

**HAMPIRAN SOLUSI ANALITIK MASALAH PERTUBASI SINGULAR
MODEL SUBSTRAT INHIBITOR ENZIM MICHAELIS-MENTEN
MENGUNAKAN METODE *MATCHED ASYMPTOTIC***

(Skripsi)

Oleh

RISNA FITRIYANI



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

HAMPIRAN SOLUSI ANALITIK MASALAH PERTUBASI SINGULAR MODEL SUBSTRAT INHIBITOR ENZIM MICHAELIS-MENTEN MENGUNAKAN METODE *MATCHED ASYMPTOTIC*

Oleh

RISNA FITRIYANI

Mekanisme paling sederhana dalam reaksi menggunakan katalis enzim adalah mekanisme reaksi enzim Michaelis dan Menten. Reaksi ini melibatkan substrat yang bereaksi dengan enzim untuk membentuk senyawa kompleks, yang akan diubah menjadi sebuah produk dan enzim. Pada artikel ini mempertimbangkan sebuah situasi dimana dua substrat bersaing untuk sebuah enzim tunggal, dimana salah satu substrat akan menghambat reaksi enzim atau berperan sebagai inhibitor.

Mekanisme ini dapat dimodelkan dalam bentuk sistem persamaan diferensial nonlinier. Selanjutnya dengan melakukan proses nondimensionalisasi dikonstruksi suatu masalah perturbasi singular dengan parameter kecil yang terkandung pada persamaan peubah kompleks enzim substrat. Dengan mempertimbangkan kondisi pseudo steady state, masalah tersebut diselesaikan dengan metode *matched asymptotic* untuk mendapatkan hampiran solusi analitiknya.

Berdasarkan plot solusi analitik dan numerik yang menunjukkan untuk nilai ε yang semakin kecil, hampiran nilai solusi analitik dan numerik untuk substrat dan inhibitor semakin sama, dan untuk nilai laju reaksi mempengaruhi konsentrasi kompleks enzimnya

Kata kunci: inhibitor, reaksi enzim Michaelis-Menten, kondisi pseudo steady state, proses nondimensionalisasi, perturbasi singular, metode *matched asymptotic*

ABSTRACT

ANALYTICAL SOLUTION APPROXIMATION OF SINGULAR PERTURBATION PROBLEM OF MICHAELIS-MENTEN ENZYMES INHIBITOR SUBTRAT MODEL WITH MATCHED ASYMPTOTIC METHOD

By

RISNA FITRIYANI

The simplest mechanism in the reaction using an enzyme catalyst is the mechanism of the Michaelis and Menten enzyme reaction. This reaction involves the substrate reacting with the enzyme to form a complex compound, which is converted into a product and an enzyme. This article considers a situation where two substrates compete for a single enzyme, where one substrate will either inhibit the enzyme reaction or act as an inhibitor.

This mechanism can be modeled in the form of a nonlinear system of differential equations. Furthermore, by carrying out the nondimensionalization process, a singular perturbation problem is constructed with small parameters contained in the complex variable equation for the substrate enzyme. By considering the pseudo steady state condition, the problem is solved by the matched asymptotic method to get an approximation of the analytical solution.

Based on the analytical and numerical solution plots which show that for smaller values, almost all analytical and numerical solution values for substrates and inhibitors are increasingly the same, and for reaction values affect the concentration of the enzyme complex.

Key words: inhibitor, Michaelis-Menten enzyme reaction, pseudo steady state condition, nondimensionalization process, singular perturbation, matched asymptotic method.

**HAMPIRAN SOLUSI ANALITIK MASALAH PERTUBASI SINGULAR
MODEL SUBSTRAT INHIBITOR ENZIM MICHAELIS-MENTEN
MENGUNAKAN METODE *MATCHED ASYMPTOTIC***

Oleh

RISNA FITRIYANI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar

SARJANA MATEMATIKA

Pada

Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

Judul Skripsi : **HAMPIRAN SOLUSI ANALITIK MASALAH
PERTUBASI SINGULAR MODEL SUBSTRAT
INHIBITOR ENZIM MICHAELIS-MENTEN
MENGGUNAKAN METODE *MATCHED*
*ASYMPTOTIC***

Nama Mahasiswa : **Risna Fitriyani**

No. Pokok Mahasiswa : 1517031013

Jurusan : Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP 19740316 200501 1 001

Dra. Dorrah Aziz, M.Si.
NIP 19610128 198811 2 001

2. Ketua Jurusan Matematika

Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.
NIP 19740316 200501 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si.**



