

**PEMODELAN EKSTRAKSI ANDROGRAPHOLIDE  
DARI *ANDROGRAPHIS PANICULATA* SECARA  
BATCH DENGAN PSEUDO ORDE 1 DAN  
*HOMOGENEOUS SURFACE DIFFUSION MODEL***

**Penelitian**

Disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana  
dalam ilmu teknik kimia

oleh:

**Kevin Jonathan (6213011)**  
**Christoferus Agung Wibowo (6213049)**



Pembimbing:

**Yansen Hartanto, S.T., M.T.**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

2017

No. Kode	: TK JON P17
Tanggal	: 24 Januari 2018
No. Ind	: 4303 - FTI / SKP 35048
Divisi	: i
Hadiah / Beli	:
Dari	: FTI



**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL : PEMODELAN EKSTRAKSI ANDROGRAPHOLIDE DARI  
ANDROGRAPHIS PANICULATA SECARA BATCH DENGAN PSEUDO  
ORDE 1 DAN *HOMOGENEOUS SURFACE DIFFUSION* MODEL**

CATATAN :

Bandung, 02 Agustus 2017

Pembimbing Utama

Yansen Hartanto, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN BANDUNG



### SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kevin Jonathan

NRP : 6213011

Nama : Christoferus Agung Wibowo

NRP : 6213049

Dengan ini menyatakan bahwa proposal penelitian dengan judul :

**PEMODELAN EKSTRAKSI ANDROGRAPHOLIDE DARI *ANDROGRAPHIS PANICULATA* SECARA BATCH DENGAN PSEUDO ORDE 1 DAN *HOMOGENOUS SURFACE DIFFUSION MODEL***

adalah hasil pekerjaan kami sendiri dan seluruh informasi ataupun materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini kami buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 02 Agustus 2017

Kevin Jonathan

Bandung, 02 Agustus 2017

Christoferus Agung W.



## LEMBAR REVISI

JUDUL : **PEMODELAN EKSTRAKSI ANDROGRAPHOLIDE DARI ANDROGRAPHIS PANICULATA SECARA BATCH DENGAN PSEUDO ORDE 1 DAN HOMOGENEOUS SURFACE DIFFUSION MODEL**

CATATAN :

Bandung, 02 Agustus 2017

Penguji

Hans Kristianto, S.T.,M.T.

Penguji

I Gede Pandega W, S.T.,M.T



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan kuasanya sehingga penelitian dengan judul “PEMODELAN EKSTRAKSI ANDROGRAPHOLIDE DARI ANDROGRAPHIS PANICULATA SECARA BATCH DENGAN PSEUDO ORDE 1 DAN HOMOGENEOUS SURFACE DIFFUSION MODEL” dapat diselesaikan tepat waktu. Penelitian ini dibuat untuk memenuhi persyaratan mata kuliah PENELITIAN pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dalam penulisan makalah ini, penulis mengalami banyak kendala dari pencarian sumber sampai dengan pemahaman dari sumber tersebut. Namun pada akhirnya makalah ini dapat terselesaikan dengan baik. Keberhasilan membuatnya makalah berkat adanya dukungan dan masukan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga proposal penelitian ini dapat selesai,
2. Yansen Hartanto, S.T., M.T. selaku dosen mata pembimbing yang telah memberi arahan dan pengetahuan dalam penyusunan proposal penelitian ini,
3. Keluarga yang telah memberikan dukungan secara moral maupun material,
4. Teman – teman penulis yang telah memberikan masukan dan motivasi pada pembuatan proposal penelitian ini
5. Seluruh dosen jurusan Teknik Kimia Unpar yang telah mencurahkan ilmu kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa makalah ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca. Akhir kata, penulis berharap agar proposal penelitian ini bermanfaat bagi para pembaca.

Bandung, 02 Agustus 2017

Penulis



## DAFTAR ISI

COVER.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR SIMBOL .....	x
INTISARI .....	xi
ABSTRACT .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Hipotesis .....	3
1.5 Tujuan Penelitian .....	3
1.6 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Tanaman <i>Andrographis paniculata</i> .....	5
2.2 Antioksidan Andrographolide.....	6
2.3 Ekstraksi.....	7
2.3.1 Mekanisme Ekstraksi.....	8
2.3.2 Faktor – faktor yang mempengaruhi Ekstraksi.....	8
2.4 Model Ekstraksi.....	9
2.4.1 Model Empiris ( <i>Black Box Model</i> ).....	10
2.4.2 Model Lumped .....	11
2.4.3 Model Difusi.....	12
2.4.4 <i>Surface Diffusion Model</i> .....	13
2.4.5 Espinoza-Pérez dan Vargas (2006).....	17
2.4.6 Wongkittipong dan Prat (2004).....	18

