



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Palembang Prabumulih KM 32 PalembangKab. Ogan Ilir 30662  
Telepon (0711) 580739, Faximile (0711) 580741 Pos El. [ftunsri@unsri.ac.id](mailto:ftunsri@unsri.ac.id)

---

SURAT TUGAS  
Nomor : 0302/UN9.FT/TU.ST/2022

Dekan Fakultas Teknik dengan ini memberikan tugas kepada Saudara-saudara yang namanya tersebut dalam Surat Tugas ini sebagai Pembimbing Riset/Penelitian Mahasiswa pada :

Fakultas : Teknik  
Jurusan/Prodi : Teknik Kimia Kampus Indralaya  
Semester : Genap 2021/2022

Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya dengan penuh tanggung jawab.

Dikeluarkan di : Indralaya  
Pada Tanggal : 3 Juni 2022

Dekan,

Prof. Dr. Eng.Ir. H. Joni Arliansyah, MT  
NIP. 196706151995121002

Lampiran : Surat Tugas Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
 Nomor : 0302/UN9.FT/TU.ST/2022  
 Tanggal : 6 Januari 2022

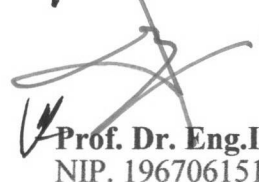
DAFTAR NAMA DOSEN PEMBIMBING RISET/PENELITIAN  
 JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
 KAMPUS INDRALAYA SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2021/2022

NO	NAMA	NIM	DOSEN PEMBIMBING
1	Andre Setiawan	03031181722009	Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
	Erika Sisilia	03031281722039	
2	Vania Riana Rumenta	03031181722020	Dr. Ir. H. Syaiful, DEA / Enggal Nurisman, ST, MT
3	Desi Naibaho	03031281823063	Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
4	Amanda Nabila Hasya	03031281823039	Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng
	Achmad Naufal Al-Ghifary	03031281823042	
5	Dino Dewantara	03031181823110	Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng
	HanimSyaqina	03031181823020	
6	BagasRafly Ramadhan	03031181823016	Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
	Dwi Rara Febriyana	03031281823034	
7	Satria Jaya Pratama	03031281823061	Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng
	Sherly Rahmadiani	03031181823003	
8	Arik Wahidin Putra	03031281823036	Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
	N. Aditya Harprian	03031281823055	
9	M. Fadhil AndreanFahleviAhmad	03031281823028	Dr. Ir. Hj. Susila Arita R., DEA
	Julianto	03031281823030	
10	Nadira Ken Khalisa	03031281823037	Dr. Tuti Indah Sari, ST, MT
	Reza RezitaMaisyaroh	03031281823041	
11	Jerry Hardian	03031281823049	Novia, ST, MT, Ph, D
	Richard Sepriyadi Osman	03031281823054	
12	Meta Pratiwi	03031181823116	Dr. Hj. Leily Nurul K., ST, MT
	SittiKholillah Sirajuddin	03031281823060	
13	YusidaAdetiaWarisya	03031281823033	Budi Santoso, ST, MT
14	Muhammad Najib	03031281823052	Selpiana, ST, MT
	Labib Muqoffa	03031181823014	
15	Meitasya	03031181823105	Dr. David Bahrin, ST, MT
	Resti Permata Bunda	03031181823115	
16	Tania Meilinda	03031181823019	Dr. David Bahrin, ST, MT
	Fajar Augusta	03031181823001	
17	Putri Midelin	03031181823026	PrahadySusmanto, ST, MT
	Sarah Khoirunnisa	03031181823006	
18	AnnisaQonitaErnas	03031281823027	AsyeniMiftahul Jannah, ST, M.Si
	Juicy LowiseTamba	03031381823072	
19	Muhammad LuthfiAlfayyadh	03031281924065	Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc

NO	NAMA	NIM	DOSEN PEMBIMBING
	RosidahZaatil Izzah	03031281924043	
20	Muhammad Ma'Aruf Al Fatih	03031181924007	Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS, Ph.D
	Agung Gunawan	03031181924019	
21	M RifqiApriansyah	03031181924003	Prof. Ir. Subriyer Nasir, MS, Ph.D
	Umi Sabariyah	03031181924125	
22	MatusDelfian	03031181924009	Prof. Dr. Ir. H. M. Djoni Bustan, M.Eng
	Valentino Zakaria Siagian	03031281924049	
23	Candra Ayu Purnamawati	03031181924012	Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
	Nurul Eka Fadhila	03031181924124	
24	BagasAsyhari	03031181924002	Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
25	Ericsson Caesar	'03031281924047	Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng
	M IrgiRafiansyah	03031281924122	
26	Redho Perdana Ts	03031281924127	Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
	RatnaNoer Mentari	03031181924008	
27	Muhammad FariqUmri	03031281924025	Dr. Ir. H. M. Faizal, DEA
	HabbibRachmanDwihardi	03031281924123	
28	KemasRanggaAlwiono	03031281924121	Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA
	Noveria Maharani	03031281924130	
29	BobiMahendra	03031281924045	Dr. Ir. Hj. Susila Arita R, DEA
	HegarTifalArofi	03031281924022	
30	HendryalIrdiansyah'	03031281924028	Prof. Tuty E. Agustina, ST.,MT, Ph.D
	Revalda Marcelina	03031181924017	
31	Syahrul R	03031281924032	Prof. Tuty E. Agustina, ST.,MT, Ph.D
	GilangPangestu	03031181924018	
32	Antika Sari	03031281924067	Novia, ST, MT, Ph.D
	UswatunHasanah	03031181924021	
33	AlifianAnggraArdiSonianto	03031281924052	Novia, ST, MT, Ph.D
	Ijlal Muhammad Ramadhan	03031181924006	
34	RizkyAlfarezy	03031181924118	Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
	Muhammad Hisyam Asadullah	03031281924058	
35	Umara Akbar	03031281924029	Dr. Tuti Indah Sari, ST, MT
	Tiara PuspitaPraja	03031281924033	
36	Tiara Kasih	03031181924092	Elda Melwita, ST., MT., Ph.D
	Rizal Hi Ahmad	030310819232	
37	Rafael Juvito Peter	03031281924048	Selpiana, ST, MT
	Muhammad DzakyAlfatih	03031281924044	
38	RahmadAlfakhri	'03031181924011	Dr. David Bahrin, ST, MT
	RizqyMulia Kusuma	03031281924026	
39	HuseinHadiwinata	03031281924042	Dr. Leily Nurul Komariah, ST., MT
	Royan Duta	03031281924050	
40	Nur Kemala Debi Lestari	'03031181924004	Dr. FitriHadihah, ST, MT
	MughniAyahanda Putri	03031181924015	
41	AndigaAsihAmbarwatiUtami	'03031181924013	Nina Haryani, ST., MT
	ElfridaRasyidahDesviImanda	03031281924034	

NO	NAMA	NIM	DOSEN PEMBIMBING
42	Mohamad Zaky Nugraha	03031181924005	Prahadi Susmanto, ST, MT
	Aulia Rahmani Putri	03031181924131	
43	Yulina Anjani'	03031281924063	Asyeni Miftahul Jannah, ST, M.Si
	Kania Salsabila	03031381924082	
44	Kha-Rizma Yudia Zannah	'03031281924023	Lia Cundari, ST.MT
	Ade Tiara	03031281924038	
45	Rizky Risno Santoso	'03031281924036	Budi Santoso, ST.MT
	M. Fahri Abdan Syakura	03031281924040	
46	Alya Dewi Pritania	'03031281924051	Enggal Nurisman, ST.MT
	Sonia Putri Lestari	03031281924129	
47	Tree Silvia Putri Minata	'03031281924035	Rahmatullah, ST.MT
	Shenia Meidina	03031281924056	
48	Fadhilah Rizki	03031281924068	Bazlina Dawami Afrah, ST. M.Eng
	Rizky Vasya Ramadhanty	03031181924014	
49	Mutiara Aiko Habsyari	'03031381924111	Riska Wulandari, ST.MT
	Shafira Tasya Aliyah	03031381924085	
50	Muhammad Ilham Fattullah	'03031281924031	M. Rendana, B.Sc, M.Sc, Ph.D
	Jimmy Aldian Maulana	03031281924037	

Dekan,



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, MT  
NIP. 196706151995121002

**ANALISIS KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA  
FERMENTOR BIOETANOL DENGAN ANSYS  
FLUENT 2021 R1**



**LAPORAN PENELITIAN**

**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti  
Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya**

**OLEH:**

**JERRY HARDIAN  
RICHARD SEPRIYADI OSMAN**

**03031281823049  
03031281823054**

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

# ANALISIS KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA FERMENTOR BIOETANOL DENGAN ANSYS FLUENT 2021 R1

## LAPORAN PENELITIAN

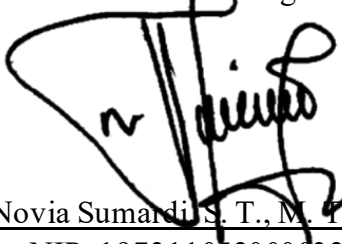
Sebagai salah satu syarat untuk mengikuti Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik  
Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

Jerry Hardian  
NIM 03031281823049  
Richard Sepriyadi Osman  
NIM 03031281823054

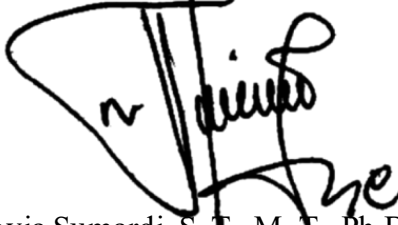
telah disetujui di Indralaya, tanggal 7 Juli 2022

Pembimbing



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

Mengetahui,  
Koordinator Penelitian Jurusan Teknik Kimia



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

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang betanda tangan dibawah ini:

Nama : Jerry Hardian

NIM : 03031281823049

Jurusan : Teknik Kimia (S1)

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian yang berjudul: “Analisis Karakteristik Hidrodinamika Fermentor Bioetanol dengan ANSYS FLUENT 2021 R1” benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain dirujuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa dalam penelitian ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Palembang, 20 Juli 2022

Pembuat Pernyataan,



Jerry Hardian

NIM. 03031281823049

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang betanda tangan dibawah ini:

Nama : Richard Sepriyadi Osman  
NIM : 03031281823054  
Jurusan : Teknik Kimia (S1)  
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penelitian yang berjudul: “Analisis Karakteristik Hidrodinamika Fermentor Bioetanol dengan ANSYS FLUENT 2021 R1” benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain dirujuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa dalam penelitian ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Palembang, 20 Juli 2022

Pembuat Pernyataan,



Richard Sepriyadi Osman

NIM. 03031281823054



## **KATA PENGANTAR**

Tim penulis hendak memanjatkan rasa puji dan syukur ke dalam hadirat Tuhan yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis mampu menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Analisis Karakteristik Hidrodinamika Fermentor Bioetanol dengan ANSYS FLUENT 2021 R1”. Laporan ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Secara umum, laporan ini berisikan mengenai latar belakang penelitian tim penulis, dasar teori yang mendukung penelitian, metodologi penelitian yang digunakan, dan hasil penelitian serta pembahasan oleh tim.