Sekretaris : **Dra. Dorrah Aziz, M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. La Zakaria, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.
NIP. 19740705 200003 1 001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **27 Agustus 2021**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Risna Fitriyani**
Nomor Pokok Mahasiswa : **1517031013**
Judul Skripsi : **Hampiran Solusi Analitik Masalah Pertubasi Singular Model Substrat Inhibitor Enzim Michaelis-Menten Menggunakan Metode *Matched Asymptotic***
Jurusan : **Matematika**

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan karya orang lain. Apabila kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 Agustus 2021



Risna Fitriyani
NPM. 1517031013

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Risna Fitriyani, dilahirkan di kota Bandarlampung pada tanggal 07 Februari 1997. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, putri dari bapak Hasbullah Habib dan ibu Roila. Penulis memiliki adik bernama Riski Adi Nata.

Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2003 di SD Negeri 1 Surabaya, kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2009 di SMP Negeri 19 Bandarlampung, lalu Sekolah Menengah Atas pada tahun 2012 di SMA Negeri 05 Bandarlampung. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa S1 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Pada tahun 2018 penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di KP2KP (Kantor Pelayanan Penyuluhan dan Konsultasi Perpajakan) Pringsewu, Kabupaten Pringsewu. Pada tahun yang sama penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Tiyuh Gedung Ratu, kecamatan Tulang Bawang Udik, kabupaten Tulang Bawang Barat, provinsi Lampung.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Alhamdulillah,
segala puji hanya milik Allah Rabb semesta alam yang telah melimpahkan begitu
banyak nikmat sehingga dengan segala perjuangan dan pengorbanan karya kecil ini
dapat diselesaikan.
Shalawat dan salam selalu tercurah kepada Murrobi terbaik sepanjang masa Nabi Allah
Muhammad Shalallahu'Alaihi Wassallam.

Ku persembahkan karya ini untuk :

Ayah dan Ibu tercinta yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, dan telah
memotivasi penulis agar bisa menjadi seseorang yang bisa dibanggakan.

Adik tersayang yang selalu memberi semangat kepada penulis.

Dosen Pembimbing dan Penguji yang sangat berjasa dan selalu memberikan motivasi
dan semangat kepada penulis.

Sahabat-sahabat tersayang.

Terima kasih yang tak terhingga atas semua cinta, do'a, motivasi, pengorbanan,
dukungan baik berupa dukungan moril ataupun materil dan limpahan kasih sayang yang
selalu diberikan.

Almamater Universitas Lampung

Kata Inspirasi

“Maka nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan”
(Ar-Rahman 55:13)

“Sesuatu akan terlihat tidak mungkin sampai semuanya selesai.”
(Nelson Mandela)

“ sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”
(Asy-Syarah 94:6)

“If we never try, we will never know”
(Anonymous)

“Merantaulah kau akan mendapat pengganti kerabat dan teman berlelah- lelahlah manisnya hidup terasa setelah lelah berjuang.”
(Imam Syafi'i)

“Don't forget, beautiful sunsets needs cloudy skies”
(Paulo Coelho)

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah yang telah memberikan begitu banyak nikmat, sehingga dengan segenap perjuangan dan pengorbanan penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Hampiran Solusi Analitik Masalah Pertubasi Singular Model Substrat Inhibitor Enzim Michaelis-Menten Menggunakan Metode *Matched Asymptotic***”. Shalawat beserta salam tak lupa senantiasa tercurah kepada Nabi Allah Muhammad SAW. semoga kita di akui sebagai umatnya di hari akhir kelak.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Dr. Aang Nuryaman, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Matematika, pembimbing akademik dan pembimbing I yang selalu memberikan motivasi, semangat, bimbingan, arahan, kritik dan saran untuk penulis.
2. Dra. Dorrah Aziz, M.Si., selaku pembimbing II yang telah memberikan motivasi, kritik dan arahan kepada penulis.
3. Dr. La Zakaria, S.Si., M.Si., selaku penguji yang telah memberikan ide, kritik dan saran untuk penulis.
4. Dr. Eng. Supripto Dwi Yuwono, S.Si, M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
5. Seluruh Dosen, Staf dan Karyawan Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

6. Kedua orangtua yang selalu memberikan do'a, semangat dan motivasi disetiap langkah penulis. Terima kasih untuk semua cinta yang ku dapatkan.
7. Adik dan para sepupu yang selalu memberi semangat dan dukungan serta do'a untuk penulis.
8. Sahabat FUJ Atika, Azzahra, Cynthia, Azizah, dan Indah yang selalu dan tak bosan memberikan semangat dan mendengar keluh kesah penulis.
9. Bushido Squad Khususnya Tiha, Teresa, Raka, Kak Gilang, dan lain-lainnya yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat Hamba Allah Saras, Rifa, Putra, Tazakka, Oman, Pindo, Vynda dan sahabat-sahabat lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu
11. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini terdapat banyak kekurangan, untuk itu saran dan kritik yang sifatnya membangun senantiasa penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pihak yang memerlukan.

