

Pengaruh variabel hidrodinamika pada proses transformasi d-glukosa menjadi d-fruktosa dalam reaktor *baffle* dengan arus osilasi

The effect of hydrodynamic variables on the transformation process of d-glucose to d-fructose in baffle reactors with oscillational currents

Wita Pradiani¹, Sri Haryati², Muhammad D Bustan²

¹*Sekolah Tinggi Analis Kimia, Cilegon-Indonesia*

²*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indralaya-Indonesia*

Email: pradianiwita@gmail.com

ABSTRAK

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat Indonesia, fungsi utamanya adalah sebagai pemanis. Kadar Glukosa yang tinggi menjadi pencetus berbagai macam penyakit. Penelitian tentang transformasi D-glukosa menjadi D-Fruktosa ini dilakukan di dalam reaktor osilasi kolom dengan *baffle*, yang merupakan implementasi dari teknologi arus osilasi. Penelitian dilakukan dengan bahan baku α -D glukopiranosida murni, yang bertujuan untuk mempelajari pengaruh variabel hidrodinamika (amplitudo dan frekuensi) dengan dan tanpa osilasi pada peningkatan konversi D-glukosa menjadi D-fruktosa. Pada proses non osilasi, bahan baku yang digunakan terdiri dari α -D-glukopiranosida murni sebesar 98 %, katalis NaBr.2H₂O dengan perbandingan 1:0,005; larutan NaOH 50% untuk membuat suasana larutan dalam kondisi basa pada PH 8-11, dan air sebagai pelarut. Di dalam reaktor osilasi berbaffle ini, proses berlangsung dengan variabel yang divariasikan : Temperatur 50 °C, 60 °C dan 70 °C. Pada Proses Osilasi dengan komposisi bahan baku yang sama pada proses Non Osilasi yaitu perbandingan katalis dan bahan baku 0,005 dan variabel operasi yang divariasikan : Frekuensi 4 Hz, 6 Hz, 8 Hz, 10 Hz; Amplitudo 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm. Sehingga diperoleh konversi D-fruktosa pada Non Osilasi sebesar 47 % pada Temperatur 60°C, waktu 55 menit. Pada proses Osilasi diperoleh konversi yang cukup tinggi sebesar 98,3 %, pada temperatur 60 °C, waktu 50 menit. Dari eksperimen yang dilakukan pada transformasi D-glukosa menjadi D-fruktosa menunjukkan adanya pengaruh variabel hidrodinamika (Amplitudo dan frekuensi) terhadap besarnya konversi yang diperoleh. Hal ini membuktikan bahwa arus osilasi memberikan pengaruh terhadap konversi D-glukosa menjadi D-fruktosa.

Kata Kunci: Arus Osilasi, Variabel Hidrodinamika, D-Glukosa

ABSTRACT

Sugar is one of the basic needs of the Indonesia people. The main function of sugar is a sweetener. High glucose levels are the cause of various diseases. The research about transformation D-glucose becoming D-fructose is carried out in oscillated baffle column reactor, as implementation from oscillated technology. The research was carried out with pure α -D-glucopyranose as raw material which aims to study the effect of hydrodynamic variables of amplitude and frequency with and without oscillations on increasing the conversion of D-glucose to D-fructose. Non oscillation process with ratio between raw material (α -D-Glucopyranose 98 %) and catalyst (NaBr.2H₂O) about 1 : 0,005. The usage of NaOH 50 % to make the solvent becoming pH 8-11, and water is as its solvent. The stage process in oscillated baffle column reactor with variation of temperature is: 50 °C, 60 °C, and 70 °C. The Composing is the same as non oscillation process, the variable influencing oscillation process is Frequency: 4 Hz, 6 Hz, 8 Hz, 10 Hz and Amplitude: 4 cm, 6 cm, 8 cm, and 10 cm. The result of the research for non oscillated has conversion about 47 % with temperature 60 °C in 55 minute. For Oscillated process, the resulted conversion is about 98, 3 % with temperature 60 °C in 50 minute. Based the experiments carried out on the transformation of D-glucose into D-fructose showed the effect of hydrodynamic variables (amplitude and frequency) on the magnitude of the conversion obtained. This proves that the oscillating current has an effect on the conversion of D-glucose to D-fructose.