2.4.7	Jokić dan Velić (2010).....	19
2.4.8	So dan MacDonald (1986).....	20
2.4.9	Karancabey dan Bayindirli (2010) .....	20
2.5	Metode Penyelesaian Numerik .....	21
2.5.1	Finite Difference Method .....	21
2.5.2	Crank Nicolson.....	23
2.5.3	Euler Eksplisit dan Implisit .....	24
2.5.4	Runge Kutta.....	25
2.5.5	Method of Line .....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....		29
3.1	Estimasi Parameter.....	30
3.1.1	Model Pseudo Orde 1 .....	32
3.1.2	<i>Homogeneous Surface Diffusion Model</i> .....	33
3.2	Perbandingan Antara Model Pseudo Orde 1 dan HSDM .....	36
3.3	Jadwal Kerja.....	37
BAB IV PEMBAHASAN .....		38
4.1	Data Percobaan untuk Pemodelan .....	38
4.2	Estimasi Parameter.....	38
4.2.1	Estimasi Parameter Persamaan Pseudo Orde 1 .....	39
4.2.2	Estimasi Parameter <i>Homogeneous Surface Diffusion Model</i> .....	43
4.3	Perbandingan <i>Homogeneous Surface Diffusion Model</i> dan Pseudo Orde 1 .....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		50
5.1	Kesimpulan .....	50
5.2	Saran .....	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN A GRAFIK .....		54
A.1	Grafik <i>Homogeneous Surface Diffusion Model</i> .....	54
A.2	Grafik Pseudo Orde 1.....	58
A.3	Grafik data penelitian dengan variasi temperature .....	60
LAMPIRAN B SCRIPT MATLAB .....		62
B.1	Estimasi Parameter <i>Homogeneous Surface Diffusion Model</i> .....	62
B.2	Estimasi Parameter Pseudo Orde 1 .....	64

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tanaman <i>Andrographis paniculata</i> .....	6
Gambar 2. 2 Struktur dari andrographolide.....	7
Gambar 2. 3 Gambar penyelesaian PDP dengan metode Crank Nicolson.....	24
Gambar 2. 4 Perbedaan fundamental dari metode euler implisit dan eksplisit .....	24
Gambar 2. 5 ilustrasi diskretisasi MOL pada sumbu x.....	27
Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian .....	29
Gambar 3. 2 Diagram alir untuk estimasi parameter.....	30
Gambar 4. 1 Profil konsentrasi fasa bulk data dengan model pseudo vs t pada 40 °C.....	40
Gambar 4. 2 Profil konsentrasi fasa bulk data dengan model pseudo vs tpada 60 °C.....	41
Gambar 4. 3 Profil konsentrasi fasa bulk data dengan model vs t pada 40 °C.....	43
Gambar 4. 4 Profil konsentrasi fasa bulk data dengan model vs t pada 60 °C.....	44
Gambar 4. 5 Profil konsentrasi fasa padat (q) model vs t dengan variasi r pada 40 °C .....	44
Gambar 4. 6 Profil konsentrasi fasa padat (q) model vs t dengan variasi r pada 50 °C .....	45



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Taksonomi Tanaman Sambiloto.....	5
Tabel 2. 2 Metode Penghampiran Maju (Chapra & Canale, 2010).....	22
Tabel 2. 3 Metode Penghampiran Central (Chapra & Canale, 2010).....	22
Tabel 2. 4 Metode Penghampiran Mundur (Chapra & Canale, 2010) .....	23
Tabel 3. 1 Data Konsentrasi Fasa Bulk terhadap t dari Percobaan.....	31
Tabel 3. 2 Data Konsentrasi Fasa Bulk terhadap t dari Percobaan (22°C).....	31
Tabel 3. 3 Jadwal kerja penelitian (Lanjutan) .....	37
Tabel 4. 1 Hasil Estimasi Parameter Pseudo pada Berbagai Variasi Temperatur .....	41
Tabel 4. 2 Nilai $SS_E$ minimum pada Estimasi Parameter Pseudo .....	42
Tabel 4. 3 Hasil Estimasi Parameter pada Berbagai Variasi Temperatur .....	46
Tabel 4. 4 Nilai $SS_E$ minimum pada Estimasi Parameter.....	46
Tabel 4. 5 Perbandingan antara parameter $K_p$ dengan $Kf/V$ .....	48
Tabel 4. 6 Perbandingan nilai $SS_E$ antara model HSDM dan model pseudo .....	49

