

TESIS
PEMODELAN HIDRODINAMIKA CAMPURAN
GLUKOSA-AIR DI DALAM FERMENTOR
DENGAN *CFD ANSYS FLUENT 2022 R2*

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



ALI Satria Wijaya
03012682024011

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023

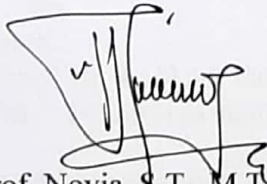
HALAMAN PENGESAHAN

PEMODELAN HIDRODINAMIKA CAMPURAN
GLUKOSA-AIR DI DALAM FERMENTOR
DENGAN CFD ANSYS FLUENT 2022 R2

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelara Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Palembang, Desember 2023
Menyetujui,
Pembimbing I



Prof. Novia, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197311052000032003

Pembimbing II



Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197808222002122001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 19670615 199512 1002

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Dr. Futi Irdah Sari, S.T., M.T.
NIP. 19750201 200012 2001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul "Pemodelan Hidrodinamika Campuran Glukosa-Air di dalam Fermentor dengan *CFD Ansys Fluent 2022 R2*" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 14 Desember 2023.

Palembang, Desember 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Laporan Tesis

Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
NIP. 195610241981032001



Anggota :

1. Prof. Dr. Ir. H.M. Faizal, DEA
NIP. 195805141984031001
2. Elda Melwita, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 197505112000122001
3. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198110312005011003



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 19670615 199512 1002

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 19750201 200012 2001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ali Satria Wijaya

NIM : 03012682024011

Judul : Pemodelan Hidrodinamika Campuran Glukosa-Air di dalam Fermentor dengan CFD Ansys Fluent 2022 R2

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Desember 2023
Yang Membuat Pernyataan,



Ali Satria Wijaya
NIM. 03012682024011

RINGKASAN

PEMODELAN HIDRODINAMIKA CAMPURAN GLUKOSA-AIR DI DALAM FERMENTOR DENGAN *CFD ANSYS FLUENT 2022 R2*

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, Desember 2023

Ali Satria Wijaya, Dibimbing oleh Prof. Novia, S.T., M.T., Ph.D dan Dr. Fitri Hadiyah, S.T., M.T., IPM

Hydrodynamic Modeling of A Glucose-Water Mixture In A Fermentor With *CFD Ansys Fluent 2022 R2*

xiii + 75 halaman, 9 Tabel, 27 Gambar

RINGKASAN

Fermentor merupakan peralatan yang digunakan dalam proses fermentasi untuk produksi bioetanol. Perkembangan teknologi komputasi telah memberikan kontribusi penting dalam memahami dan mengoptimalkan kinerja fermentor. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah Analisis *Computational Fluid Dynamics (CFD)*, yang memungkinkan simulasi numerik tentang aliran fluida dan transfer massa di dalam fermentor. Simulasi *CFD* pada fermentor dilakukan untuk meningkatkan pemahaman tentang perilaku aliran dan distribusi massa dalam sistem. Simulasi *CFD* mengintegrasikan persamaan Navier-Stokes untuk menggambarkan pergerakan fluida dan persamaan konservasi massa untuk memodelkan transfer massa selama fermentasi. Dalam penelitian ini, variasi bentuk pengaduk dan kecepatan pengaduk digunakan sebagai parameter yang diubah-ubah. Desain pengaduk *4-blade impeller* dan *6-Rushton Turbine* digunakan dalam penelitian ini dengan variasi pengadukan 20, 40, 60, 80, dan 100 rpm untuk melihat pengaruhnya terhadap aliran fluida dan transfer massa dalam fermentor. Selain itu juga dilakukan variasi dari rasio bahan baku glukosa – air 1:4 dan 2:3. Dengan menggunakan *CFD*, parameter penting seperti kecepatan aliran dan distribusi massa dapat dianalisa secara detail. Dalam studi ini, variasi geometri fermentor, konfigurasi impeller, kecepatan putaran, dan kondisi operasi lainnya dieksplorasi untuk mengoptimalkan kinerja fermentor. Selain itu, analisis *CFD* juga memungkinkan identifikasi daerah stagnasi atau daerah dengan kecepatan aliran yang rendah di dalam fermentor. Dari percobaan dan simulasi *CFD* yang telah dilakukan didapatkan variasi dari bentuk pengaduk dan kecepatan pengadukan yang paling optimal pada kondisi operasi kecepatan pengadukan 100 rpm dan rasio glukosa – air 1:4 menggunakan jenis pengaduk *4-blade impeller* yang ditinjau dari daya yang dibutuhkan, distribusi aliran fluida, dan waktu homogen dari campuran air – glukosa.