Tim peneliti juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam proses penyelesaian laporan ini. Ucapan terima kasih ingin tim peneliti sampaikan kepada pihak-pihak yang telah terlibat di dalam proses pembuatan laporan ini. Bantuan dan dukungan dari ketua dan sekretaris jurusan, dosen pembimbing, serta teman dan keluarga telah memberikan semangat kepada tim penulis untuk menyelesaikan laporan ini.

Tim peneliti telah berusaha semaksimal mungkin di dalam penulisan laporan ini dan tim laporan mohon maklum apabila terdapat kesalahan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca lainnya selain daripada tim peneliti.

Palembang, 7 Juli 2022

Penulis

## ABSTRACT

### CHARACTERISTICS ANALYSIS OF BIOETHANOL FERMENTOR HYDRODYNAMICS WITH ANSYS FLUENT 2021 R1

By

**JERRY HARDIAN (NIM 03031281823049)**  
**RICHARD SEPRIYADI OSMAN (NIM 03031281823054)**

The perfect mixing process ensures the ideal substrate conditions for microorganisms to live to produce ethanol in the fermenter. The critical factors that affect the mixing process are the agitation speed, baffle configuration, and the impeller type. The Computational Fluid Dynamics (CFD) software can make the study of fermenter hydrodynamics more convenient due to the cost savings of expensive apparatus, and less time-consuming. This study aimed to examine the hydrodynamic characteristics of a bioethanol fermenter using the ANSYS FLUENT 2021 R1 software, along with its validation. The hydrodynamics of the mixing process in the dual pitched blade impeller bioethanol fermenter in agitation speeds of 200, 400, 600, 800, and 1000 rpm, as well as the presence of baffles were observed by simulation and experimentally. The realizable *k-epsilon* turbulence model and the Eulerian mixture multiphase model were used in this CFD simulation. The simulation results compared to validation were relatively close with similar flow patterns and low mixing time error, which is 7.9% in average. It can be concluded that the higher the agitation speed, the higher the torque, power, and shear stress values obtained and the lower the mixing time. Faster mixing time was obtained in fermenters with no baffle configuration.

**Keywords:** Ansys Fluent; Bioethanol; CFD; Hydrodynamics; Fermenter; Mixing

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	11
1.1. Latar Belakang.....	11
1.2. Rumusan Masalah .....	12
1.3. Tujuan Penelitian.....	12
1.4. Hipotesis.....	13
1.5. Ruang Lingkup .....	13
1.6. Manfaat Penelitian.....	13
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	14
2.1. Bioetanol.....	14
2.2. Bioreaktor .....	17
2.3. Hidrodinamika.....	19
2.4. <i>Computational Fluid Dynamics</i> .....	21
2.5. Pengukuran Daya Bioreaktor Berpengaduk .....	28
2.6. Penelitian Terkait.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	31
3.2. Prosedur Penelitian.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	36
4.1. Analisis Pola Aliran ( <i>Velocity Vector</i> ) .....	36
4.2. Analisis Kontur Konsentrasi.....	45
4.3. Torsi.....	56
4.4. <i>Shear Stress</i> .....	58
4.5. <i>Mixing Time</i> .....	61
BAB V PENUTUP.....	66
5.1. Kesimpulan.....	66
5.2. Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....	67
LAMPIRAN.....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Spesifikasi <i>Mesh</i> .....	32
Tabel 4.1.	Nilai Rata-rata Torsi, Total Torsi, dan Total Daya pada Berbagai Kondisi .....	56
Tabel 4.2.	Nilai Kolmogorov Length Scale dan Rata-rata <i>Shear Stress</i> ...	59
Tabel 4.3.	<i>Mixing Time</i> pada Berbagai Konfigurasi.....	63

