



DESIGN OF ENZYMATIC MEMBRANE REACTOR (EMR): REVIEW ON CURRENT TRENDS

KIWINTA DIAUSSIE



DEPARTEMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
IPB UNIVERISTY
BOGOR
2021



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



STATEMENT LETTER OF MANUSCRIPT, SOURCES OF INFORMATION, AND DELEGATION OF COPYRIGHTS*

I hereby declare that the manuscript with title of Design of Enzymatic Membrane Reactor (EMR): Review on Current Trends is truthfully my works under the guidance of supervision committee and has never been published on any academic or institutional platform in any form. Source of information taken or cited from another published and/or unpublished articles has been stated in the text and bibliography at the end of the manuscript.

With this, I bestow the copyright of this manuscript to IPB University.

Bogor, September 2021

Kiwinta Diaussie
NIM

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRACT

KIWINTA DIAUSSIE. Design of Enzymatic Membrane Reactor (EMR): Review on Current Trends. Supervised by AZIS BOING SITANGGANG and SLAMET BUDIJANTO.

The application of Enzymatic Membrane Reactor (EMR) for continuous production in food technology is on high demand. There are two types of EMR design in food technology namely single (mono) phasic reactor and multiphasic (biphasic) reactor. EMR has shown the ability to improve the efficiency of enzyme-catalyzed bioconversion, to increase product yields, and they can be easily scaled up for industrial purposes compare to conventional enzyme reactor. In food technology, continuous EMR is using mostly for enzymatic hydrolysis reaction to improve the value of the product such as nutritional and functional properties. In this review will be focusing on the design of enzymatic membrane reactor (EMR) in food technology also the membrane characteristics, processing or reacting condition to produce product in single and multiphase system, its application and future trends. The research in review was conducted using electronic database like Google Scholar and ScienceDirect and there were 36 full-text articles evaluated.

Keywords: Enzymatic Membrane Reactor (EMR), enzymatic hydrolysis, membrane modules, multiphase reactor, single phasic reactor.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DESIGN OF ENZYMATIC MEMBRANE REACTOR (EMR): REVIEW ON CURRENT TRENDS

KIWINTA DIAUSSIE

Manuscript
Submitted as a partial fulfillment of the requirements for
Bachelor Degree of Agricultural Technology
In the Departement of Food Science and Technology

**DEPARTEMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
FACULTY OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
IPB UNIVERISTY
BOGOR
2021**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Examiner during Manuscript exam:

- 1 Dr.Ing-. Azis Boing Sitanggang, S. TP., M.Sc
- 2 Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr
- 3 Dr. Ir. Muhammad Arpah, M.Si



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Manuscript title : Design of Enzymatic Membrane Reactor (EMR): Review on Current Trends
Name : Kiwinta Diaussie
NIM : F24189501

Approved by

Supervisor 1:
Dr.-Ing. Azis Boing Sitanggang, S.TP., M.Sc _____

Supervisor 2:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr _____

Approved by

Head of Food Science and Technology Department
Dr. Eko Hari Purnomo, S.TP, M.Sc
NIP. 197604121999031004 _____

Date of Exam:
(15 September 2021)

Date of Graduation:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PREFACE

Praise and gratitude to Allah subhanaahu wa ta'ala for all His blessings so that this manuscript is successfully completed. The systematic review was carried out since July 2021 with the title “Design of Enzymatic Membrane Reactor (EMR): Review on Current Trends”. The reference of systematic review searched with electronic database such as google scholar and science direct which would be screened based on relevant topic.

Author would thank parents, husband brothers and sisters for their support, love, hope, and prayer. Also thank to Dr.-Ing. Azis Boing Sitanggang, M.Sc as supervisor who has guided and provided many suggestions.

Hopefully this scientific work is useful as reference for scientific future.