## DAFTAR SIMBOL

$C_s$	= konsentrasi di fasa cair pada permukaan terluar padatan ( $\text{kg/m}^3$ )
$A$	= luas permukaan padatan ( $\text{m}^2$ )
$C_b$	= konsentrasi di fasa bulk ( $\text{kg/m}^3$ )
$C_0$	= konsentrasi awal larutan ( $\text{kg/m}^3$ )
$D_s$	= koefisien difusivitas permukaan ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$k_f$	= koefisien laju perpindahan massa secara konvektif ( $\text{m/s}$ )
$q_0$	= konsentrasi solut di padatan pada saat awal ( $\text{kg/kg}$ )
$q_t$	= konsentrasi solut di padatan tiap waktunya ( $\text{kg/kg}$ )
$r$	= posisi radial di dalam partikel ( $\text{m}$ )
$R$	= jari – jari partikel padatan ( $\text{m}$ )
$t$	= waktu ( $\text{s}$ )
$T$	= temperatur operasi ( $^{\circ}\text{C}$ )
$V$	= volume larutan ( $\text{m}^3$ )
$\rho_p$	= densitas partikel padatan ( $\text{kg/m}^3$ )
$1 - f$	= fraksi makropori di padatan
$D_p$	= diameter padatan ( $\text{m}^2$ )
$k_L$	= konstanta isoterm langmuir
$q_{\infty}$	= konsentrasi minimum yang dapat diekstrak ( $\text{kg/kg}$ )
$q_R$	= konsentrasi solut di permukaan padatan terluar ( $\text{kg/kg}$ )
$K_p$	= konstanta konveksi pada persamaan pseudo orde 1 ( $\text{s}^{-1}$ )



## INTISARI

Tujuan utama penelitian adalah untuk mengetahui pemodelan ekstraksi yang sesuai untuk proses ekstraksi andrographolide yang berasal dari tanaman *Andrographis paniculata*. Ekstraksi adalah proses pemisahan komponen yang terlarut dalam suatu campuran atau umpan dengan cara mengkontakkannya dengan pelarut tertentu. Proses ekstraksi memegang peranan yang penting dalam industri terutama industri farmasi. Banyak dari senyawa yang berguna untuk obat-obatan diambil dari bahan alam dengan proses ekstraksi. Dengan mengoptimalkan proses ekstraksi, maka produktivitas dari obat-obatan seperti obat untuk malaria yang berbahan andrographolide yang berasal dari *Andrographis paniculata* dapat ditingkatkan.

Dalam penelitian ini, ada 3 tahap yang akan dilakukan. Tahap pertama adalah estimasi parameter dengan Pseudo orde 1, dan dilanjutkan dengan tahap estimasi parameter *Homogeneous Surface Diffusion Model* sebagai pemodelan ekstraksi. Data akan diestimasi berdasarkan percobaan (R. Wongkittipong, 2004). Setelah itu, pada tahap ketiga, kedua model tersebut dibandingkan berdasarkan data kondisi operasi dari proses ekstraksi *andrographolide* yang berasal dari *Andrographis paniculata*. Adapun tujuan lain dari penelitian ini adalah mengetahui keakuratan model-model yang digunakan terhadap proses ekstraksi batch andrographolide.

Pada penelitian ini, didapati untuk model Pseudo Orde 1, memiliki parameter, yaitu  $K_p$  yang dapat disimpulkan merupakan fungsi dari temperatur. Sedangkan untuk model *Homogeneous Surface Diffusion*, didapati parameter  $k_f$  dan  $D_s$  merupakan fungsi temperatur dan parameter  $q_\infty$  merupakan konstanta. Dari kedua model tersebut, dapat dilihat nilai error rata – rata dari tiap temperatur untuk model Pseudo Orde 1 sebesar  $4,455 \text{ e-}02$  dan untuk *Homogeneous Surface Diffusion Model* dihasilkan error rata – rata dari tiap temperatur sebesar  $1,765 \text{ e-}02$ . Apabila nilai error rata – rata dari kedua model tersebut dibandingkan, maka didapati *Homogeneous Surface Diffusion Model (White Box Model)* lebih dapat mewakili peristiwa ekstraksi batch dibandingkan model Pseudo Orde 1 (*Black Box Model*) pada percobaan ini.