Kata kunci: *Computational Fluid Dynamics*; Fermentor; Glukosa; Kecepatan Pengadukan; Jenis Pengaduk; Bioetanol

Kepustakaan: 49 (1994-2023)

SUMMARY

HYDRODYNAMIC MODELING OF A GLUCOSE-WATER MIXTURE IN A FERMENTOR WITH CFD ANSYS FLUENT 2022 R2

Scientific paper in the form of Tesis, December 2023

Ali Satria Wijaya, Supervised by Prof. Novia, S.T., M.T., Ph.D and Dr. Fitri Hadiyah, S.T., M.T., IPM

Pemodelan Hidrodinamika Campuran Glukosa-Air di Dalam Fermentor dengan *CFD Ansys Fluent 2022 R2*

xiii + 75 Pages, 9 Tables, 27 Pictures

SUMMARY

A fermentor is a device used in the fermentation process for bioethanol production. The development of computational technology has contributed significantly to understanding and optimizing fermentor performance. One of the approaches used is Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis, which enables numerical simulations of fluid flow and mass transfer within the fermentor. CFD simulations on the fermentor are conducted to improve understanding of the system's flow behavior and mass distribution. The CFD simulations integrate the Navier-Stokes equations to depict fluid movement and the conservation of mass equation to model mass transfer during fermentation. In this study, variations in the shape and speed of the agitator are used as the adjustable parameters. Agitator designs such as the 4-blade impeller and 6-*Rushton Turbine* are employed in this research with agitator speeds of 20, 40, 60, and 100 rpm to observe their influence on fluid flow and mass transfer within the fermentor. Variations in the glucose-water feed ratio of 1:4 and 2:3 are also investigated. Critical parameters such as flow velocity and mass distribution can be interpreted in detail using CFD. This study explores variations in fermentor geometry, impeller configuration, rotation speed, and other operating conditions to optimize fermentor performance. Moreover, CFD analysis identifies stagnant regions or areas with low flow velocity within the fermentor. This information can be used to optimize fermentor design, including selecting agitator shape and speed to avoid stagnant areas. The experiments and CFD simulations determined optimal variations of agitator shape and agitator speed under operating conditions of 100 rpm and a 1:4 glucose-water ratio. The 4-blade impeller type was the most suitable based on power consumption, fluid flow distribution, and homogenization time of the water-glucose mixture.

Keywords: Computational Fluid Dynamics; Fermenter; Glucose; Mixing Speed; Type of Stirrer; Bioethanol

Citations: 49 (1994-2023)

KATA PENGANTAR

Segala Puji kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat, Nikmat dan Taufiknya, sehingga dapat diselesaikannya laporan tesis yang berjudul “Pemodelan Hidrodinamika Campuran Glukosa-Air di dalam Fermentor dengan *CFD Ansys Fluent 2022 R2*”.

Laporan tesis ini diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi pada Program Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam penyelesaian laporan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Dr. David Bahrin, S.T., M.T. Selaku Koordinator Prodi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Prof. Novia, S.T., M.T., Ph.D. Selaku Dosen Pembimbing I.
3. Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., IPM Selaku Dosen Pembimbing II.
4. Rekan-rekan yang banyak memberikan dorongan dan semangat.

Penulis berharap agar kedepan nya laporan tesis ini dapat bermanfaat dan menjadi ilmu pengetahuan terutama bagi jurusan Teknik Kimia. Untuk perkembangan dan kemajuan di masa depan, penulis berharap masukan dan saran nya untuk laporan tesis ini agar lebih baik lagi.

