

**PEMODELAN DAN SIMULASI EKSTRAKSI
ANDROGRAPHOLIDE DARI ANDROGRAPHIS
PANICULATA SECARA BATCH DENGAN
SEQUENTIAL PORE AND SURFACE DIFFUSION
MODEL**

ICE 410 – Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar
sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia

oleh:

William Tandra (6213044)

Hendra Sugianto (6213067)

Pembimbing:

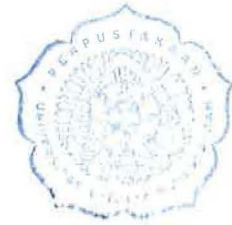
Aditya Putranto, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D

Yansen Hartanto S.T., M.T.



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

No. Kode	: TK TAN P/17
Tanggal	: 27 Februari 2017 2017
No. Urut	: 4263- FTI /SKP 33530
Divisi	:
Medan	:
Dari	: FTI



LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : PEMODELAN DAN SIMULASI EKSTRAKSI ANDROGRAPHOLIDE
DARI ANDROGRAPHIS PANICULATA SECARA BATCH DENGAN
SEQUENTIAL PORE AND SURFACE DIFFUSION MODEL**

CATATAN :

Pembimbing

Yansen Hartanto, S.T, M.T

Pembimbing

a.n Yansen Hartanto S.T, M.T.
Aditya Putranto, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D.



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

SURAT PERNYATAAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : William Tandra
NPM : 2013620044
Nama : Hendra Sugianto
NPM : 2013620067

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian dengan judul:

**PEMODELAN DAN SIMULASI EKSTRAKSI *ANDROGRAPHOLIDE* DARI
ANDROGRAPHIS PANICULATA SECARA *BATCH* DENGAN *SEQUENTIAL PORE*
*AND SURFACE DIFFUSION MODEL***

adalah hasil pekerjaan kami. Seluruh ide, pendapat, dan materi dari sumber lain, telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang benar.

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

Bandung, 6 Januari 2017

William Tandra
(2013620044)

Hendra Sugianto
(2013620067)



LEMBAR REVISI

**JUDUL :PEMODELAN DAN SIMULASI EKSTRAKSI *ANDROGRAPHOLIDE*
DARI *ANDROGRAPHIS PANICULATA* SECARA *BATCH* DENGAN
*SEQUENTIAL PORE AND SURFACE DIFFUSION MODEL***

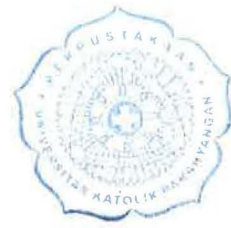
CATATAN :

Penguji

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

Penguji

Dr. Ir. Budi H Bisowarno, M.Eng.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyusun laporan penelitian ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Laporan penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Strata-1 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Saat penyusunan laporan penelitian ini dilakukan penulis mendapat tantangan dan hambatan, tetapi dengan bantuan dari beberapa pihak hal tersebut bisa diatasi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Aditya Putranto, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran selama penyusunan laporan.
2. Yansen Hartanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan saran selama penyusunan laporan.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dorongan secara moril dan materil.
4. Teman-teman yang telah memberi dukungan dan semangat.
5. Semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung telah membantu dalam penyusunan laporan penelitian ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari sempurna baik dari bentuk penyusunan maupun materinya karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan penulis. Kritik dan saran yang membangun dari pembaca akan sangat membantu penulis untuk penyempurnaan laporan penelitian ini. Penulis berharap semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 6 Januari 2017

Penulis



DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SIMBOL	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
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. Antioksidan	5
2.2. <i>Andrographis paniculata</i>	5
2.3. Ekstraksi Padat Cair	7