Bogor, September 2021

Kiwinta Diaussie



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

TABLE OF CONTENT

LIST OF TABLES	ii
LIST OF FIGURES	ii
I INTRODUCTION	1
1.1 Background	1
1.2 Problem Statement	2
1.3 Purpose of Study	2
II METHODS	3
III RESULTS AND DISCUSSION	4
3.1 Design of Enzymatic Membrane Reactor	4
3.2 Membrane Characteristics	6
3.3 Enzyme Immobilization in Enzymatic Membrane Reactor	10
3.4 Enzymatic Membrane Reactor versus other Reactor Configuration	16
3.5 Application	17
IV CONCLUSION AND OUTLOOK	31
4.1 Conclusion	31
4.2 Outlook	31
BIBLIOGRAPHY	33
CURRICULUM VITAE	42

LIST OF TABLES

Table 1 Comparison of four methods for enzyme immobilization (Source: Yoo <i>et al.</i> 2017; Zhang <i>et al.</i> 2012, Sassolas <i>et al.</i> 2012)	15
Table 2 EMR application for biphasic (multiphase) system EMR in food technology	21
Table 3 EMR application for single phase system EMR in food technology	23

LIST OF FIGURES

Figure 1 Flowchart of metode in review	3
Figure 2 Configuration of EMR according to position of enzyme and membrane: (a) continuous STR (Stirred Tank Reactor) combined with membrane module to separated product and to recycle substrate and free enzyme; (b) STR with enzyme immobilized on or within matrix of membrane; (c) conventional STR with entrapped enzyme within gels, fibers, or microencapsulation (Source: Vladisavljević GT, 2016)	5
Figure 3 Schematic diagram of (a) dead-end filtration and (b) crossflow filtration mode (Source: Kirschner <i>et al.</i> 2018).	5
Figure 4 Schematic diagram of membrane classification (Source: Field and Lipnizki 2017)	8
Figure 5 Schematic diagram of (a) flat sheet plate membrane module; and (b) cross-sectional view of flat sheet plate module (source: Su <i>et al.</i> 2020; Giorno <i>et al.</i> 2017)	8
Figure 6 Schematic diagram of Spiral Wound Membrane module (SWM) with feed, retentate, and permeate flow direction (Source: Schwinge <i>et al.</i> , 2004)	8
Figure 7 Typical dimensions of (a) Hollow fiber membranes; (b) Capillary membranes; and (c) Tubular membranes (Do = outer diameter; Di = inner diameter) (Source: Scholz <i>et al.</i> 2011)	9
Figure 8 Schematic diagram of (a) Hollow fiber membrane module; (b) cross-sectional view of hollow fiber module; and (c) Tubular membrane module (source: Su <i>et al.</i> , 2020; Giorno <i>et al.</i> 2017)	9
Figure 9 Relationship between pH solution and solubility of protein (Source: Scopes 1993)	11
Figure 10 Relationship between pH solution and ionic charge of amino acids (Source: Yoo <i>et al.</i> 2017)	11
Figure 11 The most common methods to immobilized enzyme (red dot: enzyme). (Source: Yoo <i>et al.</i> 2017)	14
Figure 12 Procedure of hydrophilic ultra-thin gel layer formation on ceramic membrane for enzyme attachment by covalent bond (Source: Lozano <i>et al.</i> 2002)	14

- Figure 13 Schematic diagram of (a) Batch reactor; (b) Continuous stirred tank reactor; (c) Continuous Enzymatic membrane reactor (EMR); (d) Fluidized bed reactor (FBR); (e) Packed bed reactor (PBR) (Source: Lema *et al.* 2010) 17
- Figure 14 Schematic diagram of (a) cross-sectional view of enzyme-activate membrane in multiphase membrane reactor process and (b) biphasic (multiphase) membrane reactor with enzyme activated membrane (rights) (Source: Matson 1989; Vladisavljević 2016; Belleville *et al.* 2013) 20
- Figure 15 Schematic diagram of multiphase reactor and enzymatic reaction in w/o PE (water in oil Pickering emulsion) (Source: Heyse *et al.* 2018) 20
- Figure 16 Schematic diagram of STR (Stirred Tank Reactor) (a) with nanoparticle biocatalyst in w/o Pickering emulsion for heterogeneous system or anhydrous media and (b) with free enzyme for homogeneous system combined with antifouling membrane module in crossflow filtration. 32



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.