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Geometri Umum Bioreaktor Tipe Stirred Tank .....	18
Gambar 2.2.	Impeller Rushton Turbine dan Axial Turbine.....	19
Gambar 3.1.	Geometri Tangki Fermentor .....	32
Gambar 3.2.	Hasil <i>Meshing</i> Geometri Tangki Fermentor.....	32
Gambar 3.3.	Skema Diagram Alir Tahapan Simulasi CFD .....	34
Gambar 4.1.	Perbandingan Pola Aliran ( <i>Velocity vector</i> ) Campuran Glukosa-Air dalam Tangki Tanpa Baffle pada Kecepatan 200 RPM dengan Durasi Pencampuran 15 s, 600 s, dan 1780 s. ....	38
Gambar 4.2.	Perbandingan Pola Aliran ( <i>Velocity vector</i> ) Campuran Glukosa-Air dalam Tangki tanpa Baffle pada Kecepatan 400 RPM dengan Durasi Pencampuran 15 s, 180 s, dan 630 s.....	38
Gambar 4.3.	Perbandingan Pola Aliran ( <i>Velocity vector</i> ) Campuran Glukosa-Air dalam Tangki Tanpa Baffle pada Kecepatan 600 RPM dengan Durasi Pencampuran 15 s, 180 s, dan 350 s. ....	39
Gambar 4.4.	Perbandingan Pola Aliran ( <i>Velocity vector</i> ) Campuran Glukosa-Air dalam Tangki Tanpa Baffle pada Kecepatan 800 RPM dengan Durasi Pencampuran 10 s, 120 s, dan 235 s. ....	39
Gambar 4.5.	Perbandingan Pola Aliran ( <i>Velocity vector</i> ) Campuran Glukosa-Air dalam Tangki Tanpa Baffle pada Kecepatan 1000 RPM dengan Durasi Pencampuran 10 s, 100 s, dan 205 s. ....	40
Gambar 4.6.	Perbandingan Pola Aliran Campuran Glukosa-Air dalam Tangki dengan Baffle pada Kecepatan 400 RPM dengan Durasi Pencampuran 10 s, 1270 s, dan 2545 s.....	41
Gambar 4.7.	Perbandingan Pola Aliran Campuran Glukosa-Air dalam Tangki dengan Baffle pada Kecepatan 600 RPM dengan Durasi Pencampuran 15 s, 435 s, dan 880 s.....	42
Gambar 4.8.	Perbandingan Pola Aliran Campuran Glukosa-Air dalam Tangki dengan Baffle pada Kecepatan 800 RPM dengan Durasi Pencampuran 15 s, 270 s, dan 540 s.....	43
Gambar 4.9.	Perbandingan Pola Aliran Campuran Glukosa-Air dalam Tangki dengan Baffle pada Kecepatan 1000 RPM dengan Durasi Pencampuran 15s, 160s, dan 315s.....	44
Gambar 4.10.	Perbandingan Visual Kontur Konsentrasi Air dalam Tangki Tanpa Baffle dengan Kecepatan 200 RPM pada Durasi Pencampuran 0 s, 15 s, 180 s, 600 s, 1000 s, dan 1780 s. ....	46
Gambar 4.11.	Perbandingan Visual Kontur Konsentrasi Air dalam Tangki Tanpa Baffle dengan Kecepatan 400 RPM pada Durasi Pencampuran 0 s, 15 s, 90 s, 180 s, 300 s, dan 630 s.....	47
Gambar 4.12.	Perbandingan Visual Kontur Konsentrasi Air dalam Tangki Tanpa Baffle dengan Kecepatan 600 RPM pada Durasi Pencampuran 0 s, 15 s, 60 s, 180 s, 260 s, dan 350 s.....	48

Gambar 4.13. Perbandingan Visual Kontur Konsentrasi Air dalam Tangki Tanpa Baffle dengan Kecepatan 800 RPM pada Durasi Pencampuran 0 s, 10 s, 45 s, 120 s, 180 s, dan 235 s.....	49
Gambar 4.14. Perbandingan Visual Kontur Konsentrasi Air dalam Tangki Tanpa Baffle dengan Kecepatan 1000 RPM pada Durasi Pencampuran 0 s, 10 s, 50 s, 100 s, 150 s, dan 205 s.....	50
Gambar 4.15. Perbandingan Visual Kontur Konsentrasi Air dalam Tangki yang Dilengkapi Baffle dengan Kecepatan 400 RPM pada Durasi Pencampuran 10 s, 515s, 1025 s, 1530 s, 2040 s, dan 2545 s..	52
Gambar 4.16. Perbandingan Visual Kontur Konsentrasi Air dalam Tangki yang Dilengkapi Baffle dengan Kecepatan 600 RPM pada Durasi Pencampuran 5 s, 180 s, 355 s, 530 s, 705 s, dan 880 s. ....	53
Gambar 4.17. Perbandingan Visual Kontur Konsentrasi Air dalam Tangki yang Dilengkapi Baffle dengan Kecepatan 800 RPM pada Durasi Pencampuran 15 s, 120 s, 225 s, 330 s, 435 s, dan 540 s. ....	54
Gambar 4.18. Perbandingan Visual Kontur Konsentrasi Air dalam Tangki yang Dilengkapi Baffle dengan Kecepatan 1000 RPM pada Durasi Pencampuran 5 s, 65 s, 125 s, 185 s, 245 s, dan 315 s. ....	55
Gambar 4.19. Grafik Pengaruh Kecepatan Pengaduk terhadap Total Rata-Rata Torsi pada Berbagai Variabel.....	57
Gambar 4.20. Grafik Pengaruh Kecepatan Pengaduk terhadap Total Rata-rata Daya pada Berbagai Variabel .....	57
Gambar 4.21. Titik-titik Pengamatan Konsentrasi Glukosa dalam Tangki .....	60
Gambar 4.22. Titik-titik Pengamatan Konsentrasi Glukosa dalam Tangki .....	61
Gambar 4.23. Grafik Perubahan Konsentrasi Glukosa terhadap Waktu pada 4 Titik: (a) Kecepatan 200 rpm Tanpa Baffle (b) Kecepatan 400 rpm Tanpa Baffle (c) Kecepatan 600 rpm Tanpa Baffle (d) Kecepatan 800 rpm Tanpa Baffle (e) Kecepatan 1000 rpm Tanpa Baffle (f) Kecepatan 400 rpm yang Dilengkapi Baffle (g) Kecepatan 600 rpm yang Dilengkapi Baffle (h) Kecepatan 800 rpm yang Dilengkapi Baffle (i) Kecepatan 1000 rpm yang Dilengkapi Baffle .....	63
Gambar 4.24. Grafik Pengaruh Kecepatan Pengaduk terhadap <i>Mixing Time</i> ..	63