Keyword : Oscillating Current, hydrodynamic variables, D-Glucose

I. PENDAHULUAN

Manusia dalam kehidupannya sehari-hari membutuhkan energi sebagai kelangsungan hidupnya. Energi yang dimaksud adalah energi untuk membantu manusia menjalankan aktifitasnya sehari-hari dan energi untuk menggerakkan fungsi tubuh manusia itu sendiri. Energi untuk menggerakkan fungsi tubuh manusia berasal dari makanan yang dikonsumsi (Kemenkes RI, 2017).

Gula yang merupakan salah satu kebutuhan pokok yang dikonsumsi masyarakat Indonesia fungsi utamanya adalah sebagai pemanis. Manusia membutuhkan gula sebagai sumber energi bagi sel-sel tubuh, bagi sel otak dan juga untuk menjaga kelangsungan metabolisme dalam tubuh. Setiap hari gula dikonsumsi baik untuk minuman maupun untuk pemanis makanan. Di Indonesia kebutuhan gula nasional pada tahun 2022 sebesar 6 juta ton (Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2022. Munas Asosiasi Gula Ravnasi Indonesia VIII. <https://www.agrofarm.co.id>)

Untuk memenuhi kebutuhan gula di dalam negeri, pemerintah mengambil kebijakan bahwa gula dipasok dan dalam dan luar negeri. Kebijakan ini diambil karena pabrik gula yang ada di Indonesia belum bisa memenuhi kebutuhan gula dalam negeri.

Ironisnya, gula pasir yang ada di pasaran kadar glukosanya cukup tinggi, gula ini dihasilkan dari tanaman tebu dimana gula yang berasal dari tanaman tebu merupakan gula sukrosa yang kandungan glukosanya lebih besar dibandingkan kadar fruktosa contohnya gula mataram yang dianalisa kadar D-glukosanya sebesar 68,25% dan D-fruktosa 16,58% dengan kandungan energi sebesar 225 erg/cm³ (Porawati. 2002).

Kadar glukosa yang tinggi menjadi pencetus berbagai macam penyakit antara lain penyakit diabetes mellitus, dikarenakan glukosa yang sukar terbakar di dalam darah maka pelepasan hormon insulin dan sel-sel β pankreas menjadi besar, akibatnya sel β pankreas penghasil hormone insulin menjadi jenuh inilah yang merupakan salah satu pencetus penyakit diabetes mellitus. Glukosa yang berlebih di dalam darah akan meningkatkan kadar lemak dalam darah sehingga akan meningkatkan arteriosklerosis (gangguan pada arteri jantung) (Mira Suprayatmi) Kadar glukosa yang besar akan mengakibatkan meningkatnya pertumbuhan bakteri dalam usus sehingga pertumbuhan jamur meningkat akibatnya mengganggu fungsi normal usus (Kusuma, dkk., 2020).

Di negara maju, telah mampu menghasilkan gula yang aman dikonsumsi yaitu dengan menggunakan teknologi pengolahan gula yang tepat contohnya gula fruktosa. Untuk itu para peneliti mencoba mengubah glukosa menjadi fruktosa (Kumar S, dkk., 2020) dengan berbagai macam metoda. Namun pada proses transformasi D-glukosa menjadi D-fruktosa masih

menunjukkan perbandingan katalis dan bahan baku yang besar dengan konversi yang relative rendah dan bervariasi. Ini dikarenakan turbulensi yang kecil sehingga dispersi fluida kecil akibatnya konversi yang dihasilkan kecil (Jiang, dkk., 2022).

