



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN PARAMETER HIDRODINAMIKA
PADA FOTOBIOREAKTOR KOLOM GELEMBUNG
SEBAGAI BASIS *SCALE UP* PRODUKSI BIOMASSA
MIKROALGA *CHLORELLA VULGARIS* BUITENZORG**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar master

**NITA ANGGREANI
NPM. 0706174051**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER TEKNIK KIMIA
KEKHUSUSAN PERANCANGAN PROSES DAN PRODUK KIMIA
DEPOK
JULI 2009**

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini dengan sebenarnya menyatakan bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Indonesia.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan Plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang dijatuhkan oleh Universitas Indonesia kepada saya.




Depok,

Nita Anggreani

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Nita Anggreani
NPM : 0706174051
Tanda Tangan : 
Tanggal : 14 Juli 2009




LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Nita Anggreani
NPM : 0706174051
Program Studi : Magister Teknik Kimia
Judul Skripsi : Penentuan Parameter Hidrodinamika Pada Fotobioreaktor Kolom Gelembung Sebagai Basis *Scale Up* Produksi Biomassa *Chlorella vulgaris* Buitenzorg

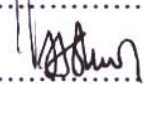
Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Kimia pada Program Studi Perancangan Proses dan Produk Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Anondho Wijanarko, M.Eng (.....) 

Pembimbing II: Ir. Dianursanti, M.T (.....) 

Penguji : Dr. Ir. Setijo Bisma, DEA (.....) 

Penguji : Dr. Ir. Heri Hermansyah, M.Eng (.....) 

Ditetapkan : Depok

Tanggal : 6 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhana wa ta'ala yang telah memberikan berkat rahmat dan hikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul **“Penentuan Parameter Hidrodinamika Pada Fotobioreaktor Kolom Gelembung Sebagai Basis *Scale Up* Produksi Biomassa Mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzorg”**.

Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar master di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ir. Anondho Wijanarko, M.Eng selaku pembimbing pertama dan Ibu Ir. Dianursanti, MT selaku pembimbing kedua yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan selama proses penelitian dan penyusunan laporan ini. Selain itu juga, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTUI .
2. Bapak Dr.Ir.Setjo Bismo dan Dr.Ir. Heri Hermansyah,M.Eng selaku penguji sidang tesis yang telah banyak memberikan masukan dan tanggapan kritis terhadap penelitian ini.
3. Bapak Jajat Sudrajat, Mang Ijal, Mas Eko dan Saudari Fita sebagai teknisi laboratorium yang telah banyak membantu dalam penyediaan segala peralatan dan bahan penelitian.
4. Suami tercinta, Andik Sugio Basuki, yang telah banyak mendukung dan membantu dalam proses penelitian ini.
5. Saudari Tarryn, Isnaeni dkk yang telah bersama-sama bekerja dalam penelitian di laboratorium Rekayasa Bioproses
6. Mbak Latifa, Yusnita, Yuli, dan teman-teman s2 Teknik Kimia lainnya.

Akhir kata penulis berharap agar tesis ini dapat berguna bagi kita semua khususnya kalangan civitas akademika dan lembaga penelitian.

Depok, Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nita Anggreani
NPM : 0706174051
Program Studi : Perancangan Proses dan Produk Kimia
Departemen : Teknik Kimia
Jenis Karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyukai untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Penentuan Parameter Hidrodinamika Pada Fotobioreaktor Kolom Gelembung Sebagai Basis *Scale Up* Produksi Biomassa Mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzorg

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Departemen Teknik Kimia
Pada Tanggal : 14 Juli 2009

Yang menyatakan



(Nita Anggreani)

ABSTRAK

Nama : Nita Anggreani
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : **Penentuan Parameter Hidrodinamika Pada Fotobioreaktor Kolom Gelembung Sebagai Basis Scale Up Produksi Biomassa Mikroalga *Chlorella vulgaris* Buitenzorg**