Palembang, Desember 2023

Penulis

Ali Satria Wijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Hipotesa.....	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Bioetanol	6
2.2 Proses Produksi Bioetanol.....	7
2.2.1 <i>Pre-Treatment</i>	8
2.2.2 Hidrolisis.....	10
2.2.3 Fermentasi.....	11
2.3 Biomassa untuk produksi bioethanol	13
2.3.1 Sumber dari Gula.....	13
2.3.2 Sumber pati	16
2.3.3 Biomassa Lignoselulosa	17
2.4 Bioreaktor	18
2.5 Tahapan Operasional dalam Bioproses	25

2.6	Proses pengadukan	26
2.6.1	Jenis Pengaduk.....	27
2.6.2	Pola Aliran dalam Tangki Berpengaduk.....	32
2.7	<i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	32
2.8	Pemodelan Multifase	36
2.9	Penelitian Terdahulu.....	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		40
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	40
3.2	Prosedur Pemodelan dan Simulasi <i>CFD</i>	40
3.3	Prosedur Eksperimental	44
3.4	Variabel Penelitian	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Tahap <i>Geometry</i>	47
4.2	Tahap <i>Meshing</i>	48
4.3	Tahap <i>Set Up</i> dan <i>Solution</i>	50
4.4	Pengaruh Bentuk Pengaduk terhadap Pola Aliran Fluida	52
4.5	Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada <i>Total Power</i>	56
4.6	Waktu Homogenitas	59
BAB V PENUTUP.....		68
5.1	Kesimpulan.....	68
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN.....		75

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Gambar Alat Penelitian.....	75

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia Etanol.....	7
Tabel 2.2 Komposisi yang terdapat di dalam molase	15
Tabel 2.3 Jenis-jenis Pengaduk.....	31
Tabel 3.1 Spesifikasi Mesh	41
Tabel 3.2 Data Bahan Baku	44
Tabel 3.3 Berbagai Kondisi Simulasi dan Eksperimen	46
Tabel 4.1 Perbandingan elemen <i>mesh</i> pada setiap jenis pengaduk.....	49
Tabel 4.2 Pengaruh jenis pengaduk dan kecepatan pengadukan terhadap <i>total power</i>	57
Tabel 4.3 Hasil <i>mixing time</i> simulasi & eksperimental pada berbagai kondisi	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Proses Produksi Bioetanol.....	8
Gambar 2.2 Diagram Skematis Produksi Bioetanol dari biomassa gula	16
Gambar 2.3 Produksi Bioetanol dari Lignoselulosa	18
Gambar 2.4 Jenis reaktor: a. <i>Reaktor Batch</i> , b. <i>Plug Flow Reactor</i> , c. Reaktor Aliran Campuran	19
Gambar 2.5 Pola Aliran Nonideal yang mungkin ada dalam peralatan proses.....	20
Gambar 2.6 Struktur Umum bioeraktor tipe tangki berpengaduk kontinyu	22
Gambar 2.7 (a). Desain Baffle standar (b). berbagai jenis pengaduk	29
Gambar 3.1 Geometri Tangki Fermentor.....	41
Gambar 3.2 Hasil <i>Meshing</i> Geometri Tangki Fermentor.....	41
Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Simulasi <i>CFD</i>	43
Gambar 4.1 Geometry dari tangki dengan jenis pengaduk <i>6-blade Rushton Turbine</i> dan <i>4-pitched blade</i>	47
Gambar 4.2 Hasil <i>meshing</i> dari fermentor dengan jenis pengaduk <i>4-pitched blade</i>	48
Gambar 4.3 Hasil <i>meshing</i> dari fermentor dengan jenis pengaduk <i>6-Rushton Turbine</i>	49
Gambar 4.4 Kontur konsentrasi pada setiap jenis pengaduk: (a) Jenis Pengaduk <i>4-Pitched Blade</i> ; (b) Jenis Pengaduk <i>6-Rushton Turbine</i>	51
Gambar 4.5 Profil Kecepatan aliran fluida (a); Vektor Kecepatan fluida (b) pada pengaduk <i>4-pitched blade</i>	52
Gambar 4.6 Pola aliran pada pengaduk <i>6-Rushton Turbine blade</i>	53
Gambar 4.7 Distribusi konsentrasi aliran fluida pada fermentor dengan tipe pengaduk <i>4-pitched blade</i> , rasio glukosa-air 1:4 dan kecepatan putar 100 RPM: (a) secara eksperimental; dan (b) simulasi <i>CFD</i>	54
Gambar 4.8 Distribusi konsentrasi aliran fluida pada fermentor dengan tipe pengaduk <i>6-Rushton Turbine</i> , rasio glukosa-air 1:4 dan kecepatan putar 100 rpm: (a) secara eksperimental; dan (b) simulasi <i>CFD</i>	55
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Kecepatan Pengadukan terhadap <i>Total Power</i> (W)	58

