



SIMULASI MODEL BIOSENSOR BERBASIS SATU ENZIM DENGAN PENGARUH BILANGAN DAMKÖHLER

M SYAHRUL AMIN



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI USULAN PENELITIAN DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**Simulasi Model Biosensor Berbasis Satu Enzim dengan Pengaruh Bilangan Damköhler**” adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada IPB University.

Bogor, Juli 2024

M Syahrul Amin
G7401201037

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

M SYAHRUL AMIN Simulasi Model Biosensor Berbasis Satu Enzim dengan Pengaruh Bilangan Damköhler. Dibimbing oleh AGUS KARTONO dan ERUS RUSTAMI

Model matematika biosensor berbasis satu enzim dengan faktor bilangan Damköhler menggambarkan rasio antara laju difusi dan reaksi biosensor. Model ini melibatkan dua persamaan difusi dan reaksi waktu dengan mekanisme laju reaksi Michaelis-Menten. Persamaan diferensial parsial diubah menjadi bentuk tak berdimensi dengan parameter baru, dan diselesaikan menggunakan metode numerik beda hingga secara eksplisit, diprogram dengan Octave/Matlab. Hasil perhitungan numerik menunjukkan kekekalan massa antara substrat dan produk, membuktikan validitas solusi numerik model ini. Solusi numerik menggambarkan konsentrasi substrat dan produk dalam lapisan enzimatik serta respons arus biosensor. Perubahan parameter dapat mempengaruhi laju difusi dan reaksi. Model ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk jenis enzim dan analit tertentu, serta nilai parameter divalidasi dengan data eksperimen untuk mengoptimalkan model biosensor.

Kata kunci: biosensor, bilangan Damköhler, enzim, metode beda hingga, persamaan diferensial parsial

ABSTRACT

M SYAHRUL AMIN Simulation of The Biosensor Model Based on One Enzyme with the Effect of Damköhler Number. Supervised by AGUS KARTONO and ERUS RUSTAMI

The mathematical model of a single-enzyme-based biosensor with the Damköhler number factor describes the ratio between diffusion rate and reaction rate in the biosensor. This model involves two time-dependent diffusion and reaction equations with the Michaelis-Menten reaction rate mechanism. The partial differential equations are transformed into a dimensionless form with new parameters and solved using the explicit finite difference numerical method, programmed in Octave/Matlab. The numerical results show mass conservation between substrate and product, validating the numerical solution of this model. The numerical solution depicts the concentration of substrate and product within the enzymatic layer and the current response generated by the biosensor. Changes in parameters can affect the diffusion and reaction rates. This model is expected to be further developed for specific types of enzymes and analytes, with parameter values validated against experimental data to optimize the biosensor model.

Keywords: biosensor, Damköhler number, enzyme, finite difference method, partial differential equation

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

SIMULASI MODEL BIOSENSOR BERBASIS SATU ENZIM DENGAN PENGARUH BILANGAN DAMKÖHLER

M SYAHRUL AMIN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Fisika

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji Pada Ujian Skripsi:

- 1. Nur Aisyah Nuzulia, S.Si., M.Si.**
- 2. Dr. Sitti Yani, S.Si., M.Si.**

Judul Usulan Penelitian : Simulasi Model Biosensor Berbasis Satu Enzim dengan Pengaruh Bilangan Damköhler
Nama : M Syahrul Amin
NIM : G7401201037

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Agus Kartono, S.Si., M.Si.
NIP. 19700421 199903 1 002

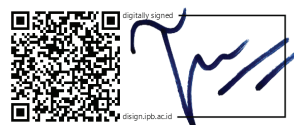


Pembimbing 2:
Dr. Erus Rustami S.Si., M.Si.
NIP. 198302262015041001



Diketahui oleh

Kepala Departemen Fisika
Prof. Dr. R. Tony Ibnu Sumaryada Wijaya Puspita,
M.Si.
NIP. 197205191997021001



Tanggal Ujian: 30 Juli 2024

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanaahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga skripsi dengan judul “**Simulasi Model Biosensor Berbasis Satu Enzim dengan Pengaruh Bilangan Damköhler**” sebagai salah satu syarat melaksanakan penelitian di Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing yaitu Bapak Dr. Agus Kartono, S.Si., M.Si sebagai pembimbing I dan Bapak Dr. Erus Rustami S.Si., M.Si. sebagai pembimbing II yang telah membimbing dan banyak memberikan saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada bapak, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberi dukungan, doa, dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan usulan penelitian ini. Selain itu, terima kasih kepada teman-teman Fisika IPB angkatan 57 yang penulis cintai serta seluruh civitas akademika Fisika IPB yang selalu memberikan perhatian, dorongan dan motivasi yang menjadi salah satu sumber semangat bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa usulan penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang membangun. Semoga penelitian ini dapat dilaksanakan sesuai dengan yang diharapkan dan memberikan hasil penelitian yang bermanfaat.