2.4. Model Ekstraksi	9
2.4.1. Model <i>Pseudo</i> Orde 1	9
2.4.2. Model <i>Pseudo</i> Orde 2	10
2.4.3. Model Elovich	10
2.4.4. Model <i>Lumped</i>	11
2.4.5. Model <i>Distributed</i>	12
2.4.6. <i>Sequential Pore and Surface Model</i>	12
2.4.7. Model Pembanding	15
2.5. Metode Penyelesaian Numerik	16
2.5.1. <i>Method of Lines</i>	17
2.5.2. Crank Nicolson	18
2.5.3. Runge-Kutta	19
2.5.4. MetodEuler	20
2.5.5. Metode Heun	21
2.5.6. <i>Finite Difference Method</i>	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1. Estimasi Parameter Model	24
3.2. Validasi Parameter Model	31
3.3. Simulasi <i>Sequential Pore and Surface Diffusion Model</i>	33
3.4. Jadwal Kerja Penelitian	34
BAB IV PEMBAHASAN	36
4.1 Data Percobaan	36
4.2 Estimasi Parameter	36
4.3 Validasi Parameter	41
4.4 Simulasi	43

BAB V KESIMPULAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN A GRAFIK	50
LAMPIRAN B SCRIPT MATLAB	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi <i>andrographis paniculata</i>	6
Gambar 2.2 Struktur kimia <i>andrographolide</i>	6
Gambar 2.3 Profil konsentrasi <i>lumped model</i>	11
Gambar 2.4 Profil konsentrasi <i>distributed model</i>	12
Gambar 2.5 Contoh diskretisasi persamaan differensial dengan <i>method of lines</i>	18
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> tahap-tahap penyelesaian	24
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> estimasi parameter model	25
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> validasi parameter model	32
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> simulasi pemodelan	34
Gambar 4.1 Profil konsentrasi fasa bulk data dengan model terhadap waktu pada 22°C ...	37
Gambar 4.2 Profil konsentrasi solute dalam pori terhadap waktu dan jari-jari padatan pada 22°C	37
Gambar 4.3 Profil konsentrasi solute dalam permukaan terhadap waktu dan jari-jari padatan pada 22°C.....	38
Gambar 4.4 Profil konsentrasi fasa bulk data dengan model terhadap waktu pada 40°C ..	38
Gambar 4.5 Profil konsentrasi solute dalam pori terhadap waktu dan jari-jari padatan pada 40°C	39
Gambar 4.6 Profil konsentrasi solute dalam permukaan terhadap waktu dan jari-jari padatan pada 40°C.....	39
Gambar 4.7 Profil konsentrasi fasa bulk data dengan model terhadap waktu pada 50°C ...	42
Gambar 4.8 Profil C_b pada temperatur 45°C.....	43
Gambar 4.9 Profil C_p terhadap jarak dan waktu pada temperatur 45°C	44

Gambar 4.10 Profil q terhadap jarak dan waktu pada temperatur 45°C	44
Gambar 4.11 Profil C_b pada berbagai temperatur	45



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Taksonomi <i>Andrographis paniculata</i>	6
Tabel 2.2 Penghampiran maju	22
Tabel 2.3 Penghampiran terpusat	23
Tabel 2.4 Penghampiran mundur	23
Tabel 3.1 Jadwal kerja penelitian	34
Tabel 4.1 Tabel hasil estimasi parameter pada berbagai temperatur	40
Tabel 4.2 Nilai SS_E estimasi parameter	40
Tabel 4.3 Tabel validasi parameter	41

DAFTAR SIMBOL



- t = waktu (s)
- r = posisi radial dalam padatan (m)
- R = jari-jari padatan (m)
- A = luas permukaan padatan (m^2)
- V = volume reservoir (m^3)
- T = temperatur ekstraksi (oC)
- C_p = konsentrasi solut di *pore* (kg solut/ m^3 *pore*)
- C_{p0} = konsentrasi solut di *pore* mula-mula (kg solut/ m^3 *pore*)
- $C_{p|R}$ = konsentrasi solut di *pore* terluar padatan (kg solut/ m^3 *pore*)
- q = konsentrasi solut di *surface* (kg solut/kg padatan)
- q_0 = konsentrasi solut di *surface* mula-mula (kg solut/kg padatan)
- q_R = konsentrasi solut di *surface* terluar padatan (kg solut/kg padatan)
- C_b = konsentrasi solut di fasa curah/ *bulk phase* (kg solut/ m^3)
- ρ_p = densitas padatan (kg padatan/ m^3 padatan)
- ϵ_p = porositas padatan (volume *pore*/volume padatan)
- D_p = koefisien difusivitas di *pore* (m^2/s)
- D_s = koefisien difusivitas di *surface* (m^2/s)
- J = flux massa (kg solut/ $m^2 \cdot s$) $J = -(D_p \frac{dC_p}{dr} + \rho_p D_s \frac{dq}{dr})$
- V_{ads} = kecepatan adsorpsi (kg solut/kg padatan.s) = G
- $G(C_p, q) = k_a C_p (q_\infty - q) - k_d q$
- q_∞ = konsentrasi solut minimum di *surface* / konsentrasi jenuh (kg solut/kg padatan)
- k_a = koefisien laju adsorpsi (m^3 *pore*/kg solut.s)
- k_d = koefisien laju desorpsi (1/s)
- k_m = koefisien perpindahan massa secara konvektif (m/s)
- α = parameter validasi
- β = parameter validasi
- $D_{s\infty}$ = parameter validasi