Teknologi pembangkit turbulensi terdiri dari permanen turbulen generator dan temporer turbulen generator. Pembangkit turbulensi permanen contohnya dengan memasang *baffle* dalam reaktor, sedangkan untuk pembangkit turbulensi temporer contohnya dengan memasang piston atau agitator dalam reaktor (Mckeown R, dkk., 2020). Teknologi pembangkit turbulensi temporer dengan menggunakan piston disebut teknologi osilasi dan teknologi pulsasi. Teknologi osilasi merupakan gerakan bolak-balik dalam reaktor bagaikan gerakan ombak di pantai sehingga akan terjadi fase pemisahan pada partikel yang berat dan yang ringan, proses ini merupakan proses *batch*, yaitu tidak ada fluida yang masuk dan fluida yang keluar. Pada teknologi pulsasi, merupakan proses kontinyu, yaitu adanya fluida yang masuk dan fluida yang keluar untuk terbentuknya konversi fruktosa yang besar. Teknologi yang dipilih merupakan teknologi osilasi (Gouda, dkk., 2021). Teknologi osilasi memiliki keuntungan di dalam meningkatkan proses perpindahan massa dan panas serta energi proses yang dipergunakan dapat seminimal mungkin dibanding dengan teknologi agitator, karena pola aliran yang dihasilkan oleh teknologi osilasi merupakan komponen aksial. Komponen aksial menghasilkan gerakan ke atas dan ke bawah yang dihasilkan oleh gerak translasi, dimana pada gerak translasi akan terbentuk fase akselerasi dan deselerasi. Pada akhir fase akselerasi debit aliran fluida meningkat menjadi dua kali debit rata-rata. *Vortek* pada permukaan fluida hampir tidak terbentuk karena berekspansi ke seluruh saluran fluida, sehingga menghasilkan derajat turbulensi fluida yang besar dan proses peningkatan perpindahan massa. Proses cepat terjadi, hasilnya disperse partikel zat padat di dalam larutan juga cepat terjadi dan energi proses yang dibutuhkan dapat seminimal mungkin (Omojuwa E, dkk., 2020). Lain halnya dengan teknologi agitator, teknologi ini bekerja pada suatu vessel yang menggunakan *impeller*, pada proses ini pola aliran yang dihasilkan terdiri dari komponen radial, longitudinal dan tangensial yang didapat dari gerak rotasi yang kontinyu dengan menggunakan *impeller* yang membutuhkan daya motor yang besar, dimana komponen tangensial di dalam teknologi agitator dapat menyebabkan terbentuknya vorteks pada permukaan fluida akibat adanya sirkulasi aliran karena arus tangensial membentuk pola aliran lingkaran disekitar poros *impeller*, sehingga dispersi partikel zat padat di dalam larutan lambat terjadi karena arus sirkulasi cenderung melemparkan partikel zat padat dengan gaya sentrifugalnya ke arah dinding tangki lalu bergerak ke bawah sampai ke

dasar tangki sehingga terjadi pengendapan, Derajat turbulensi fluida yang dihasilkan menjadi rendah (Foukrach M, dkk., 2020).

Pengaruh arus pulsasi terhadap proses transformasi D - glukosa menjadi D-fruktosa, penelitian ini dilakukan pada suatu reaktor kolom berbaffle dan penghasil aliran pulsasi pada *baffle column* reaktor tersebut digunakan piston. Piston ini bekerja pada ujung kolom dan bekerja secara dorong dan tarik untuk membentuk fase akselerasi dan desclerasi (Yang P, dkk., 2021)

Salah satu sistem pembangkit turbulensi yang sedang fokus adalah Osilasi. Tujuan penelitian ini mempelajari pengaruh Variabel hidrodinamika (Amplitudo dan frekuensi) dengan dan tanpa osilasi terhadap peningkatan konversi pada transformasi D- Glukosa menjadi D- Fruktosa (Yegres M, dkk., 2022). Penelitian Pengaruh Aliran osilasi terhadap peningkatan konversi selulosa menjadi D-glukosa dengan proses hidrolisis dalam suasana asam menunjukkan kenaikan yang cukup berarti dibandingkan Aliran tanpa osilasi, (Buchmaier , dkk., 2020)

II. BAHAN DAN METODE

Penyelesaian permasalahan permasalahan yang ada di dalam proses konversi D-Glukosa menjadi D-Fruktosa dilakukan dengan beberapa langkah pemikiran berdasarkan ilmu pengetahuan dan teknologi dan kemudian diimplementasikan dengan merencanakan hal-hal yang mempunyai alur dan arah sesuai tujuan . Untuk itu beberapa tahapan yang harus dilakukan:

1. Mempelajari variabel- variabel yang diteliti
2. Mempersiapkan Alat dan Bahan
3. Mempersiapkan deskripsi , alur dan skema proses

Variabel -variabel yang diteliti

Variabel yang mempengaruhi proses transformasi D-Glukosa menjadi D-Fruktosa dengan menggunakan arus osilasi pada *buffle column reactor* , meliputi frekuensi ,Amplitudo dan Temperatur.