Kata kunci: ekstraksi, *andrographolide*, *Andrographis paniculata*, pemodelan, model Pseudo Orde 1, *Homogeneous Surface Diffusion Model*



## ABSTRACT

The major objective of this research is to ascertain what extraction model that suit for extraction of andrographolide that originated from *Andrographis paniculata*. Extraction is a separation process of the component that dissolved in a mixture or feed by contacting it with certain solvent. Extraction process holds important role in industry notably in pharmaceutical industry. Lots of compound that used as drug are taken from natural substances using extraction process. By optimizing the extraction process, then the productivity of drugs like malaria drug that made from andrographolide that originated from *Andrographis paniculata* can be increased.

In this research, there was 3 stages that has be done. The first stage was parameter estimation for Pseudo 1st Order, and then continued by parameter estimation for *Homogeneous Surface Diffusion Model* as extraction model. The data was estimated according to experiment (R. Wongkittipong, 2004). And then, for the third stage, both of the models was compared according to operation condition from extraction process of *andrographolide* from *Andrographis paniculata*. There was another purpose from this research, that is to get known the acuracy of the models that used for batch extraction process of *andrographolide*.

In this research, for Pseudo 1st Order was found that the parameter, that was  $K_p$ , could be concluded as function of temperature. While for *Homogeneous Surface Diffusion Model*, were found that the parameters, that were  $k_f$  and  $D_s$ , were function of temperature and the parameter  $q_\infty$  was a constant. From both models, could be seen that average error value from each temperature for Pseudo 1st Order model was 4,455 e-02 and for *Homogeneous Surface Diffusion Model* was obtained that average error value from each temperature was 1,765 e-02. If the average error value were compared, then we found that *Homogeneous Surface Diffusion Model (White Box Model)* was more representing the batch extraction phenomena than Pseudo 1st Order model (*Black Box Model*) in this experiment.

Keywords: extraction, *andrographolide*, *Andrographis paniculata*, equation modelling, Pseudo 1st Order model, *Homogeneous Surface Diffusion Model*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ekstraksi adalah proses pemisahan komponen yang terlarut dalam suatu campuran atau umpan dengan cara mengkontakkan campuran atau umpan dengan pelarut tertentu. Dalam prosesnya, fenomena yang terjadi adalah perpindahan massa komponen dari campuran atau umpan ke pelarut sehingga komponen yang ingin diambil dapat dipisahkan dari komponen lainnya. (Geankoplis, 2003)

Proses ekstraksi memegang peran penting dalam industri khususnya dalam industri farmasi. Dengan menggunakan proses ekstraksi, senyawa-senyawa yang berharga dalam bahan alam dapat diambil dan lalu dimurnikan sehingga meningkatkan nilai dari senyawa tersebut. Dengan menggunakan proses ekstraksi, senyawa yang berguna untuk obat-obatan dapat diambil dari bahan alam. Dengan memahami cara pengoptimalan dari proses ekstraksi ini, maka industri-industri yang menggunakan proses ekstraksi dapat meningkatkan produktivitasnya.

Penyakit malaria adalah penyakit yang menjadi salah satu masalah kesehatan di dunia. Menurut WHO, pada sekitar tahun 2005, diperkirakan 2,5 milyar manusia yang tinggal di wilayah endemis malaria. Di Indonesia, penyakit malaria sendiri juga termasuk dalam masalah kesehatan yang cukup serius. Profil kesehatan Indonesia pada tahun 2000 menunjukkan angka penderita malaria cenderung meningkat. Salah satu obat yang dapat digunakan untuk penyakit yang disebabkan oleh nyamuk *Anopheles* betina yang sudah terinfeksi oleh *Plasmodium sp.* ini adalah menggunakan senyawa andrographolide yang bisa didapat dari tanaman *Andrographis paniculata*. (Suhardiono, 2005)

Tanaman *Andrographis paniculata* adalah tanaman terna yang diduga berasal dari India dan masuk ke Indonesia sekitar 1893. Tanaman ini merupakan tanaman dengan berbagai manfaat. Sebagai obat tradisional, sambiloto banyak digunakan untuk obat malaria. Manfaat lain adalah tanaman ini dapat digunakan untuk detoksifikasi dan penurunan panas. (Widyawati, 2007)

Untuk mengetahui kinetika proses ekstraksi andrographolide yang didapat dari tanaman *Andrographis paniculata* maka diperlukan suatu model yang dapat mewakili fenomena yang terjadi. Model yang akurat sangat dibutuhkan untuk mengetahui fenomena

dari ekstraksi andrographolide yang terdapat dalam tanaman *Andrographis paniculata*. Khususnya adalah fenomena ekstraksi yang melibatkan struktur pori dari umpan tanaman *Andrographis paniculata*. Dengan model inilah perolehan senyawa andrographolide dapat diprediksi untuk digunakan dalam mencari kondisi optimal untuk memperoleh senyawa tersebut.