Hidrodinamika merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Dua parameter hidrodinamika yaitu kecepatan superficial (U_G) dan *Retention Time Distribution* (RTD) setelah direview dari hasil penelitian sebelumnya, tidak dapat digunakan sebagai basis *scale up*. Dua parameter lainnya yaitu *gas holdup* (ϵ) dan koefisien perpindahan massa (k_{La}) diujicobakan. Pada kondisi operasi iso- ϵ dan iso- k_{La} terhadap acuan, pengujian produksi biomassa *Chlorella vulgaris* Buitenzorg dilakukan pada volume 18 L (acuan) dan 40 L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan pada kondisi iso- ϵ relatif paling sama dengan acuan. Parameter *gas holdup* (ϵ) merupakan parameter hidrodinamika yang bisa menjadi basis *scale up*.

Kata Kunci : hidrodinamika, *scale up*, *Chlorella vulgaris* Buitenzorg

ABSTRACT

Name : Nita Anggreani
Study Program : Chemical Engineering
Title : **Determining of Hydrodynamic Parameter In Bubble Column Photobioreactor As Scale up Basis of *Chlorella vulgaris* Buitenzorg Biomass Production**

Hydrodynamic is one factor that influences microalgae growth. Two hydrodynamic parameter, superficial velocity (U_G) and Retention Time Distribution (RTD), after reviewed from the last research, they can't used as scale up basis. Another parameter, gas holdup (ϵ) and mass transfer coefficient (k_{La}), trial tested then. In operation condition which iso- ϵ and iso- k_{La} respect to reference, a test of *Chlorella vulgaris* Buitenzorg biomass production has been done in two reactor volume, 18 L (reference) and 40 L. The result shows that the microalgae growth in iso- ϵ condition is more similar relatively with the reference. It's mean that gas holdup (ϵ) parameter can be used as scale up basis.

Key word: hydrodynamic, scale up, *Chlorella vulgaris* Buitenzorg

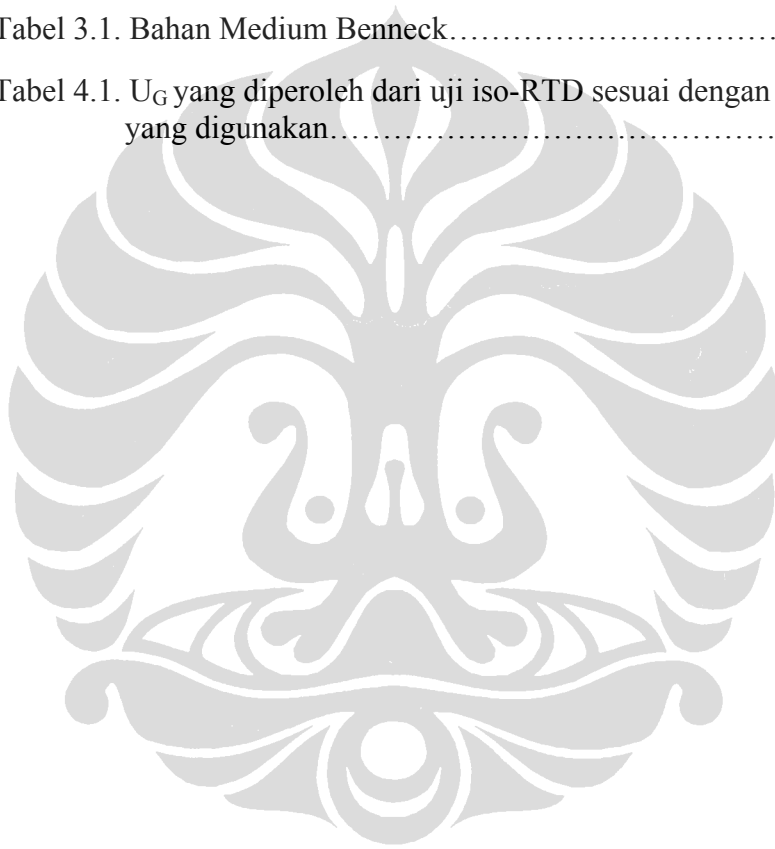
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	
DAFTAR NOTASI.....	
DAFTAR ISTILAH.....	
BAB I. PENDAHULUAN.....	6
1.1. Latar Belakang.....	6
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan Penelitian.....	7
1.4. Manfaat Penelitian.....	7
1.5. Batasan Masalah.....	
1.6. Sistematika Penulisan.....	9
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1. Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> Buitenzorg.....	11
2.2. Kandungan Essensial Dalam Sel <i>Chlorella vulgaris</i> Buitenzorg.....	12
2.3. Fotosintesis.....	12
2.3.1. Reaksi Terang.....	14
2.3.2. Reaksi Gelap (Siklus Calvin).....	
2.4. Pertumbuhan dan Perkembangan Sel <i>Chlorella</i>	17
2.5. Fotobioreaktor Untuk Kultivasi Mikroalga.....	
2.5.1. Jenis-jenis Fotobioreaktor.....	19
2.5.2. Kondisi Operasi yang Mempengaruhi Mikroalga dalam Fotobioreaktor.....	20
2.6. Hidrodinamika Aliran Dalam Fotobioreaktor Kolom Gelembung dan Efeknya Pada Mikroalga.....	21
2.6.1. <i>Gas Holdup</i>	22
2.6.2. Koefisien Perpindahan Massa ($k_L a$).....	
BAB III. METODE PENELITIAN.....	30
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	30
3.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	30
3.3.1. Bahan Penelitian.....	31
3.3.2. Alat Penelitian.....	32
3.3. Variabel Penelitian.....	32