Persiapan Bahan Baku aD-glukopiranosa

Bahan baku yang digunakan terdiri dari α D glukopiranosa murni sebesar 98%, katalis NaBr.2H₂O, larutan NaOH 50% untuk membuat suasana larutan dalam kondisi basa pada pH 8-11, dan air sebagai pelarut.

Deskripsi Metode Penelitian

Metode penelitian pada proses transformasi D- glukosa menjadi D-Fruktosa sebagai berikut:
Tahap Reaksi

Pada proses ini menggunakan proses non

osilasi dan osilasi, dengan bahan baku α D glukopiranosa murni. Bahan baku (α -D glukopiranosa) dicampurkan ke dalam tangki pencampur yang telah berisi air dengan larutan NaOH, lalu ditambahkan NaBr.2H₂O dan diaduk sampai larutan menjadi homogen. Selanjutnya pH larutan diukur pada pH 8sampai 11 dengan menggunakan pH meter.

Setelah itu larutan diatas dimasukkan ke dalam *oscilated baffle column reactor*. Lalu dipanaskan pada temperatur antara 50 °C – 70 °C dengan menggunakan heater yang dipasang pada dinding reaktor. Proses berlangsung dengan dua tahapan yaitu:

1. Tanpa Osilasi

Untuk proses ini, larutan gula yang terdiri dari α D glukopiranosa sebesar 625 gr, NaBr.2H₂O sebesar 31,25 gr (bahan baku/katalis =1/0,05),

NaOH 0,5 ml dan H₂O sebesar 25 L dimasukkan ke dalam *oscilated baffle column reactor*. Selanjutnya dalam 60 menit larutan diambil tiap 5 menit sekali untuk dianalisa besarnya D-glukosa yang tidak terkonversi menjadi D-fruktosa

2. Osilasi

Proses ini secara umum sama dalam hal komposisi bahan baku, tetapi dalam proses ini larutan diaduk dengan menggunakan piston yang digerakkan oleh motor penggerak tiga fase sebesar 5 Hp yang dihubungkan dengan inverter yang bertujuan untuk mengatur kecepatan putaran piston. Variasi kondisi operasi terhadap variabel osilasi meliputi

- a. Amplitudo 10 cm, 8 cm, 6 cm, 4 cm yang menyatakan langkah dari piston.
- b. Frekuensi yang divariasikan sebesar 4 Hz, 6 Hz, 8 Hz dn 10 Hz yang menyatakan kecepatan putaran motor
- c. Temperatur yang divariasikan sebesar 50 °C,60 °C dan 70 °C

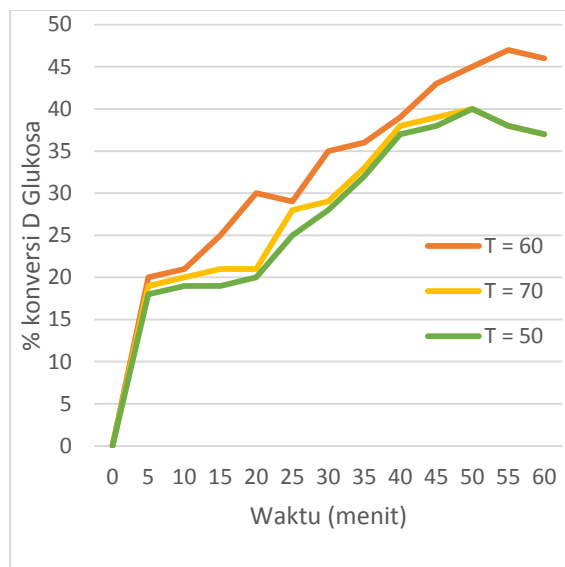
3. Metode Analisa Hasil

Untuk mengetahui persentase konversi D-glukosa menjadi D-fruktosa. D-glukosa di dalam larutan dihitung konsentrasi awalnya di dalam larutan sebelum dilakukan proses reaksi. Setelah terjadi proses reaksi D-glukosa tersisa di dalam larutan dianalisa dengan menggunakan metode spektrofotometer. D-glukosa yang terkonversi menjadi D-Fruktosa dianalisa secara kuantitatif yaitu konsentrasi D-glukosa awal dikurang konsentrasi D- glukosa sisa sama dengan D-glukosa reaksi adalah D-fruktosa terbentuk.