Gambar 4.10 Perbandingan kondisi pada rentang waktu antara simulasi dan eksperimen untuk pengaduk <i>4-pitched blade</i> dengan rasio 1:4	60
Gambar 4.11 Perbandingan kondisi pada rentang waktu antara simulasi dan eksperimen untuk pengaduk <i>4-pitched blade</i> dengan rasio 2:3	61
Gambar 4.12 Perbandingan kondisi pada rentang waktu antara simulasi dan eksperimen untuk pengaduk <i>6-Rushton Turbine</i> dengan rasio 1:4	62
Gambar 4.13 Perbandingan kondisi pada rentang waktu antara simulasi dan eksperimen untuk pengaduk <i>6-Rushton Turbine</i> dengan rasio 2:3	63
Gambar 4.14 Grafik Pengaruh Kecepatan, Jenis Pengaduk dan Rasio 1:4 terhadap Waktu homogen	65
Gambar 4.15 Grafik Pengaruh Kecepatan, Jenis Pengaduk dan Rasio 2:3 terhadap Waktu homogen	66
Gambar A.1 Alat Fermentor Eksperimental	75
Gambar A.2 Bahan Baku: (a) Sirup Glukosa; (b) Natrium Tiosulfat; (c) Iodin	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isu utama dunia saat ini adalah energi dan lingkungan. Semakin meningkatnya permintaan energi selaras dengan semakin langkanya sumber energi yang ada saat ini. Pemakaian bahan bakar fosil menyebabkan pemanasan global, perubahan iklim, kenaikan permukaan laut, kehilangan keanekaragaman hayati, dan polusi di kota-kota. Ketergantungan akan konsumsi bahan bakar minyak (BBM) masih menjadi permasalahan utama dalam ketersediaan sumber energi. Pandemi COVID-19 membuat konsumsi BBM Pertamina menurun pada tahun 2020. Namun, pada tahun 2021, konsumsi kembali meningkat menjadi 23 juta kiloliter. Sementara untuk jumlah konsumsi bahan bakar pertamax pada tahun 2020 - 2021 naik dari semula 4,06 juta kiloliter menjadi 5,71 juta kiloliter (ESDM, 2022). Naiknya konsumsi masyarakat akan BBM berdampak pada cadangan minyak di Indonesia. Menurut data yang dikumpulkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, cadangan minyak Indonesia sebesar 3,95 miliar barel pada tahun 2021. Angka ini menurun dari tahun sebelumnya sebesar 4,17 miliar barel (ESDM, 2021). Dari angka tersebut maka diperlukan adanya suatu energi alternatif yang dapat diperbaharui dan juga ramah lingkungan. Bioetanol adalah sumber energi yang menjanjikan yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar cair yang berasal dari bahan baku yang terbarukan, ramah lingkungan, dan menguntungkan secara ekonomi. (Junuansyah dan Chairul, 2015).

Berbagai jenis tanaman yang mengandung pati merupakan sumber karbohidrat yang dapat digunakan. Pada reaksi hidrolisis terjadi konversi dari pati menjadi gula monomer/glukosa. Glukosa tersebut dikonversi menjadi etanol dengan bantuan mikroorganisme melalui penambahan ragi atau *yeast* dalam proses fermentasi (Wusnah dkk, 2019). Karena reaksi hidrolisis berlangsung lambat, katalis sering digunakan untuk mempercepat reaksi hidrolisis agar suatu senyawa dapat terpecah. Katalis asam, seperti HCl atau H₂SO₄, dapat digunakan dalam reaksi hidrolisis pati (Murniati dkk, 2018). Proses pembentukan etanol terjadi karena Fermentasi secara

anaerob atau tanpa oksigen. Aktivitas mikroorganisme menyebabkan perubahan kimia selama proses fermentasi, yang melibatkan pemisahan substrat untuk pertumbuhan dan metabolisme mikroorganisme untuk memperoleh energi (Salsabila dkk, 2013). Ragi digunakan untuk proses fermentasi. Ragi didefinisikan sebagai jamur *Ascomycetous* atau *Basidiomycetous* yang mampu berkembang biak dengan tunas atau pembelahan dan membentuk spora yang tidak tertutup dalam tubuh buah. Karena ragi *Saccharomyces Cerevisiae* tidak membutuhkan sinar matahari untuk berkembang biak sehingga cocok untuk produktivitas produksi bioetanol dari gula (Mohd Azhar dkk, 2017).