Bandar Lampung, 27 Agustus 2021
Penulis,

Risna Fitriyani

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR	iv
----------------------------	-----------

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	2

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Inhibitor	3
2.2 Persamaan Differensial	3
2.3 Pemodelan Matematika	4
2.4 Laju Reaksi	5
2.5 Model Mekanisme Reaksi Enzim Michaelis-Menten	6
2.6 Nondimensionalisme	7
2.7 Metode <i>Matched Asymptotic</i>	8
2.8 <i>Pseudo Steady State</i>	9

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Langkah – Langkah Penelitian	10

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi <i>Pseudo Steady State</i>	13
4.2 Proses Nondimensionalisasi	14

V. KESIMPULAN

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gambar 1	23
2. Gambar 2	24
3. Gambar 3	25
4. Gambar 4	26
5. Gambar 5	27
6. Gambar 6	28
7. Gambar 7	29
8. Gambar 8	30
9. Gambar 9	31
10. Gambar 10	32
11. Gambar 11	33
12. Gambar 12	34

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Enzim diproduksi oleh setiap makhluk hidup sebagai bahan yang berfungsi untuk membantu proses sistem pencernaan dan fungsi organ tubuh lainnya. Saat tubuh kekurangan enzim, maka metabolisme tubuh akan terpengaruh sehingga kondisi kesehatan menjadikan menurun. Fungsi enzim sendiri sebagai katalisator yang mempercepat terjadinya laju sebuah reaksi. Enzim ini akan mengubah senyawa dan mempercepat proses reaksi dengan mengubah molekul awal yang dikenali dan diikat secara spesifik oleh enzim (substrat) menjadi molekul lain (produk). Akan tetapi tidak selamanya enzim dapat bekerja optimal atau bahkan tidak dapat bekerja sama sekali. Ada beberapa molekul yang dapat mempengaruhi kerja enzim, salah satunya adalah inhibitor. Inhibitor merupakan suatu senyawa yang dapat menurunkan atau menghambat laju reaksi yang dikatalisis enzim. Perihal bagaimana enzim mengikat substrat dan mengubahnya menjadi produk disebut dengan kinetika reaksi enzim. Dalam kinetika reaksi enzim dikenal dengan keberadaan konstanta Michaelis-Menten.

Mekanisme reaksi enzim Michaelis-Menten merupakan mekanisme reaksi enzim paling sederhana. Proses mekanisme reaksi enzim Michaelis-Menten dapat dimodelkan dalam bentuk sistem persamaan differensial nonlinier dengan peubah tak bebas tertentu. Dengan mempertimbangan asumsi reaksi *pseudo steady state* dan melakukan proses nondimensionalisasi dengan peubah tak bebas tertentu, maka akan terbentuk masalah pertubasi singular, dengan parameter kecil sebutlah c , termuat pada persamaan terkait peubah tak bebas c .

Pada penelitian ini, penulis tertarik untuk mengkaji hampiran solusi analitik dari masalah pertubasi singular tersebut dengan metode *matched asymptotic*. Untuk perbandingan, hampiran solusi analitik tersebut akan dibandingkan dengan hampiran solusi numeriknya.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan hampiran solusi analitik dari masalah partubasi singular yang diturunkan dari model mekanisme reaksi enzim Michaelis-Menten dengan metode *matched asymptotic*. Hasil solusi analitik yang diperoleh akan dibandingkan dengan solusi numerik untuk model substrat dan inhibitor.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengaplikasikan konsep pemodelan matematika ke dalam program komputer
2. Mengetahui hampiran solusi analitik dan numerik model substrat inhibitor enzim dari skema mekanisme reaksi enzim Michaelis-Menten
3. Dapat mengembangkan dan menerapkan ilmu matematika ke berbagai bidang ilmu lain.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Inhibitor