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Bioetanol merupakan salah satu bahan bakar alternatif masa depan. Bioetanol memiliki berbagai keuntungan yang lebih dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Salah satu keuntungan yang ada adalah bahan baku produksi bioetanol yang dapat banyak ditemukan dengan mudah, mulai dari residu agrikultur hingga berbagai sumber limbah lain. Bioetanol juga menghasilkan jumlah CO<sub>2</sub> yang mendekati nol, membuatnya ramah lingkungan (Wyman, 1996). Bioetanol diproduksi menggunakan mikroorganisme dimana mikroorganisme yang paling umum digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Mikroorganisme ini mampu menghasilkan etanol dalam jumlah banyak dan tahan dalam lingkungan kadar etanol tinggi (Somda dkk di dalam Fakruddin dkk, 2012).

Bioreaktor merupakan salah satu jenis reaktor yang digunakan di dalam industri. Bioreaktor memanfaatkan mikroorganisme untuk menghasilkan produk yang diinginkan. Bioreaktor sistem *batch* merupakan salah satu bioreaktor yang paling umum digunakan di dalam industri. Bioreaktor ini umum digunakan untuk produksi produk minuman beralkohol seperti bir dan *wine*. *Stirred tank reactor* menjadi jenis bioreaktor yang umum digunakan karena modal awal yang rendah dan biaya operasi yang mudah. Bioreaktor ini juga digunakan untuk kasus dimana diperlukan koefisien transfer gas-cair yang tinggi (Kadic dan Heindel, 2014).

Proses pengadukan sangat diperlukan untuk proses transfer massa. Pengadukan menentukan bagaimana pola aliran dan bagaimana proses tranfer massa berlangsung di dalam reaktor. Proses ini memastikan agar komponen dapat tersebar merata di keseluruhan bioreaktor sehingga tidak ada sel yang mati (Moo-Young, 2011). Jenis reaktor yang memiliki pengaduk disebut dengan *stirred tank reactor*. Jenis reaktor ini memiliki pengaduk di dalamnya yang dapat diganti sesuai dengan keperluan proses di dalam bioreaktor. Selain itu, *baffle* perlu ditambahkan di dalam bioreaktor sebagai upaya mengurangi *vortex* pada bioreaktor (Antolli dan Liu, 2011).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Bioetanol**

Bioetanol merupakan senyawa etanol yang dihasilkan dari biomassa. Biomassa yang digunakan ini beraneka ragam jenisnya namun pada umumnya, biomassa yang digunakan adalah bahan yang kaya akan sukrosa atau tepung. Biomassa yang umum digunakan adalah jagung, sorgum, kentang, ubi, dan lain sebagainya. Perkembangan zaman dan teknologi membuat bahan yang menjadi cakupan untuk menghasilkan bioetanol juga bertambah. Penggunaan lignoselulosa dari rumput dan kayu mulai dilakukan untuk menghasilkan bioetanol (Azhar dkk, 2017).

Sebelum diolah menjadi bioetanol, biomassa harus diberikan *pre-treatment* terlebih dahulu. Pengolahan awal ini diperlukan sebelum biomassa masuk ke tahap selanjutnya untuk diubah menjadi bioetanol. Biomassa secara umum dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu biomassa basah dan kering. Biomassa basah cenderung lebih mudah pengolahannya karena hanya memerlukan proses pengambilan getah dan direbus untuk mendapat bahan utama untuk proses fermentasi. Biomassa kering lebih sulit karena diperlukan proses delignifikasi untuk menghilangkan lignin yang terkandung pada biomassa. Proses delignifikasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan NaOH atau NaClO<sub>2</sub> (Hossain & Jalil, Srivastava & Agrawal, Abo-state dkk dalam Hossain dkk, 2017).

Bioetanol secara umum dihasilkan dengan menggunakan proses fermentasi. Proses fermentasi merupakan tahap utama dari proses produksi dimana senyawa gula diubah oleh mikroorganisme menjadi etanol dan karbon dioksida. Mikroorganisme yang digunakan dapat berupa ragi komersial seperti *Sacchromyces cerevisiae* (Hossain & Jalil dalam Hossain dkk, 2017). Metode produksi etanol dapat dibagi menjadi dua yaitu SSF dan SSCF. Pada metode SSF, proses sakarifikasi dan fermentasi glukosa dilakukan di dalam satu reaktor yang sama sehingga dapat mengurangi biaya. Metode ini memiliki beberapa kekurangan seperti sulitnya optimasi proses akibat bedanya suhu optimal proses sakarifikasi dan fermentasi. Mikroorganisme yang digunakan juga harus mampu dengan cepat



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Simulasi Proses dan Perancangan Pabrik pada bulan Mei 2021 sampai dengan Mei 2022 dan Laboratorium Kimia Fisika UPT Laboratorium Terpadu Universitas Sriwijaya pada bulan Juli 2021 sampai dengan Agustus 2021.