Banyak upaya telah dilakukan untuk meningkatkan hasil produksi bioetanol, seperti optimalisasi proses distilasi dan peningkatan efisiensi fermentasi dengan menggunakan *immobilized yeast*. Pengadukan bahan baku diharapkan dapat meningkatkan efisiensi fermentasi. Pencampuran yang optimal menyebabkan ragi terdistribusi secara merata di dalam fermentor sehingga kontakannya maksimal yang membuat reaksi fermentasi menjadi efisien. Perhitungan secara komputasi lebih efisien dan ekonomis untuk mempelajari pengaruh proses pencampuran dalam sistem skala industri (Madhania dkk, 2019). Menurut penelitian (Salsabila, 2013), *Saccharomyces cerevisiae* mengonsumsi glukosa selama proses fermentasi. Oleh karena itu, kadar glukosa dapat berkurang seiring waktu fermentasi bertambah. Penelitian terkait peningkatan hasil produksi bioetanol telah banyak dilakukan. Salah satu metode yang dapat mempermudah dan tidak memakan waktu banyak menggunakan *CFD* yaitu simulasi perangkat lunak komputer.

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah suatu sistem yang menggunakan simulasi komputer untuk mempelajari aliran dari fluida, fenomena transfer panas, dan fenomena lain seperti *chemical reaction*. *CFD* dapat menjadi lebih efisien pada pengaturan konfigurasi, dimensi, sifat fluida dan *impeller*. Pada penelitian (Krisunarya, 2017) telah dilakukan pemodelan menggunakan tangki silinder dengan bagian dasar kerucut yang meninjau karakteristik hidrodinamika menggunakan *CFD* pada pencampuran molase dan air dengan variasi kecepatan pengaduk 275 – 1300 rpm. Pola aliran dan waktu pencampuran yang berbeda dihasilkan oleh perbedaan kecepatan pengadukan. Meningkatkan laju pengadukan pada *impeller* maka akan mempercepat keadaan homogen tercapai. Pemodelan

CFD aliran di dalam bioreaktor didalam penelitian (Gois & Jr, 2011) menggambarkan bagaimana pola aliran fluida, mengoptimalkan struktur dari bioreaktor, dan meningkatkan efisiensi dari bioreaktor dengan mengontrol kecepatan. Pemodelan *CFD* juga digunakan pada penelitian (Madhania dkk, 2019) yang mempelajari perilaku pencampuran molase – air di dalam fermentor bioetanol dengan metode visualisasi sederhana meliputi karakteristik reologi dan studi komputasi dalam menganalisa fenomena turbulensi menggunakan *CFD*.

Penelitian tentang “pemodelan hidrodinamika campuran glukosa-air di dalam fermentor” pada kecepatan pengadukan yang rendah berkisar dari 20 – 100 rpm, dan pada jenis pengaduk tipe *blade* dan *rushton* turbin, belum pernah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memodelkan karakteristik hidrodinamika meliputi kontur konsentrasi di dalam tangki, kecepatan pengadukan, pola aliran, dan waktu pengadukan fermentor bioetanol menggunakan *CFD Ansys Fluent 2022 R2*, karena informasi mengenai karakteristik hidrodinamika fermentor bioetanol masih sangat sedikit sekali.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan dari penelitian ini adalah:

- 1) Bagaimana pengaruh rasio glukosa-air terhadap karakteristik hidrodinamika fermentor?
- 2) Bagaimana pengaruh kecepatan pengadukan dan lamanya waktu pengadukan terhadap karakteristik hidrodinamika fermentor?
- 3) Bagaimana pengaruh perbedaan bentuk pengaduk terhadap karakteristik hidrodinamika fermentor?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh dari rasio glukosa-air terhadap karakteristik hidrodinamika fermentor.
- 2) Untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh dari kecepatan pengadukan dan lamanya waktu pengadukan terhadap karakteristik hidrodinamika fermentor.
- 3) Untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh dari perbedaan bentuk pengaduk terhadap karakteristik hidrodinamika fermentor.
- 4) Menganalisa dan memvalidasi data simulasi dengan data eksperimental.