INTISARI

Ekstraksi padat cair atau yang biasa disebut *leaching* merupakan proses pemisahan zat / komponen yang diinginkan dari suatu padatan dengan bantuan pelarut cair. Pada umumnya, ekstraksi padat cair digunakan untuk memisahkan senyawa aktif dari bahan alam. Salah satu contoh senyawa aktif yang dapat diambil dari bahan alam adalah *andrographolide*. *Androrapholide* dapat diekstrak dari *Andrographis paniculata* yang memiliki kegunaan seperti anti peradangan, agen pengstimulasi enzim pada hati, mencegah penjejukan lemak pada tubuh, anti demam, anti kanker, disinfektan, obat disentri, analgesik, memperkuat imun tubuh, dan anti malaria. Tingginya kasus penyakit malaria di Indonesia menjadi alasan penggunaan *andrographis paniculata* yang banyak dan mudah diperoleh di Indonesia. Tujuan utama dalam penelitian ini adalah untuk memperoleh pemodelan yang sesuai untuk mewakili kinetika ekstraksi *andrographolide* dari *Andrographis paniculata* secara *batch*.

Tahap-tahap pada penelitian ini terdiri dari 3 tahap utama yaitu estimasi, validasi dan simulasi. Pemodelan ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini adalah *sequential pore and surface diffusion model*. Data percobaan yang digunakan untuk mengestimasi dan memvalidasi model diperoleh berdasarkan hasil percobaan (Wongkittipong, *et al.*, 2004). Kemudian dilakukan simulasi pada berbagai variasi temperatur diluar kondisi percobaan untuk memprediksi dan melihat pengaruh temperatur terhadap kinetika ekstraksi.

Pada penelitian ini, *sequential pore and surface diffusion model* akurat dalam memodelkan kinetika ekstraksi *andrographolide* dari *Andrographis paniculata* secara *batch*. Parameter model D_p , D_s , k_a , k_d , dan k_m merupakan fungsi temperatur yang dapat dihubungkan dengan analogi persamaan Arrhenius sebagai persamaan validasinya. Berdasarkan hasil penelitian, parameter α untuk D_p , D_s , k_a , k_d , dan k_m berturut-turut adalah 1.21×10^{-14} , 1.24×10^{-13} , 2.55×10^{-7} , 1.19×10^{-4} , dan 1.10×10^{-5} . Sedangkan untuk parameter β untuk D_p , D_s , k_a , k_d , dan k_m berturut-turut adalah 1.89×10^1 , 8.29×10^1 , 5.01×10^1 , 3.78×10^1 , dan 1.84×10^2 .

Kata kunci: ekstraksi, *andrographolide*, *Andrographis paniculata*, pemodelan, simulasi, *sequential pore and surface diffusion model*



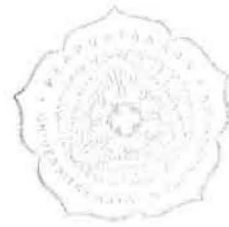
ABSTRACT

Solid-liquid extraction or commonly called as leaching is a process to separate desired substances or components from a solid using liquid solvent. Generally, solid-liquid extraction used to separate active compounds from plants or herbs. One of the active compound is *andrographolide*. *Andrographolide* can be extracted from *Andrographis paniculata* which have some uses such as anti-inflammation, liver enzymes stimulating agent, prevents fat saturation, disinfectant, dysentery medicine, analgesic, strengthen body's immune, and anti-malaria. The high number of malaria cases happen in Indonesia become the purpose to use *Andrographis paniculata* which widely spread in Indonesia. The main purpose of this research is to acquire the appropriate model to represent *andrographolide* batch extraction kinetics from *Andrographis paniculata*.