Banyak zat mengubah aktifitas enzim dengan cara mempengaruhi pengikatan substrat dan/atau jumlah perputarannya. Zat yang mengurangi aktifitas enzim dengan cara ini disebut dengan inhibitor. Beberapa inhibitor adalah zat yang secara struktural menyerupai substrat enzim, tetapi tidak bereaksi atau bereaksi sangat lambat dibandingkan dengan substrat. Inhibitor seperti ini biasanya digunakan untuk menyelidiki sifat kimia dan bentuk molekul dari tempat pengikatan substrat sebagai bagian dari upaya untuk menjelaskan mekanisme katalis enzim. Selain itu, setiap inhibitor enzim adalah perantara kemoterapi yang efektif, karena analog substrat yang “tidak alami” dapat memblokir aksi enzim tertentu. (Donald and Judith , 2004)

2.2 Persamaan Differensial

Persamaan differensial adalah persamaan yang melibatkan variabel-variabel tak bebas dan derivatif - derivatifnya terhadap variabel – variabel bebas. Berikut ini contoh persamaan differensial :

$$\frac{dy}{dx} = e^x + \sin(x) \quad (2.1)$$

$$y'' - 2y' + y = \cos(x) \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (2.3)$$

$$3x^2 dx + 2y dy = 0 \quad (2.4)$$

Persamaan differensial dibagi dalam dua kelas yaitu differensial biasa dan differensial parsial. Persamaan differensial biasa disingkat PDB adalah suatu persamaan differensial yang melibatkan hanya satu variabel bebas. Jika diambil $y(x)$ sebagai fungsi satu variable, dengan x dinamakan variabel bebas dan y dinamakan variabel tak bebas, maka suatu persamaan differensial biasa dinyatakan dalam bentuk :

$$F(x, y, y', y'', \dots, y^{(n)}) = 0.$$

Jelas bahwa persamaan (2.1) , (2.2) , dan (2.4) adalah PDB. Sedangkan persamaan (2.3) adalah suatu persamaan differensial parsial. Persamaan differensial parsial disingkat PDP, adalah persamaan differensial yang melibatkan dua atau lebih variabel bebas (Nugroho, 2011).

2.3 Pemodelan Matematika

Pemodelan Matematika merupakan proses dalam menurunkan model matematika dari suatu fenomena berdasarkan asumsi-asumsi yang digunakan. Kata ‘model’ dapat diterjemahkan sebagai ‘tiruan’ yang menyerupai sesungguhnya, dalam beberapa hal memiliki karakteristik benda aslinya. Model dapat dibedakan menjadi model *ikonik*, model *analog*, dan model *simbolik*. Model *ikonik* menyerupai model aslinya dari segi fisik, seperti bentuk, pola, dan fungsi. Model *analog* adalah model yang berupa sistem dan digunakan untuk menggambarkan atau menjelaskan sistem lain. Model *simbolik* adalah model yang menggunakan simbol atau lambang untuk menggambarkan sifat – sifat (karakteristik) objek yang dimodelkan.

Model matematika merupakan salah satu model yang menggunakan simbol atau lambang. Model matematika suatu fenomena adalah suatu ekspresi matematika yang diturunkan dari fenomena tersebut. Ekspresi dapat berupa persamaan, sistem

persamaan, atau ekspresi-ekspresi matematika yang lain seperti fungsi maupun relasi. Model matematika digunakan untuk menjelaskan karakteristik fenomena yang dimodelkannya, dapat secara kualitatif atau kuantitatif (Cahyono, 2013).

Langkah awal dalam melakukan pemodelan matematika adalah mengkontruksi sebuah deskripsi dari perilaku dunia nyata atau fenomena dalam pengertian matematis, kemudian mengkreasi 'dunia' kedua yang menggambarkan situasi itu dengan mempertimbangkan informasi-informasi yang menjelaskan perilaku dalam fenomenanya, prediksi apa yang akan terjadi selanjutnya, atau analisis efek-efek berbagai variasi situasi dalam perilakunya. Langkah-langkah dalam mengkontruksi model matematika sebagai berikut :

1. Identifikasi masalah
2. Merumuskan asumsi-asumsi
3. Menyelesaikan model matematika
4. Memvalidasi model
5. Menginterpretasikan solusi matematis kedalam masalah nyata (Kartono, 2012).