3.4. Prosedur Penelitian.....	34
3.4.1. Tahap Persiapan.....	35
3.4.2. Tahap Pre-culture.....	36
3.4.3. Tahap Penelitian.....	36
3.4.4. Pengambilan Data.....	
3.4.5. Pengolahan Data.....	
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1. Evaluasi Hasil Iso- U_G dan Iso-RTD	41
4.1.1. Iso- U_G	41
4.1.2. Iso-RTD.....	42
4.2. Pengembangan Parameter Iso- ϵ dan Iso- k_{La}	43
4.2.1. <i>Gas holdup</i> (ϵ).....	43
4.2.2. Koefisien Perpindahan Massa (K_{La}).....	45
4.3. Pengujian Iso- ϵ dan Iso- k_{La} Pada Produksi Mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> Buitenzorg.....	47
4.3.1. Hasil Produksi Biomassa <i>Chlorella vulgaris</i> Buitenzorg....	48
4.3.2. Energi Cahaya yang Digunakan Selama Produksi Biomassa <i>Chlorella vulgaris</i> Buitenzorg.....	50
4.3.3. Kandungan [HCO_3^-] dalam Medium Kultur.....	52
4.4. Model Scale Up dengan Menggunakan Parameter Hidrodinamika	53
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
1.1. Kesimpulan.....	56
1.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	61
LAMPIRAN A. DATA UJI HIDRODINAMIKA.....	61
LAMPIRAN B. KURVA KALIBRASI.....	82
LAMPIRAN C. MENENTUKAN α KACA.....	83
LAMPIRAN D. DATA YANG DIAMBIL.....	84
LAMPIRAN E. DATA PERTUMBUHAN, HCO_3^- dan I_t	105
LAMPIRAN F. ENERGI CAHAYA.....	108