The stages in this research consist of 3 main stages, which are parameters estimation, parameter validation, and simulation. Extraction model used in this research is sequential pore and surface diffusion model. Experiment data used to estimate and validate the models based on (Wongkittipong, *et al.*, 2004) experiment data to get parameters. Then, the parameters used to simulate the solid-liquid extraction at various temperature outside of the experiment condition to predict and observe temperature influence toward extraction kinetics.

In this research, sequential pore and surface diffusion model accurately represents *adrographolide* batch extraction kinetics from *Andrographis paniculata*. Model parameters such as D_p , D_s , k_a , k_d , and k_m are function of temperature which can be connected with Arrhenius equation analogy as the validation equation. Based on this research result, parameter α of D_p , D_s , k_a , k_d , dan k_m respectively are 1.21×10^{-14} , 1.24×10^{-13} , 2.55×10^{-7} , 1.19×10^{-4} , and 1.10×10^{-5} . As for parameter β of D_p , D_s , k_a , k_d , and k_m respectively are 1.89×10^1 , 8.29×10^1 , 5.01×10^1 , 3.78×10^1 , and 1.84×10^2 .

Keywords: extraction, *andrographolide*, *Andrographis paniculata*, modelling, simulation, sequential pore and surface diffusion model



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang masalah

Antioksidan adalah senyawa alami yang sangat berguna bagi tubuh yang dapat memperlambat kerusakan sel tubuh. Antioksidan banyak ditemukan pada sayur-sayuran dan buah-buahan (U.S National Institute of Health, 2010). Salah satu jenis antioksidan adalah *andrographolide* yang terkandung dalam tanaman sambiloto (*Andrographis paniculata*). Salah satu manfaat antioksidan adalah untuk mengikat radikal bebas yang merupakan molekul yang sangat tidak stabil dan terbentuk secara alami di dalam tubuh ketika tubuh mengubah makanan menjadi energi, sumber lain radikal bebas berasal dari lingkungan sekitar seperti asap rokok, polusi udara dan sinar matahari. Radikal bebas dapat merusak sel sehingga dapat menyebabkan penyakit seperti kanker, serangan jantung, katarak, dll. (U.S National Institute of Health, 2010)

Antioksidan dapat diperoleh dengan metode ekstraksi padat cair bahan alam seperti tanaman *Andrographis paniculata*. Ekstraksi padat cair adalah proses pemisahan zat / komponen yang diinginkan dari suatu padatan dengan bantuan pelarut cair.

Andrographis paniculata (Sambiloto) atau yang biasa disebut sebagai *king of bitter*, merupakan bagian dari famili *acanthaceae*, tanaman ini biasanya digunakan sebagai tanaman obat tradisional. Rasanya yang pahit disebabkan oleh adanya senyawa *andrographolide* dalam tanaman ini. *Andrographis paniculata* biasanya tumbuh dan dikembangkan di Asia Tenggara seperti India, Sri Lanka, Pakistan, Malaysia dan Indonesia. *Andrographis paniculata* dapat tumbuh di daerah pantai hingga daerah dataran tinggi pada berbagai kondisi tanah dan iklim. *Andrographis paniculata* memiliki kegunaan seperti anti peradangan, agen pengstimulasi enzim pada hati, mencegah penjuanan lemak pada tubuh, anti demam, anti kanker, disinfektan, obat disentri, analgesik, memperkuat imun tubuh, dan anti malaria. (Ratnani, 2012; Jarukamjorn, 2008; Anju 2012)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinetika laju ekstraksi *andrographolide* dari tanaman *andrographis paniculata* sebagai obat anti malaria dengan mencari parameter-parameter kinetika laju ekstraksi dan melakukan validasi terhadap model ekstraksi pada *andrographolide* dari tanaman *Andrographis paniculata* serta melakukan

simulasi untuk memprediksi kinetika ekstraksi pada berbagai kondisi. Pemodelan ekstraksi ini dilakukan guna memprediksi kinetika ekstraksi *andrographolide* dari tanaman *andrographis paniculata* tanpa harus melakukan percobaan. Alasan penggunaan tanaman *Andrographis paniculata* pada penelitian ini disebabkan oleh manfaat tanaman *Andrographis paniculata* ini sebagai anti malaria dimana di Indonesia sendiri kasus infeksi malaria sangat tinggi, selain itu jumlahnya yang banyak dan mudah diperoleh di Indonesia menjadi alasan lain pemilihan tanaman *Andrographis paniculata* ini.