2.4 Laju Reaksi

Laju reaksi didefinisikan sebagai laju perubahan konsentrasi baik reaktan maupun produk persatuan waktu atau jumlah molekul reaktan per satuan volume yang bereaksi dalam satu satuan tertentu dan dapat dituliskan dengan skema sebagai berikut :



$$\frac{-d[A]}{a.dt} = \frac{-d[B]}{b.dt} = \frac{+d[C]}{c.dt} = \frac{+d[D]}{d.dt} \quad (2.6)$$

Dalam reaksi kimia zat – zat kimia tersebut dibagi menjadi dua, yaitu reaktan dan produk. Laju reaksi dapat ditinjau dari segi reaktannya maupun dari produknya saja (satu komponen) karena selama reaksi berlangsung reaktan selalu berkurang, sedangkan produknya selalu bertambah sehingga laju reaksinya adalah sebagai berikut :

- untuk produk

$$\frac{+d[P]}{dt} \quad (2.7)$$

- untuk reaktan

$$\frac{-d[R]}{dt} \quad (2.8)$$

dimana P, R, t, d , masing- masing adalah konsentrasi produk, konsentrasi reaktan, waktu, dan bentuk differensial. Laju reaksi secara umum dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\frac{-d[R]}{dt} = k [R]^n \quad (2.9)$$

(Fatimah, 2013).

2.5 Model Mekanisme Reaksi Enzim Michaelis-Menten

Mekanisme Michaelis-Menten adalah mekanisme reaksi enzim yang paling sederhana. Persamaan reaksi dari mekanisme Michaelis-Menten dapat dinyatakan sebagai



dengan S , E , C , dan P , masing-masing adalah konsentrasi substrat, konsentrasi enzim, senyawa kompleks, dan konsentrasi produk. Dalam reaksi ini, enzim bertindak sebagai katalis.

Mekanisme Michaelis – Menten terbagi dua reaksi. Reaksi pertama adalah reaksi bolak – balik dengan konstanta laju reaksi k_1 dan k_{-1} , sedangkan k_2 berfungsi untuk mengukur tingkat perubahan dari suatu produk yang dihasilkan. Misalkan s, e, c, p menyatakan dari S, E, C, P sehingga nilai dari perubahan variabel dapat ditulis dengan persamaan :

$$\frac{ds}{dt} = -k_1se + k_{-1}c \quad (2.11)$$

$$\frac{de}{dt} = -k_1se + (k_{-1} + k_2)c \quad (2.12)$$

$$\frac{dc}{dt} = k_1se - (k_{-1} + k_2)c \quad (2.13)$$

$$\frac{dp}{dt} = k_2c \quad (2.14)$$

dengan syarat awal $e(0) = e_0, p(0) = 0, c(0) = 0, s(0) = s_0$ (Folwer, 1997).

2.6 Nondimensionalisasi

Nondimensionalisasi adalah sistem fisik kontinu dari sebuah model matematika yang terdiri dari kumpulan persamaan differensial dan suatu syarat batas. Jika suatu model dimisalkan memiliki peubah x maka peubah tersebut dapat dinyatakan sebagai

$$x = [x]x^* \quad (2.15)$$

dimana $[x]$ adalah skala terpilih dan x^* adalah peubah nondimensionalisasi yang sesuai. Nondimensionalisasi digunakan untuk menyederhanakan persamaan

diferensial. Untuk suatu sistem persamaan nondimensionalisasi harus melakukan hal berikut:

1. Identifikasi semua variabel bebas dan variabel terikat
2. Mengganti masing-masing skala kuantitas relatif menjadi sebuah karakteristik unit dari perhitungan yang ditentukan.
3. Dibagi dengan koefisien orde polinomial tertinggi atau batas derivatif
4. Memilih dengan bijak definisi dari unit karakteristik untuk setiap variabel sehingga koefisien dari semua ketentuan-ketentuan yang mungkin menjadi satu.
5. Menulis kembali sistem persamaan nondimensionalisasi yang baru
(Fowler, 1997).

2.7 Metode *Matched Asymptotic*

Dalam matematika, metode *matched asymptotic* adalah pendekatan umum untuk menemukan pendekatan yang akurat untuk solusi persamaan, atau sistem persamaan. Digunakan ketika memecahkan masalah perturbasi singular.

Adapun langkah-langkah penyelesaian metode *matched asymptotic* adalah sebagai berikut :

1. *Outer Solution*
2. *Inner Problem*
3. *Matching*
4. *Composite Solution* (Fowler, 1997).