Penelitian pada Transformasi D-Glukosa menjadi D-Fruktosa dalam Reaktor Osilasi kolom Berbaffle mempelajari pengaruh variabel temperature pada proses non osilasi dan pengaruh variabel amplitudo, frekuensi, temperature pada proses osilasi.

Derajat Konversi D-glukosa Tanpa Osilasi

Pada proses non osilasi, dengan variabel temperature yang divareasikan: 50 °C, 60 °C, 70 °C. αD-glukopiranososa murni sebesar 625 gr dan katalis NaBr₂H₂O sebesar 31,25 gr dengan pelarut air sebesar 25 liter dan NaOH sebanyak 0,5 ml. Grafik konversi versus waktu dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Pengaruh Waktu Terhadap Konversi D-Glukosa Menjadi D-Fruktosa Pada T = 50,60,70°C Non Osilasi

Pada gambar 1 dapat dilihat kenaikan konversi seiring dengan pertambahan waktu reaksi dimana pada T = 60 °C menunjukkan peningkatan konversi yang lebih baik dari T = 50 °C dan T = 70 °C. Pada T = 60 °C diperoleh konversi tertinggi yaitu 47,647 % sedangkan pada T = 50 °C dan T = 70 °C konversi tertinggi sebesar 42,77% dan 42,65%

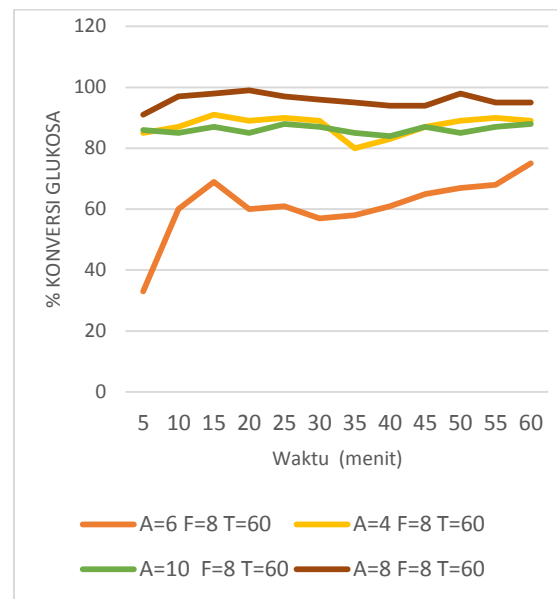
Derajat Konversi D-Glukosa Dengan Aliran Osilasi

Pada proses osilasi αD-glukopranosa murni sebesar 625 gr dan katalis NaBr₂H₂O sebesar 31,25 gr dengan pelarut air sebesar 25 liter dan NaOH 0,5 ml. Variabel yang mempengaruhi yaitu temperature yang divareasikan: 50 °C, 60 °C, dan 70 °C, amplitudo yang divariasikan : 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm dan frekwensi yang divariasikan : 4 Hz, 6 Hz, 8

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hz, 10 Hz

Hasil dari penelitian dengan variasi waktu yang dibuat dalam bentuk grafik konversi versus waktu menunjukkan bahwa arus osilasi dapat menghasilkan konversi jauh lebih besar bila dibandingkan dengan proses non osilasi.



Gambar 2. Pengaruh Waktu Terhadap Konversi D-Glukosa Menjadi D-Fruktosa Pada Temperatur 60°C Frekuensi 8 Hz

Pada gambar 2 dapat dilihat konversi maksimum yang dicapai 98,3 % untuk α D-glukopiranososa murni dengan menggunakan frekuensi motor 8 Hz dan jarak Amplitudo 8 cm, dalam waktu reaksi sekitar 50 menit pada temperature 60 °C.