1.4 Hipotesa

- 1) Rasio konsentrasi glukosa dan air dapat meningkatkan viskositas yang akan mempengaruhi karakteristik hidrodinamika fermentor.
- 2) Semakin cepat pengadukan akan mempercepat homogenisasi dan reaksi antara bahan baku.
- 3) Jenis pengaduk mempengaruhi aliran yang dihasilkan pada fermentor. Jenis pengaduk yang menghasilkan pola aliran terbaik adalah *4-pitched blade*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

- 1) Dalam Penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah glukosa dan air.
- 2) Variabel penelitian adalah konsentrasi glukosa, variasi kecepatan pengadukan, lama waktu pengadukan, dan bentuk pengaduk yang digunakan.

- 3) Validasi data dari pemodelan dan simulasi dilakukan dalam skala laboratorium di Laboratorium Simulasi Proses dan Perancangan Pabrik Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat setelah dilakukan penelitian adalah:

- a. Aspek teoritis

Manfaat secara teoritis yaitu penelitian ini dapat menjadi sebuah ilmu pengetahuan dalam kemajuan optimasi energi terhadap pemodelan dan simulasi hidrodinamika pada proses produksi bioetanol.

- b. Aspek praktis

Hasil penelitian ini diharapkan akan membuka peluang untuk pengembangan dalam proses produksi bioetanol baik oleh pemerintah maupun pihak yang akan memanfaatkan energi bioetanol sebagai energi alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditiya, H. B., Mahlia, T. M. I., Chong, W. T., Nur, H., & Sebayang, A. H. (2016). Second generation bioethanol production: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *66*, 631–653.
- Amru, K. (2015). Pengaruh Jenis Pengaduk Dan Waktu Fermentasi Terhadap Fermentasi Nira Nipah Menjadi Bioetanol Menggunakan Yeast *Saccharomyces Cereviceae*. *Jom FTEKNIK*, *115*(4), 378–380. <https://doi.org/10.3950/jibiinkoka.115.378>
- Aprilia Yasinta Retnaningtyas, E. al. (2020). Studi Awal Proses Fermentasi Pada Desain Pabrik Bioethanol dari Molases. *Teknik ITS*, *6*(1), 123–126.
- Astuti, Y. (2015). *Pembuatan Bioetanol Dari Nira Aren Menggunakan Proses Fermentasi Dengan Variasi Kecepatan Pengadukan Dan Waktu Fermentasi*. 4–5.
- Barabash, V. M., Abiev, R. S., & Kulov, N. N. (2018). Theory and Practice of Mixing: A Review. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, *52*(4), 473–487. <https://doi.org/10.1134/S004057951804036X>
- Bujalski, W., Jaworski, Z., & Nienow, A. W. (2002). Rushton Turbines — Comparison With Experimental Results Part II: The Multiple Reference Frame *. *Chemical Engineering Research & Design*, *80*(January), 97–104.
- Cahyani, A. B., & Carolina. (2016). Simulasi Pencampuran Molasses dan Air pada Tangki Konis. *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Chang, Y. H., Chang, K. S., Chen, C. Y., Hsu, C. L., Chang, T. C., & Jang, H. Der. (2018). Enhancement of the efficiency of bioethanol production by *Saccharomyces cerevisiae* via gradually batch-wise and fed-batch increasing the glucose concentration. *Fermentation*, *4*(2).
- Conti, F., Wiedemann, L., Sonnleitner, M., Saidi, A., & Goldbrunner, M. (2019). Monitoring the mixing of an artificial model substrate in a scale-down laboratory digester. *Renewable Energy*, *132*, 351–362.