#### 3.2. Prosedur Penelitian

Tahapan dalam pemodelan dan simulasi CFD secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi 3 tahapan utama, yaitu *pre-processing*, *solving*, dan *post-processing*. Pemodelan dan simulasi CFD dilakukan dengan program ANSYS 2021 R1 berlisensi Academic. Tahapan ringkas pemodelan dan simulasi CFD disajikan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.

##### 3.2.1 Pre-Processing

Geometri fermentor bioetanol dibuat dengan program Ansys SpaceClaim, sedangkan *meshing* dilakukan dengan menggunakan program Ansys Fluent Meshing.

- 1) Geometri tangki fermentor berbentuk silinder tiga dimensi dengan dua pengaduk *4-blade axial turbine* dibuat modelnya sesuai dengan Gambar 3.1.
- 2) Penamaan *boundary conditions* dilakukan dengan menggunakan Ansys SpaceClaim pada saat geometri tangki telah jadi.
- 3) Geometri tangki fermentor yang sudah diberi nama *boundary conditions* kemudian *dimesh*. Zona tangki fermentor terdiri dari tiga zona fluida, yaitu zona *stationary*, zona *rotary top* (impeller atas), dan zona *rotary bottom* (impeller bawah). Spesifikasi hasil *meshing* tersajikan pada Tabel 3.1., sedangkan hasil *meshing* geometri tangki dapat dilihat pada Gambar 3.2.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil karakteristik hidrodinamika fermentor bioetanol diperoleh dengan simulasi CFD menggunakan program ANSYS 2021 R1 berlisensi Academic, khususnya FLUENT. Hasil data simulasi seperti *contour* dan *vector* diolah menggunakan perangkat lunak CFD-Post. Validasi hasil simulasi dilakukan dengan membandingkan data simulasi dengan data eksperimental fermentor bioetanol skala lab. Analisis karakteristik hidrodinamika fermentor bioethanol meliputi pola aliran, kontur konsentrasi, kecepatan, *shear stress*, *mixing time* dan torsi. Menurut Madhania dkk. (2019), proses *mixing* sebelum fermentasi dalam pembuatan bioetanol merupakan faktor yang sangat penting. Proses *mixing* yang sempurna dalam fermentor harus dicapai agar terbentuk media substrat dengan konsentrasi yang ideal bagi mikroorganisme di tiap titik dalam fermentor.

#### **4.1. Analisis Pola Aliran (*Velocity Vector*)**

Pola aliran pada simulasi CFD diperoleh dengan menampilkan vektor kecepatan yang telah dilakukan *normalized* pada bidang XY dan ZX seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1. sampai Gambar 4.9. Penggunaan vektor kecepatan *normalized* membuat visual pola aliran menjadi lebih mudah untuk diamati. Hal ini dikarenakan ukuran panah vektor yang diseragamkan yaitu dengan skala 1:3. Berdasarkan vektor kecepatan yang telah diperoleh dapat diamati panah yang menuju warna merah berarti kecepatannya mendekati kecepatan maksimal sedangkan warna kebiruan menandakan kecepatan mendekati 0, dan arah panah merupakan arah kecepatan. Pada validasi eksperimental, pola aliran juga dapat ditinjau langsung dimana visualisasi glukosa diwarnai dengan iodine. Pola aliran pada *mixing tank* dipengaruhi oleh jenis impeller yang digunakan. Penelitian ini menggunakan impeller berjenis *pitched blade*. Menurut peneliti terdahulu (Singh dkk., 2011), pola aliran yang dihasilkan impeller *pitched blade* adalah *axial*, sedangkan rushton menghasilkan pola aliran radial. Jenis impeller yang digunakan pada penelitian ini adalah *pitched blade* dengan derajat kemiringan sebesar 10°. Oleh karena itu pada penelitian ini, pola aliran yang dihasilkan dalam proses *mixing* dari fermentor adalah radial.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan uraian analisis dan pembahasan dalam penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pola aliran yang ada pada hasil simulasi mirip dengan hasil eksperimental dimana tangki tanpa baffle akan membentuk *vortex* yang lebih kuat dibandingkan dengan tangki dengan baffle, serta *error mixing time* rata-rata sebesar 7,9%.
- 2) Semakin tinggi kecepatan pengadukan, semakin tinggi nilai torsi, daya, dan *shear stress* yang didapatkan dan semakin rendah lama *mixing time*.
- 3) Nilai daya yang diperlukan akan lebih kecil pada tangki dengan baffle dibandingkan dengan tangki tanpa baffle sampai pada kecepatan tertentu dan kemudian sebaliknya berlaku.
- 4) Nilai *mixing time* pada tangki tanpa baffle lebih kecil dibandingkan dengan nilai pada tangki dengan baffle, mau dari hasil validasi ataupun simulasi.
- 5) Nilai *shear stress* pada tangki tanpa baffle lebih besar dibandingkan dengan nilai pada tangki dengan baffle, namun perbedaannya tidak terlalu signifikan.