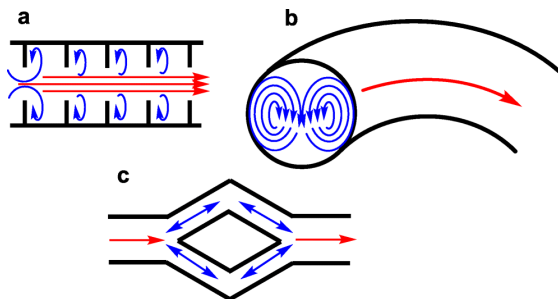
Karakteristik hidrodinamika fluida memegang peranan penting terhadap proses perpindahan massa dan panas. Pencampuran (*mixing*) akibat ketidakstabilan hidrodinamika dan penghancuran lapisan film pada dinding saluran merupakan dua fenomena penting perpindahan massa dalam sistem saluran.

Peningkatan laju perpindahan massa dan panas itu sendiri dipengaruhi oleh pencampuran antar fluida, dan pencampuran tergantung pada variabel hidrodinamika dan geometri sistem yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan sebuah kolom berbaffle vertikal dengan pola Aliran osilasi dimana prosesnya berlangsung secara batch. Variabel hidrodinamika yang digunakan adalah frekwensi Gerakan piston dan amplitudo.

Untuk Aliran laminar *steady* dalam tube yang ber dinding mulus hampir tidak terjadi pencampuran. Tetapi dengan mengubah variabel hidrodinamika dan geometri sistem maka pencampuran dapat berlangsung baik dan contoh pencampuran akibat ketidakstabilan hidrodinamika adalah pada Aliran turbulen, ditunjukkan pada gambar 4

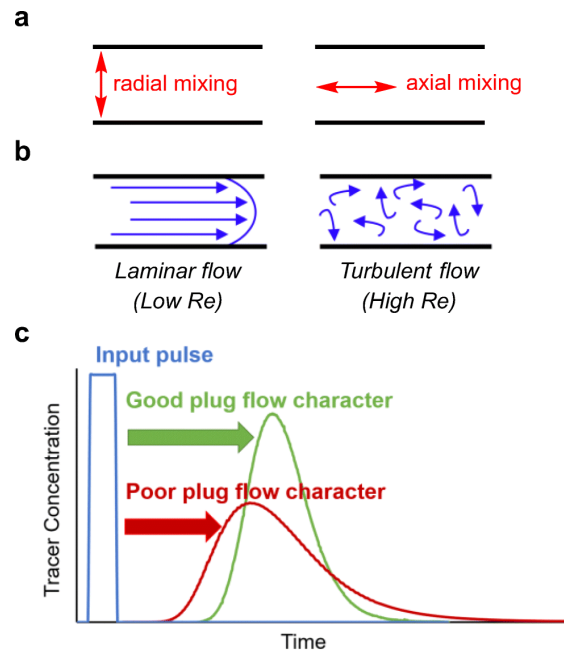
Penelitian sebelumnya tentang pencampuran dan *disperse* di dalam tube horizontal dan vertikal pada Aliran laminar dan osilasi dengan *baffle*, untuk Aliran fluida yang laminar di dalam tube dan tanpa *baffle* pencampuran yang terjadi akan lebih kecil dalam arah radial, tetapi dengan menggunakan osilasi dan *baffle* di dalam tube, hasil pencampuran yang homogen akan dihasilkan diantara *baffle*, hal ini disebabkan karena komponen kecepatan radial muncul Bersama komponen kecepatan axial (Avila M, dkk., 2020)

Dalam Aliran osilasi, fluida secara konstan bergerak mengikuti fase akselerasi dan deselerasi yang disebabkan oleh suatu sumber. Untuk Aliran yang terjadi pada tube, penggunaan *baffle* pada tube dan piston yang diletakkan pada ujung tube yang digerakkan secara gerakan dorong dan Tarik dapat mencapai osilasi fluida. Gerakan bolak balik fluida secara periodic berinteraksi dengan *baffle*, membentuk struktur *vortek* yang komplek, ini menyebabkan laju pengadukan secara *axial* dan radial terjadi secara bersamaan. Hasil ini terjadi secara *uniform* pada zona diantara *baffle*, (Allafi AW, dkk., 2021), ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3. Profil Aliran Osilasi Menggunakan Baffle