Bogor, Juli 2024

M Syahrul Amin



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kinetika Reaksi Biokatalis	3
2.2 Biosensor satu enzim	3
2.3 Bilangan Damköhler	4
2.4 Metode Beda Hingga (<i>finite difference method</i>)	4
III METODE PENELITIAN	6
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	6
3.2 Alat Penelitian	6
3.3 Prosedur Penelitian	6
3.3.1 Rumusan Model Matematika	6
3.3.2 Rumusan Model Tak Berdimensi	7
3.3.3. Bentuk Diskrit dari PDP Biosensor Berbasis Satu Enzim	8
3.3.4 Rancangan Program	9
3.3.5 Variasi Parameter	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Perbandingan Perhitungan Numerik dengan Perhitungan Eksak	11
4.2 Proses Kekekalan Massa pada Biosensor Berbasis Satu Enzim	13
4.3 Pengaruh Bilangan Damköhler Terhadap Laju Reaksi Substrat di dalam Persamaan Tak Berdimensi	14
4.4 Pengaruh Variasi Bilangan Damköhler Terhadap Laju Reaksi Produk di dalam Tak Berdimensi	15
4.5 Pengaruh Parameter Bilangan Damköhler Terhadap Nilai Fluks Arus pada Persamaan Tak Berdimensi	15
4.6 Pengaruh pH dan Suhu terhadap Ketebalan Enzim Biosensor	16
V SIMPULAN DAN SARAN	18
5.1 Simpulan	18



5.2 Saran	18
DAFTAR PUSTAKA	19
LAMPIRAN	19
RIWAYAT HIDUP	23

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

1 Skema reaksi biokatalis biosensor (Meena dan Ranjendran 2010).	3
2 Skema deteksi biosensor glukosa (Salazar et al. 2014)	4
3 Ilustrasi turunan numerik forward, backward dan center (Syafutra dan Kartono 2017)	5
4 Diagram alir algoritma pemrograman	9
5 Hasil perhitungan eksak dengan numerik untuk biosensor satu enzim dengan menggunakan bilangan Damköhler 0,4: (a) konsentrasi substrat; (b) konsentrasi produk	11
6 Hasil perhitungan eksak dengan numerik untuk substrat dari biosensor satu enzim dengan menggunakan bilangan Damköhler 0,4 untuk langkah iterasi (Δx): (a) 0,05; (b) 0,03	12
7 Hasil perhitungan eksak dengan numerik untuk produk dari biosensor satu enzim dengan menggunakan bilangan Damköhler 0,4 untuk langkah iterasi (Δx): (a) 0,05; (b) 0,03	12
8 Kurva hasil simulasi numerik tak berdimensi untuk konsentrasi substrat u , dan produk v terhadap jarak X	13
9 Hasil simulasi numerik konsentrasi substrat u terhadap jarak X tak berdimensi dengan variasi nilai bilangan Damköhler 0,1 sampai 0,5.	14
10 Hasil simulasi numerik konsentrasi substrat u terhadap jarak X tak berdimensi dengan variasi nilai bilangan Damköhler 0,6 sampai 1,0.	14
11 Hasil simulasi numerik konsentrasi produk v terhadap jarak X tak berdimensi dengan variasi nilai bilangan Damköhler: (a) 0,1 sampai 0,5. (b) 0,6 sampai 1,0.	15
12 Hasil simulasi numerik fluks arus terhadap waktu tak berdimensi dengan variasi bilangan Damköhler: (a) 0,4; (b) 0,7; (c) 0,9; (d) 1,0.	16

DAFTAR TABEL

1 Variasi nilai σ^2	10
2 Pengaruh bilangan Damköhler terhadap ketebalan enzim	17

DAFTAR LAMPIRAN

1 Diagram alir pelaksanaan penelitian	21
2 Rencana jadwal kegiatan penelitian	22

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.