- ESDM. (2021). Handbook Energy & Economic Statistics Indonesia. *Ministry of Energy and Mineral Resources Republic of Indonesia*, 23–26. <https://www.esdm.go.id/en/publication/handbook-of-energy-economic-statistics-of-indonesia-heesi>
- ESDM. (2022). *Konsumsi Peralite Capai 23 Juta KL, Paling Banyak Digunakan Masyarakat*. <https://migas.esdm.go.id/post/read/konsumsi-pertalite-capai-23-juta-kl-paling-banyak-digunakan-masyarakat>
- Goh, C. S., Tan, K. T., Lee, K. T., & Bhatia, S. (2010). Bio-ethanol from lignocellulose: Status, perspectives and challenges in Malaysia. *Bioresource Technology*, *101*(13), 4834–4841.
- Gois, E. R. C., & Jr, P. S. (2011). Design Optimization of a Bioreactor for Ethanol Production Using CFD Simulation and Genetic Algorithms. In *WIT Transactions on Engineering Sciences* (Vol. 130).
- Huang, J., Khan, M. T., Perecin, D., Coelho, S. T., & Zhang, M. (2020). Sugarcane for bioethanol production: Potential of bagasse in Chinese perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *133*(August), 110296. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110296>
- Jaworski, Z., Bujalski, W., Otomo, N., & Nienow, A. W. (2000). CFD study of homogenization with dual rushton turbines - comparison with experimental results, Part I: Initial Studies. *Chemical Engineering Research and Design*, *78*(April), 327–333.
- Jenish, I., Appadurai, M., & Irudaya Raj, E. F. (2021). CFD Analysis of Modified Rushton Turbine Impeller. *International Journal of Science and Management Studies (IJSMS)*, *June*, 8–13. <https://doi.org/10.51386/25815946/ijms-v4i3p102>
- Junuansyah, M. W. D., & Chairul. (2015). Pengaruh Jenis Pengaduk Dan Waktu Fermentasi Pada Pembuatan Bioetanol Dari Sari Nenas Reject. *Jom Fteknik*, *58*(12), 7250–7257.

- Kartini, A. M., & Dhokhikah, Y. (2018). Bioethanol Production from Sugarcane Molasses with Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) Method using *Saccaromyces cerevisiae*-*Pichia stipitis* Consortium. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 207(1).
- Kirk-Othmer. (1998). *Encyclopedia of Chemical Technology*.
- Krisunarya, A. A. (2017). Simulasi CFD Karakteristik Hidrodinamika Fermentor Bioetanol. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Lestari, P. P. (2019). Pembuatan Etanol Dari Pati Jagung. *Saintek ITM*, 31(2). <https://doi.org/10.37369/si.v31i2.32>
- Levenspiel, O. (1999). Chemical reaction engineering. In *The Engineering Handbook, Second Edition*. <https://doi.org/10.1201/9781420087567-13>
- Li, Y., Cao, X., Geng, Z., & Zhang, M. (2018). A novel quasi plug-flow reactor design for enzymatic hydrolysis of cellulose using rheology experiment and CFD simulation. *Canadian Journal of Chemical Engineering*, 96(3), 770–778. <https://doi.org/10.1002/cjce.22963>
- Madhania, S., Muharam, Y., Winardi, S., & Purwanto, W. W. (2019). Mechanism of molasses–water mixing behavior in bioethanol fermenter. Experiments and CFD modeling. *Energy Reports*, 5, 454–461.
- Mamudu, A. O., & Olukanmi, T. (2019). Effects of chemical and biological pretreatment method on sugarcane bagasse for bioethanol production. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(1), 2613–2623.
- Mohd Azhar, S. H., Abdulla, R., Jambo, S. A., Marbawi, H., Gansau, J. A., Mohd Faik, A. A., & Rodrigues, K. F. (2017). Yeasts in sustainable bioethanol production: A review. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 10(November 2016), 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2017.03.003>
- Moilanen, P., Laakkonen, M., & Aittamaa, J. (2005). Modelling fermenters with CFD. *Computer Aided Chemical Engineering*, 20(C), 709–714.