Aliran osilasi dapat mengurangi terbentuknya resirkulasi *vortex* sehingga meningkatkan pencampuran dan perpindahan massa, (Camara MJ dkk., 2021)



Gambar 4. Profil Aliran Laminer dan Turbulen

Percobaan pada tube horizontal Aliran laminar tanpa *baffle* dengan osilasi. Partikel polietilen ditambahkan ke fluida tracer menunjukkan profil Aliran secara jelas dari kiri ke kanan tube. Biasanya profil kecepatan berbentuk parabola pada Aliran laminar, namun karena perbedaan density dalam penambahan fluida Nampak cenderung menurun ke bawah tube.

Aliran fluida yang laminar di dalam tube dan tanpa *baffle* pencampuran yang terjadi akan lebih kecil dalam arah radial, tetapi dengan menggunakan osilasi dan *baffle* di dalam tube, hasil pencampuran yang homogen akan dihasilkan diantara *baffle*, hal ini disebabkan karena komponen kecepatan radial muncul Bersama komponen kecepatan aksial.

Perpindahan massa meningkat dengan terjadinya tumbukan antar partikel yang diakibatkan oleh gerakan akselerasi dan deselerasi piston dalam reaktor dengan menggunakan *baffle*. Akibat dari peristiwa tersebut struktur *vortek* tidak terbentuk. Gerakan dilakukan secara periodik.

KESIMPULAN

Pengaruh Aliran osilasi terhadap peningkatan konversi D-Glukosa menjadi D-Fruktosa dalam reaktor *baffle* menunjukkan kenaikan yang cukup berarti dengan konversi sebesar **98,319%** dibandingkan dengan Aliran tanpa osilasi menghasilkan konversi sebesar **47,647%**. Arus osilasi dan *baffle* di dalam tube, menghasilkan pencampuran yang homogen, hal ini disebabkan karena komponen kecepatan radial muncul Bersama komponen kecepatan aksial sehingga menimbulkan tumbukkan efektif antar partikel yang dapat meningkatkan perpindahan

massa

SARAN

Data yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan skala industri pabrik Gula