Pada penelitian ini, penentuan parameter-parameter dalam pemodelan sistem ekstraksi diperlukan data dan informasi yang memadai. Data dan informasi yang diperlukan itu dapat diperoleh dari model-model kinetika seperti model empirik dan model mekanistik.

Model empirik (*black box model*) adalah model yang diperoleh dari data hasil percobaan, data yang diperoleh menghasilkan persamaan yang sangat sederhana yang tidak memperhitungkan parameter-parameter fisika dan kimia. Model empirik memiliki kelemahan yaitu persamaannya tidak fleksibel sehingga tidak dapat digunakan pada kondisi yang berbeda-beda karena ada parameter-parameter yang diabaikan (Sjoberg et al., 1995). Contoh model empirik adalah model pseudo orde 1, model pseudo orde 2 dan model Elovich. (Man, 2012; Ho, 1999)

Model mekanistik (*white box model*) adalah model yang mendetail dan fleksibel yang memperhitungkan parameter-parameter fisika dan kimia dan dapat digunakan pada kondisi yang berbeda-beda dan dapat mewakili kondisi percobaan kompleks (Sjoberg et al., 1995). Kelemahan model mekanistik adalah persamaannya merupakan persamaan diferensial parsial yang kompleks dan sulit untuk diselesaikan. Contoh model mekanistik adalah *sequential pore and surface diffusion model* yang dapat memodelkan ekstraksi *andrographolide* dari tanaman *Andrographis paniculata* dengan memperhitungkan difusi pada pori dan permukaan sekaligus. Kelemahan dari model mekanistik ini dapat diatasi dengan bantuan *software*.

1.2. Tema sentral masalah

Tema sentral masalah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah **pemodelan dan simulasi ekstraksi *andrographolide* dari tanaman *Andrographis paniculata* secara**

batch dengan *Sequential Pore and Surface Diffusion Model* sehingga diperoleh model yang sesuai.

1.3. Identifikasi masalah

1. Apakah *Sequential pore and surface diffusion model* sesuai untuk digunakan dalam memodelkan ekstraksi tanaman *Andrographis paniculata*?
2. Bagaimana keakuratan *Sequential pore and surface diffusion model* dalam memodelkan ekstraksi tanaman *Andrographis paniculata*?

1.4. Hipotesis

1. Perpindahan massa internal hanya dikendalikan oleh difusi pori dan permukaan.
2. Perpindahan massa eksternal terjadi secara konvektif.
3. *Sequential pore and surface diffusion model* dapat digunakan dalam memodelkan kinetika ekstraksi *Andrographis paniculata* apabila porositas padatan diketahui.

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh pemodelan yang valid untuk mewakili kinetika ekstraksi *andrographolide* dari *andrographis paniculata* secara *batch*.
2. Melakukan simulasi menggunakan *Sequential Pore and Surface Diffusion Model* untuk memprediksi kinetika ekstraksi pada berbagai kondisi.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Manfaat bagi mahasiswa dan ilmuan
 1. Menambah wawasan tentang pemodelan *Sequential Pore and Surface Diffusion Model*
 2. Mengetahui pemodelan yang sesuai untuk kinetika ekstraksi *andrographolide* dari *Andrographis paniculata* secara *batch*
 3. Mampu memprediksikan kinetika esktraksi *andrographolide* pada kondisi yang diprediksikan

4. Mengetahui cara-cara diskretisasi untuk menyelesaikan persamaan model-model yang digunakan.
2. Manfaat bagi masyarakat
 1. Meningkatkan daya guna tanaman *Andrographis paniculata*
 2. Memperkenalkan obat alternatif untuk anti malaria
3. Manfaat bagi industri
 1. Memperoleh pemodelan yang sesuai untuk digunakan sebagai prediksi dan perancangan proses ekstraksi skala industri