistem reaksi-difusi terhubung dua variabel yang dibangun dianalisis menggunakan Persamaan Diferensial Parsial (PDP) dengan mengintegrasikan model Porous-Fisher untuk kepadatan sel dan kinetika saturasi Michaelis-Menten pada kedua variabel, yakni untuk laju proliferasi sel yang dipengaruhi EGF maupun produksi EGF yang bergantung pada kepadatan sel. Analisis matematis mencakup transformasi perambatan gelombang, penentuan titik tetap dan analisis kestabilannya, penentuan kecepatan gelombang minimum (c_{\min}) guna menjamin eksistensi solusi batas tajam, serta konstruksi solusi hampiran menggunakan pendekatan perturbasi pada asimtotik $c \gg 1$ yang melibatkan fungsi hipergeometrik Gauss dan Transenden Lerch. Pemodelan analitik dikonfirmasi melalui simulasi numerik yang meliputi evolusi profil gelombang PDP, simulasi Persamaan Diferensial Biasa (PDB) untuk mengonfirmasi orbit heteroklinik pada ruang fasa (*phase plane*), analisis sensitivitas parameter, serta validasi solusi perturbasi terhadap solusi PDP numerik penuh. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi difusi degeneratif dan interaksi EGF menghasilkan profil kepadatan sel berbatas tajam (*sharp front*) yang merambat dengan kecepatan terbatas. Lebih lanjut, solusi perturbasi terbukti akurat dalam memodelkan bentuk gelombang pada limit kecepatan tinggi.

Kata Kunci: Penyembuhan Luka, Sel Keratinosit, *Epidermal Growth Factor* (EGF), Model Reaksi-Difusi, Persamaan Porous-Fisher, Kinetika Michaelis-Menten, Perambatan Gelombang, Metode Perturbasi.

ABSTRACT

Name : Ridha Hasna Anjani A.S.
NIM : 1227010061
Title : Travelling Wave Analysis of a Coupled Keratinocyte-EGF
Reaction-Diffusion System for Wound Healing Modeling

Diabetic foot ulcers are chronic wounds frequently failing to heal due to impaired re-epithelialization, specifically keratinocyte migration and proliferation to close damaged tissue. This study explores realistic wound healing dynamics by implementing a non-linear degenerative diffusion mechanism to replace the classical linear assumption, biologically representing collective skin cell movement. It also incorporates the complex interaction between keratinocyte migration and Epidermal Growth Factor (EGF) signaling. The developed two-variable coupled reaction-diffusion system is analyzed using Partial Differential Equations (PDEs) integrating the Porous-Fisher model for cell density and Michaelis-Menten saturation kinetics for EGF-influenced cell proliferation and density-dependent EGF production. Mathematical analysis includes travelling wave transformation, fixed point stability analysis, minimum wave speed (c_{min}) determination to guarantee sharp front solutions, and constructing approximate solutions via an asymptotic perturbation approach at $c \gg 1$ involving Gauss hypergeometric functions and the Lerch transcendent. This analytical modeling is confirmed through numerical simulations encompassing PDE wave profile evolution, Ordinary Differential Equation (ODE) phase plane analysis confirming heteroclinic orbits, parameter sensitivity analysis, and perturbation solution validation against the full PDE numerical solution. Results demonstrate that combining degenerative diffusion and EGF interaction yields a sharp-fronted cell density profile moving at a finite speed. Furthermore, the perturbation solution proves highly accurate in modeling high-speed limit wave shapes.

Keywords: Wound Healing, Keratinocyte Cells, Epidermal Growth Factor (EGF), Reaction-Diffusion Model, Porous-Fisher Equation, Michaelis-Menten Kinetics, Travelling Wave, Perturbation Method.