#### **5.2. Saran**

Akurasi hasil simulasi/*modelling* CFD mixing dalam fermentor bioetanol sangat perlu untuk dimaksimalkan. Semakin tinggi akurasi hasilnya, maka semakin dapat dipercaya hasil simulasi tersebut untuk digunakan dalam optimalisasi proses *mixing* dalam fermentor bioetanol. Pemilihan model selain yang telah digunakan dalam penelitian ini, terutama model *viscous* dan *multiphase*, dapat dilakukan agar didapatkan hasil simulasi yang berbeda sehingga diharapkan terdapat hasil simulasi mixing fermentor bioetanol lainnya dengan konfigurasi serupa yang dapat dibandingkan. Selain penggunaan model yang berbeda, kinetika fermentasi bioetanol dan konfigurasi tangki fermentor yang berbeda seperti jumlah baffle, jenis substrat, dan geometri impeller dapat diteliti lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adaganti, S. Y., Yaliwal, V. S., Kulkarni, B. M., Desai, G. P., dan Banapurmath, N. R., 2014. Factors Affecting Bioethanol Production from Lignocellulosic Biomass (*Calliandra calothyrsus*). *Waster and Biomass Valorization*. 5(2): 963-971.
- ANSYS. 2021. ANSYS Fluent Theory Guide. Canonsburg: ANSYS, Inc.
- Antolli, P. G., dan Liu, Z (Eds). 2011. *Bioreactors: Design, Properties, and Application*. New York: Nova Science Publisher Inc.
- Azhar, S. H. M., Abdulla, R., Jambo, S. A., Marbawi, H., Gansau, J. A., Faik, A. A. M., dan Rodrigues, K F. 2017. Yeast in Sustainable Bioethanol Production: A Review. *Biochemistry and Biophysics Report*. 10: 52-61.
- Bitog, J.P., Lee, I.B., Lee, C.G., Kim, K.S., Hwang, H.S., Hong, S.W., Seo, I.H., Kwon, K.S., Mostafa, E. Application of computational fluid dynamics for modeling and designing photobioreactors for microalgae production: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*. Vol. 76(2): 131-147.
- Chanson, H. 2009. *Applied Hydrodynamics: An Introduction to Ideal and Real Fluid Flows*. Boca Raton: CRC Press.
- Conti, F., Wiedemann, L., Sonnleitner, M., Saidi A., dan Goldbrunner, M. 2019. Monitoring the Mixing of An Artificial Model Substrate in A Scale-Down Laboratory Digester. *Renewable Energy*. Vol. 132: 351-362.
- Doran, P. M. (2013). Mixing. *Bioprocess Engineering Principles*, 255–332. doi: 10.1016/B978-0-12-220851-5.00008-3
- Ebrahimi, M., Tamer, M., Villegas, R.M., Chiappetta, A., Ein-Mozaffari, F. 2019. Application of CFD to Analyze the Hydrodynamic Behaviour of a Bioreactor with a Double Impeller. *Processes*. 7(10): 694-715.
- Fakruddin, M., Quayum, M. A., Ahmed, M. M., dan Choudhury, N. 2012. Anaysis of Key Factor Affecting Ethanol Production by *Saccharomyces cerevisiae* IFST-072011. *Biotechnology*. 11(4): 248-252.

- Góis, E. dan Selegim, P. 2011. Design optimization of a bioreactor for ethanol production using CFD simulation and genetic algorithms. *WIT Transactions on Modelling and Simulation*. 51. 67-73.
- Harnby, N., Edwards, M. F., dan Nienow, A. W. 1992. *Mixing in the Process Industries*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Hosny, M., Abo-State, M. A., El-Temtamy, S. A., dan El-Sheikh, H. H. 2016. Factors Affecting Bioethanol Production from Hydrolyzed Bagasse. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 3(9): 130-138.
- Hossain, N., Zaini, J. H., dan Mahlia, T. M. I. 2017. A Review of Bioethanol Production from Plant-Based Waste Biomass by Yeast Fermentation. *International Journal of Technology*. 1: 5-18.
- Kadic, E., dan Heindel, T. J. 2014. *An Introduction to Bioreactor Hydrodynamics and Gas-Liquid Mass Transfer*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Kadic, E., dan Heindel, T. J. 2010. Mixing Consideration in Stirred Tank Bioreactors When Using Fluid Property Altering Microorganisms. *Proceedings of the ASME 2010 3<sup>rd</sup> Joint US-European Fluids Engineering Summer Meeting and 8<sup>th</sup> International Conferences of Nanochannels, Microchannels, and Minichannels*. Montreal: 1-5 Agustus 2010. Hal 859-870.
- Kaiser, G. E. 2021. *Biol 230 Lab Manual, Lab 1*. Baltimore: Community College of Baltimore County.
- Kaiser, S. C., Werner, S., Jossen, V., Blaschczok, K., dan Eibl, D. 2018. Power Input Measurements in Stirred Bioreactors at Laboratory Scale. *Journal of Visualized Experiments*. 135(e56078): 1-11.
- Kaiser, S. C., Werner, S., Jossen, V., Blaschczok, K., dan Eibl, D. 2017. Development of a Method for Reliable Power Input Measurements in Conventional and Single-Use Stirred Bioreactor at Laboratory Scale. *Engineering in Life Science*. 17: 500-511.
- Kamla, Y., Bouzit, M., Ameer, H., Arab, M. I., & Hadjeb, A. (2017). Effect of the Inclination of Baffles on the Power Consumption and Fluid Flows in a

Vessel Stirred by a Rushton Turbine. *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)*, 30(4), 1008–1016.