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 <i>Road map</i> penelitian tentang produksi biomassa mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> Buitenzorg di Laboratorium Rekayasa Bioproses Universitas Indonesia	3
Tabel 2.1 Penelitian tentang <i>gas holdup</i> (ϵ) dan koefisien perpindahan massa ($k_L a$).....	5
Tabel 2.1. Perbandingan Antara Beberapa Sistem Kultivasi Mikroalga.....	18
Tabel 3.1. Bahan Medium Benneck.....	34
Tabel 4.1. U_G yang diperoleh dari uji iso-RTD sesuai dengan volume air yang digunakan.....	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk Sel <i>Chlorella</i> . sp.....	9
Gambar 2.2. Reaksi Terang dan Gelap Fotosintesis.....	14
Gambar 2.3. Kurva pertumbuhan mikroalga <i>Chlorella</i> sp. pada medium terbatas.....	15
Gambar 2.4. Proses perpindahan massa dari gelembung gas ke sel.....	23
Gambar 2.5. Gradien konsentrasi untuk perpindahan massa gas-cairan.....	24
Gambar 2.6. Evaluasi k_{La} menggunakan metode dinamik.....	27
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.....	29
Gambar 3.2. Rangkaian peralatan penelitian.....	39
Gambar 3.3. Skema Proses.....	39
Gambar 4.1. Pengaruh kecepatan superfisial (U_G) terhadap <i>gas holdup</i> (ϵ) pada volume reaktor 18 L dan 40 L.....	43
Gambar 4.2. Efek kecepatan superfisial pada <i>gas hold up</i> pada sistem gas-udara.....	43
Gambar 4.3 Pengaruh kecepatan superfisial (U_G) terhadap koefisien perpindahan massa (k_{La}) pada dua volume reaktor yang berbeda	45
Gambar 4.4. Perbandingan hasil berat kering dan pertumbuhan mikroalga <i>Chlorella vulgaris</i> Buitenzorg pada operasi iso- ϵ dan iso- k_{La} di fotobioreaktor vol 18 L dan vol 40 L.....	48

DAFTAR NOTASI

ε	<i>Gas holdup</i>
E	Energi cahaya yang tersedia dalam kultivasi (J/kg)
E_x	Energi cahaya yang dimanfaatkan mikro alga untuk pertumbuhan (J/kg)
$[\text{HCO}_3^-]$	Konsentrasi bikarbonat dalam medium kultur (M)
I	Intensitas cahaya (W/m^2)
I_i dan I_T	Intensitas cahaya yang diterima dan ditransmisikan medium kultur (W/m^2)
k_{La}	Koefisien perpindahan massa (min^{-1})
μ	Laju pertumbuhan spesifik mikro alga (h^{-1})
μ_{\max}	Laju maksimum pertumbuhan mikro alga pada awal fasa logaritmik pertumbuhan (h^{-1})
η_{bp}	Efisiensi konersi energi cahaya untuk pertumbuhan (%)
N_{sel}	Kerapatan sel mikro alga
OD_{600}	Nilai <i>optical density</i> yang diukur pada 600 nm
pH	PH medium kultur
RTD	<i>Retention Time Distribution</i>
T	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
t	Waktu
U_G	kecepatan superfisial gas (m/h)
X	Kerapatan biomassa kering (g/dm^3)

DAFTAR ISTILAH

ATP	Adenosin tri fosfat
ADP	Adenosin di fosfat
Chlorofil	Pigmen hijau daun untuk penyerapan energi cahaya pada proses fotosintesa
DNA	Asam deoxiribo nukleat
<i>Gas holdup</i>	persen volume gas dalam dua atau tiga fase campuran dalam kolom
IR	Infra merah
Kecepatan superfisial	laju aliran volumetrik gas dibagi <i>cross-sectional area</i> dari fermenter
Koefisien perpindahan massa	koefisien perpindahan massa volumetrik gas yang terjadi di fasa cairan
<i>Pre-Culture</i>	Pengkondisian mikro alga hingga tercapai kondisi pertumbuhan eksponensial
<i>Retention Time Distribution</i>	rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh cairan (atau beberapa senyawa terlarut) komponen cairan untuk sampai pada semua bagian volume reaktor
Rubisco	Ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase
Strain	Jenis atau species mikro organisme
UV	Ultraviolet
VIS	Cahaya tampak