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Prof. Dr. Ir. Sri Haryati dan Prof. Dr. Ir. M. Djoni Bustan M.Eng sebagai pembimbing pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allafi AW, Zahrah AF, Mao X, 2021, "Fluid dynamics of oscillatory flow across parallel plates in standing wave thermoacoustic system with two different operation frequencies," *Engineering Science and Technology an International Journal* 24(1):41-49, DOI: 10.1016/J.Jestch.2020.12.008
- Avila M, Fletcher DF, Poux M, Xuereb C, Aubin J, 2020, "Mixing performance in continuous oscillatory baffled reactors," <http://www.sciencedirect.com/science/article/Pii/S009250920301329>
- Buchmaier J, Christoph B, Phan AN, Griesbacher U, 2020, "Oscillatory Flow Bioreactor (OFB) Applied in Enzymatic Hydrolysis at High Solid Loadings", *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly* 33(4), DOI: 10.15255/CABEQ.2018.1553
- Camara MJ, Liorens CD, Solano JP, Vicente P, 2021, "Baffled tubes with Superimposed Oscillatory Flow: Experimental Study of The Fluid Mixing and Heat Transfer at low Reynolds Numbers," <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusc.2020.110324>, Volume 123, 1 May 2021.110324
- Foukrach M, Bouzit M, Ameer H, Leaml Y, 2020, "Effect of Agitator's Types on The Hydrodynamic Flow In an Agitated Tank," *Chinese journal of mechanical Engineering*
- Gouda E.M, Fan Y, Benaouicha M, Neu T. 2021. "Review on Liquid Piston Technology for Compressed Air Energy Storage". *The Journal of Energy Storage*. Vol 43(9):10311. DOI 10.1016/j.est.2021.103111
- Jiang Y, Lyu X, Chen H, Wei X, Zhang Z, Lu X. 2022, "Catalytic Conversion of High Fructose Corn Syrup to Methyl Lactate with CoO@silicalite-1". *Jurnal Catalyst*, Vol.12, Issue 4, DOI:10.3990/catal12040442 <https://www.mdpi.com/2073-4344/12/4/442/htm>
- Jia X, Yuan Q, Yuan Q, Feng W, 2011, "Fluid Flow Modeling of Gas Induced Pulsating Flow Bubble Column", *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 25(1). https://www.researchgate.net/publication/50925680_Fluid_Flow_Modeling_of_a_Gas-induced_Pulsating_Flow_Bubble_Column
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Kemenkes RI). 2017. Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan, Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan. *Gizi Dalam Daur Kehidupan*.
- Kumar S, Sharma S, Kansal KS, Elumalai S, 2020, "Efficient Conversion of Glucose into Fructose via Extraction," <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03918>
- Kusuma, G.P.W; Nocianitri, K.A; Pratiwi, D.P.K. 2020. Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Karakteristik Fermented Rice Drink Sebagai Minuman Probiotik Dengan Isolat Lactobacillus sp. F213. *Jurnal Itepa*, 9 (2) hal :182-193. ISSN : 2527-8010.
- Khaide C, Pandit A, Sangwai J, Ranade V, 2018, "Flow, mixing, and Heat Transfer in fluidic Oscillators", *The Canadian Journal Of Chemical Engineering* 97(2), DOI 10.1002/cjce.23377
- Li H, Zhuang H, Geng W, 2012, "Design of a Turbulence Generator of Medium Consistency Pulp Pump"s. *International Journal of Rotating Machinery*. Volume 2012. Article ID 413674. DOI: 10.1155/2012/413674.
- McDonough J.R, Phan A.N, Harvey A.P, 2018, "Rapid process development using oscillatory baffled mesoreactors – A state-of-the-art review". *Chemical Engineering Journal*. Vol.265. Page 110-121. DOI: 10.1016/j.cej.2014.10.113. https://eprints.ncl.ac.uk/file_store/production/212090/9510D818-E083-43E0-AB6F-214A75D2B4DE.pdf
- Mckeown R, Monico OR, Pumir A, Brenner PM, Rubinstein MS, 2020, "Turbulence generation through an iterative cascade of the elliptical instability," DOI: 10.1126/sciadv.aa22717
- Moerman F, Kastelein J. 2014, "Chapter 26- Hygienic Design and Maintenance of Equipment. *Food Safety Management*". Pages 673-739. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381504-0.00026-3>
- Mazubert A, Fletcher DF, Poux M, Aubin J, 2016, "Hydrodynamics and Mixing in Continuous Oscillatory Flow

- Reactors -part 1: Effect of baffle geometry*", Chemical Engineering and Processing 108, DOI
- Omojuwa E, Ahmed MR, 2020," Analytical Modeling of Axial oscillation Supported drillstrings in High Angle wells," Journal of petroleum science and engineering 191(2)1107139, DOI 10.1016/ J. petrol 2020.107139
- Rippe, J.M. 2014," *Fructose, high fructose corn syrup, sucrose and health*". DOI:10.1007/978-1-4899-8077-9
- Ramadan I, EL Rahman AIA, Essawey AHI, Rahman EA, 2017," Transition to Turbulence in Oscillating Flows", Conference 24th International Congress on Sound and Vibration At London, UK
- Yegres M, Blanco A, 2022, "*Numerical Modelling of the Oscillatory flow effect around Submarine pipelines*", Revista Facultad de Ingenieria, Universidad de Antioquia, No 102, PP 77-87, Jan-Mar 2022, <https://www.doi.org/10.17533/udea.redin.20200801>
- Yang P, Chen XI, Chen QR, Peng Y, Songrong WV, Jianping XV, 2021, "*Stability Improvement of Pulse Power Supply With Dual Inductance Active Storage Unit Using Hysteresis Current Control*,"IEEE journal on emerging and selected topics in circuits and systems, DOI: 10.1109/JETCAS 2020, 3048699