Model yang dapat mewakili kinetika suatu proses secara umum dapat dikelompokkan menjadi model mekanistik (*white box*) dan model empiris (*black box*). *Black box model* memiliki keunggulan bila pemahaman akan system terbatas karena pada model ini, struktur fisik tidak diperhitungkan dan hanya melihat pada input dan output dari sistem tersebut. Namun karena hal tersebut, *Black box model* ini tidak memiliki rentang proses yang cukup lebar. Dengan hanya memperhitungkan input dan output maka keakuratan dari model ini dalam rentang yang lebar menjadi kurang akurat. Dengan begitu, model ini memiliki keterbatasan dalam penggunaannya. (Lith, 2002)

*White box model* adalah model yang memiliki keakuratan lebih dibanding dengan *black box model* dikarenakan kedetailannya dalam konsep-konsep fisika dan kimia sehingga memiliki rentang proses yang cukup lebar. Dengan memperhitungkan dan menerapkan hukum fisika dan kimia, model ini dapat digunakan untuk memprediksi kelakuan dari suatu sistem bahkan sebelum sistem terbentuk. Model ini memiliki kelemahan, yaitu biasanya model ini berupa persamaan kompleks yang akan sulit untuk diselesaikan karena kedetailannya. (Lith, 2002)

Dalam penelitian ini, akan diteliti model-model dan simulasi tentang faktor-faktor yang mempengaruhi ekstraksi andrographolide yang terdapat dalam tanaman *Andrographis paniculata* menggunakan model pseudo orde 1 dan model *Homogeneous Surface Diffusion*. Model-model tersebut akan dibandingkan keakuratannya sehingga ditemukan model yang dapat lebih mempresentasikan proses ekstraksi andrographolide yang terdapat dalam tanaman *Andrographis paniculata*. Keakuratan yang dibandingkan dapat dilihat dari nilai error tiap model dan juga dapat dilihat secara visual.

## 1.2 Tema Sentral Masalah

Tema sentral masalah dalam penelitian yang dilakukan adalah melakukan pemodelan *batch* ekstraksi andrographolide dari *Andrographis paniculata* dengan *Homogeneous* dan Model Pseudo orde 1 serta membandingkan kedua

model sehingga diperoleh model yang mewakili fenomena ekstraksi andrographolide dari *Andrographis paniculata*.

### 1.3 Identifikasi Masalah

1. Apakah *Homogeneous Surface Diffusion Model* dapat mewakili kinetika ekstraksi andrographolide pada tanaman *Andrographis paniculata*?
2. Apakah Model Pseudo orde 1 dapat mewakili kinetika ekstraksi andrographolide pada tanaman *Andrographis paniculata*?

### 1.4 Hipotesis

1. Model *White Box* (HSDM) lebih mewakili fenomena ekstraksi dibanding model *Black Box* (Pseudo Orde 1).
2. Model Pseudo orde 1 dapat digunakan sebagai model ekstraksi tanaman *Andrographis paniculata*.
3. *Homogeneous Surface Diffusion Model* dapat digunakan sebagai model dengan kondisi pori-pori di dalam partikel tanaman *Andrographis paniculata* seragam.
4. Temperatur mempengaruhi parameter – parameter model dalam fenomena ekstraksi.

### 1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pemodelan yang dapat mewakili kinetika ekstraksi andrographolide pada tanaman *Andrographis paniculata*.
2. Mengetahui perbandingan antara model pseudo orde 1 (*Black box*) dengan *Homogeneous Surface Diffusion Model* (*White box*).

### 1.6 Manfaat Penelitian

1. Manfaat penelitian bagi mahasiswa
  - a. Mengetahui pemodelan yang dapat mewakili kinetika ekstraksi andrographolide pada tanaman *Andrographis paniculata*.
  - b. Mengetahui dan memahami cara-cara diskretisasi untuk penyelesaian persamaan model kinetika ekstraksi.
  - c. Mengetahui perbandingan antara model *white box* dan *black box*.

2. Manfaat penelitian bagi masyarakat
  - a. Meningkatkan perolehan andrographolide dari tanaman *Andrographis paniculata*.
3. Manfaat penelitian bagi industri
  - a. Mengetahui pemodelan yang nantinya dapat mewakili proses untuk melakukan *scale-up* dari skala laboratorium ke industri ketika melakukan perancangan pabrik kimia.
  - b. Mengetahui model yang lebih baik digunakan untuk proses ekstraksi pada suatu industri.