- Murniati, M., Handayani, S. S., & Risfianty, D. K. (2018). Bioetanol Dari Limbah Biji Durian (*Durio zibethinus*). *Jurnal Pijar Mipa*, 13(2), 155. <https://doi.org/10.29303/jpm.v13i2.761>
- Novia, N., Hardian, J., Osman, R. S., Kasmiarti, G., Hasanudin, H., & Hermansyah, H. (2023). Hydrodynamics Analysis of Mixing Process in Fermenter. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 109(1), 71–90. <https://doi.org/10.37934/arfmts.109.1.7190>
- Osvaldo, Z. S., S, P. P., & Faizal, M. (2012). Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(2), 52–62.
- Pessoa, D. R., Finkler, A. T. J., Machado, A. V. L., Mitchell, D. A., & de Lima Luz, L. F. (2019). CFD simulation of a packed-bed solid-state fermentation bioreactor. *Applied Mathematical Modelling*, 70, 439–458.
- Pharma Calculations. (2022). *Types of Agitators, Agitator's Design and Significance - Pharma Engineering*.
- Prasetyo, B. H., Rubiono, G., & Suryadhianto, U. (2020). Pengaruh Jumlah Sudu Pengaduk Terhadap Pola Pencampuran dan Konsumsi Daya Listrik pada Mixer Vertikal. *Jurnal V-Mac*, 5(1), 9–12.
- Raharja, R., Murdiyatmo, U., Sutrisno, A., & Wardani, A. K. (2019). Bioethanol production from sugarcane molasses by instant dry yeast. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 230(1).
- Rajavathsavai, D. (2012). *Study of Hydrodynamic and Mixing Behaviour of Continuous Stirred Tank Reactor Using CFD Tools*. January.
- Sadimo, M. M., Said, I., & Mustapa, K. (2017). Pembuatan Bioetanol Dari Pati Umbi Talas (*Colocasia esculenta* [L] Schott) Melalui Hidrolisis Asam dan Fermentasi. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2), 79.
- Salsabila, U., Mardiana, D., & Indahyanti, D. E. (2013). Kinetika Reaksi Fermentasi Glukosa Hasil Hidrolisis Pati Biji Durian Menjadi Etanol. *Universitas Brawijaya Malang*, 2(1), 331–337.

- Samuel J. Ling, T., Jeff Sanny, L., & Moebs, W. (2016). University Physics Volume 2. In *OpenStax* (Vol. 4, Issue 1).
- Shu, L., Yang, M., Zhao, H., Li, T., Yang, L., Zou, X., & Li, Y. (2019). Process optimization in a stirred tank bioreactor based on CFD-Taguchi method: A case study. *Journal of Cleaner Production*, 230, 1074–1084.
- Susilo, N., & Anggraini, S. P. A. (2019). Pra Rancang Bangun Bioetanol Dari Nira Aren Dengan Kapasitas 1.438. 269 Liter/Tahun Dengan Alat Utama Fermentor. *EUREKA: Jurnal Penelitian Teknik ...*, 2(2), 259–264. <https://publikasi.unitri.ac.id/index.php/teknik/article/view/2078>
- Taghavi, M., Zadghaffari, R., Moghaddas, J., & Moghaddas, Y. (2011). Experimental and CFD investigation of power consumption in a dual Rushton turbine stirred tank. *Chemical Engineering Research and Design*, 89(3), 280–290. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2010.07.006>
- Taherzadeh, M. J., & Karimi, K. (2007). Enzyme-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: A review. In *BioResources* (Vol. 2, Issue 4).
- Tiow, V. A., Malago, J. D., Fisika, J., Matematika, F., & Alam, P. (2015). Penerapan Persamaan Navier-Stokes Untuk Kasus Aliran Fluida Laminer Pada Pipa Tidak Horizontal. *Jurnal Sainsmat*, IV(1), 51–56.
- Toharisman, A, H. S. (1999). *Mutu bahan baku dan preparasi medium. Dalam Pelatihan Teknologi Alkohol. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia.*
- Trovati, J., Giordano, R. C., & Giordano, R. L. C. (2009). Improving the performance of a continuous process for the production of ethanol from starch. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 156(1–3), 76–90.
- Um, B. H., & Hanley, T. R. (2008). A CFD model for predicting the flow patterns of viscous fluids in a bioreactor under various operating conditions. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 25(5), 1094–1102.

- Vučurović, V. M., Puškaš, V. S., & Miljić, U. D. (2019). Bioethanol production from sugar beet molasses and thick juice by free and immobilised *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of the Institute of Brewing*, *125*(1), 134–142. <https://doi.org/10.1002/jib.536>
- Wusnah, W., Bahri, S., & Hartono, D. (2019). Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* B.C) secara Fermentasi. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *8*(1), 48. <https://doi.org/10.29103/jtku.v8i1.1915>
- Wyman, C. E. (1994). Ethanol from lignocellulosic biomass: Technology, economics, and opportunities. *Bioresource Technology*, *50*(1), 3–15. [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(94\)90214-3](https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)90214-3)