<https://doi.org/10.1007/S10033-017-0158-5/FIGURES/14>

Kreitmayer, D., Gopireddy, S. R., Matsuura, T., Aki, Y., Katayama, Y., Nakano, T., Eguchi, T., Kakihara, H., Nonaka, K., Profitlich, T., Urbanetz, N. A., & Gutheil, E. (2022). CFD-Based and Experimental Hydrodynamic Characterization of the Single-Use Bioreactor Xcellerex™ XDR-10.

*Bioengineering*, 9(1), 1–19. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9010022>

Lange, H., Taillandier, P., & Riba, J. P. (2001). Effect of high shear stress on microbial viability. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 76(5), 501–505. doi: 10.1002/JCTB.401

Ling, S. J., Sanny, J., & Moebs, W. (2016). *University Physics Volume 1*. Houston: OpenStax Rice University.

Liu, Y., Wang, Z. J., Xia, J. ye, Haringa, C., Liu, Y. ping, Chu, J., Zhuang, Y. P., & Zhang, S. L. (2016). Application of Euler–Lagrange CFD for quantitative evaluating the effect of shear force on *Carthamus tinctorius* L. cell in a stirred tank bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*, 114, 209–217. doi: 10.1016/J.BEJ.2016.07.006

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. doi: 10.1016/J.EGYR.2019.04.008

Mahajan, V. 2010. *CFD Analysis of Hydrodynamics and Mass Transfer of a Gas- Liquid Bubble Column*. Skripsi Program Strata Satu, National Institute of Technology, Rourkela.

Moo-Young, M. (Ed). 2011. *Comprehensive Biotechnology Second Edition*. Amsterdam: Elsevier B. V.

Mustafa, A. G., Majnis, M. F., & Muttalib, N. A. A. (2020). Cfd study on impeller effect on mixing in miniature stirred tank reactor. *CFD Letters*, 12(10), 15–26. <https://doi.org/10.37934/cfdl.12.10.1526>

- Nienow, A. W. (2006). Reactor engineering in large scale animal cell culture. *Cytotechnology*, 50(1–3), 9–33. doi: 10.1007/S10616-006-9005-8
- Pogal, G., & Kehn, R. O. (2018). *Mixers: Don't Let Baffles Baffle You | Chemical Processing*. <https://www.chemicalprocessing.com/articles/2018/mixers-dont-let-baffles-baffle-you/>
- Rajavathsavai, D. 2012. *Study of Hydrodynamic and Mixing Behaviour of Continuous Stirred Tank Reactor Using CFD Tools*. Disertasi Program Master, National Institute of Technology, Rourkela.
- Rosa, L., dkk. 2014. Cfd analysis of the effect of baffle plates on the fluid flow in an anaerobic sequencing batch reactor. *Chemical Engineering Transactions*. 38: 133-138 DOI: 10.3303/CET1438023.
- Sarkar, J., Shekhawat, L. K., Loomba, V., dan Rathore, A. S. 2016. CFD of Mixing of Multi-Phase Flow in a Bioreactor Using Population Balance Model. *Biotechnology Progress*. 32(3): 613-628.
- Soares, L.L.; Biserni, C.; da Rosa Costa, R.; Oliveira Júnior, J.A.A.; dos Santos, E.D. ;Galarça, M.M. Numerical Study and Geometric Investigation of the Influence of Rectangular Baffles over the Mixture of Turbulent Flows into Stirred Tanks. *Appl. Sci.* **2022**, *12*, 4827. <https://doi.org/10.3390/app12104827>
- Singh, H., Fletcher, D. F., & Nijdam, J. J. (2011). An assessment of different turbulence models for predicting flow in a baffled tank stirred with a Rushton turbine. *Chemical Engineering Science*, 66(23), 5976–5988. doi: 10.1016/J.CES.2011.08.018
- Stenmark, E. 2013. *On Multiphase Flow Models in ANSYS CFD Software*. Tesis Program Master, Chalmers University of Technology, Göteborg.
- Versteg, H.K., dan Malalasekera, W. 2007. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics 2<sup>nd</sup> Edition*. Edinburgh: Pearson Education Limited.
- Vohra, M., Manwar, J., Manmode, R., Padgilwar, S., dan Patil, S. 2014. Bioethanol Production: Feedstock and Current Technologies. *Journal of Environmental and Chemical Engineering*. 2(1): 573-584.

- Walker, G. M., dan Stewart, G. G. 2016. *Saccharomyces cerevisiae* in the Production of Fermented Beverages. *Beverages*. 2(4).
- Wyman, C. E (Ed). 1996. *Handbook of Bioethanol: Production and Utilization*. Boca Raton: CRC Press.
- Xie, M., Xia, J., Zhou, Z., Chu, J., Zhuang, Y., dan Zhang, S. 2014. Flow Pattern, Mixing, Gas Hold-Up and Mass Transfer Coefficient of Triple-Impeller Configurations in Stirred Tank Bioreactors. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 53: 5941-5953.
- Zhou, S., Yang, Q., Lu, L., Xia, D., Zhang, W., & Yan, H. (2022). CFD Analysis of Sine Baffles on Flow Mixing and Power Consumption in Stirred Tank. *Applied Sciences*, 12(11), 5743. <https://doi.org/10.3390/app12115743>