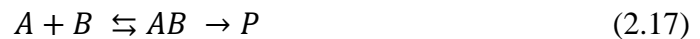
2.8 *Pseudo Steady State*

Suatu sistem dikatakan berada dalam keadaan tetap (*pseudo steady state*) jika peubah yang menentukan prosesnya tidak berubah dalam waktu. Secara kontinu berarti sifat nilai x dari sistem yang diturunkan terhadap waktu adalah nol, yaitu :

$$\frac{dx}{dt} = 0 \quad (2.16)$$

Konsep *pseudo steady state* memiliki relevansi diberbagai bidang, khususnya termodinamika, ekonomi, dan teknik. Dalam bidang kimia kondisi *pseudo steady state* adalah situasi yang lebih umum dari kesetimbangan dinamis. Suatu sistem dapat dikatakan *pseudo steady state* jika terjadi dua atau lebih proses *reversible* terjadi pada tingkat yang sama, seringkali keadaan tetap didekati secara *asymptotic*.

Mekanisme *pseudo steady state* umumnya digunakan pada reaksi-reaksi biomolekular seperti reaksi enzimatik. Secara umum asumsi yang digunakan adalah reaksi melalui dua mekasnisme utama sebagai berikut :



Pada tahap pertama terbentuk senyawa kompleks antara dua reaktan yang berlangsung *reversible* dan pada tahap selanjutnya kompleks terkonversi menjadi produk (Fatimah, 2013).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada semester ganjil tahun akademik 2018/2019 dengan melakukan penelitian secara studi pustaka di Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Langkah – Langkah Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui studi pustaka yaitu mempelajari buku – buku teks yang terdapat di perpustakaan Jurusan Matematika atau Perpustakaan Universitas Lampung dan jurnal terkait dengan materi nondimensionalisasi, teori pertubasi singular, *pseudo steady statedan* materi-materi lainnya yang menunjang penelitian ini. Adapun langkah – langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menjabarkan model sistem persamaan nonlinier dari mekanisme reaksi enzim Michaelis-Menten untuk model substrat dan inhibitor
2. Mengkontruksi masalah pertubasi singular yang diturunkan dari model sistem persamaan nonlinier melalui asumsi *pseudo steady statedan* proses nondimensionalisasi.

3. Menentukan hampiran solusi analitik dari masalah pertubasi singular dengan metode *matched asymptotic*.
4. Membandingkan solusi analitik dan solusi numerik.
5. Menginterpretasikan hasil yang didapat.

V. KESIMPULAN

Pada penelitian skripsi ini telah dikonstruksi masalah partubasi singular untuk peubah substrat dan kompleks enzim substrat yang diturunkan dari model mekanisme reaksi enzim Michaelis-Menten dengan menggunakan asumsi *pseudo steady state*. Melalui proses nondimensionalisasi diperoleh masalah pertubasi singular membentuk persamaan (4.18) sampai dengan persamaan (4.20) dengan menggunakan metode *matched asymptotic* yang memberikan solusi analitik persamaan (4.30) sampai dengan persamaan (4.33)

Solusi analitik yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan solusi numerik dari masalah pertubasi singular sebagai masalah nilai awal yang diselesaikan dengan toolbox GNU OCTAV ODE 45. Berdasarkan plot solusi analitik dan numerik yang menunjukkan untuk nilai ε yang semakin kecil, hampiran nilai solusi analitik dan numerik untuk substrat dan inhibitor semakin sama, dan untuk nilai laju reaksi mempengaruhi konsentrasi kompleks enzimnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyono, Edi. 2013. *Pemodelan Matematika*. Edisi Pertama. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Fatimah, Is, Dr. 2013. *Kinetika Kimia*. Edisi Pertama. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Fowler, A.C. 1997. *Mathematical Models in the Applied Science*. Cambridge University Press, United State of Amerika.
- Hernadi, J. 2012. *Matematika Numerik dengan Implementasi Matlab*. Andi, Yogyakarta.
- Holmes, M. 1995. *Introduction To Perturbation Methods*. Springer, New York.
- Judith, V., dan Donald, V. 2004. *Biochemistry Third Edition*. Wiley, United States of America.
- Kartono. 2012. *Persamaan Diferensial Biasa*. Edisi Pertama. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Nugroho, Didit Budi. 2011. *Persamaan Diferensial Biasa dan Aplikasinya*. Edisi Pertama. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1992. *Metode Numerik*. Andi, Yogyakarta.
- Wirahadikusumah, M. 2001. *Biokimia*. ITB, Bandung.