

COAGULANT EFFECT OF CHITOSAN AND EMPTY FRUIT BUNCHES ASH IN PRE-TREATMENT UNIT OF PALM OIL MILL EFFLUENT ANAEROBIC-AEROBIC REACTOR

RIZKY MURSYIDAN BALDAN



**DEPARTMENT OF CIVIL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF AGRICULTURAL ENGINEERING & TECHNOLOGY
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2024**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- 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.

Perpustakaan 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.

DECLARATION OF THE UNDERGRADUATE THESIS INFORMATION SOURCES AND COPYRIGHTS TRANSFER

I hereby declare that the undergraduate student thesis titled “Coagulant Effect of Chitosan and Empty Fruit Bunches Ash in Pre-treatment Unit of Palm Oil Mill Effluent Anaerobic-Aerobic Reactor” is my own work under the guidance of my supervisors and has not been published or submitted to any university in any form. Source of information derived or quoted from unpublished or published document by any other authors have been mentioned in the text and has also been included in the bibliography at the end of this thesis.

Hereby, I assign the copyright of this undergraduate thesis to the IPB University.

Bogor, July 2024

Rizky Mursyidan Baldan
F4401201080

@Hak cipta milik IPB University

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 satu 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

RIZKY MURSYIDAN BALDAN. Coagulant Effect of Chitosan and Empty Fruit Bunches Ash in Pre-treatment Unit of Palm Oil Mill Effluent Anaerobic-Aerobic Reactor. Supervised by ALLEN KURNIAWAN.

POME and EFB form the largest by-products of palm oil processing. This study instigates the UASB and IFCS system in ACSt reactor. Additionally, evaluating bio-coagulants chitosan and EFB ash to enhance treatment efficiency. The research aims to improve pollutant removal in ACSt reactor by adding pre-treatment processes with bio-coagulant. Laboratory tests on TSS, COD, TDS, and pH for jar tests, and oil and grease for ACSt reactor operation were conducted. Chitosan (10 mg/L) achieved 18.88% COD and 98.68% TSS removal, while EFB (1500 mg/L) showed 16.98% COD and 98.96% TSS removal. The chitosan:EFB combination (80:20) had the highest removal rates of 19.72% for COD and 99.15% for TSS. Kinetic analysis revealed the highest R^2 values (0.98 for TSS and 0.96 for TDS) using the first-order model. The Gompertz model accurately predicted pollutant removal, with R^2 up to 0.99. Adsorption isotherm studies indicated Langmuir model effectiveness for EFB ($R^2 = 0.89$) and Temkin for chitosan ($R^2 = 0.71$). The ACSt reactor showed potential in reducing COD, TSS, and oil and grease, though inconsistencies in TDS removal.

Keywords: EFB, chitosan, palm oil mill effluent, pre-treatment, bio-coagulant

ABSTRAK

RIZKY MURSYIDAN BALDAN. Coagulant Effect of Chitosan and Empty Fruit Bunches Ash in Pre-treatment Unit of Palm Oil Mill Effluent Anaerobic-Aerobic Reactor. Dibimbing oleh ALLEN KURNIAWAN.

LCKS dan TKKS merupakan produk sampingan terbesar dari pengolahan minyak sawit. Studi ini mengembangkan sistem UASB dan IFCS dalam reaktor ACSt. Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap koagulan organik kitosan dan abu TKKS untuk meningkatkan efisiensi pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan penyisihan polutan melalui penambahan pra-pengolahan dengan bio-koagulan. Pengujian laboratorium pada TSS, COD, TDS, dan pH untuk uji jartest, serta minyak dan lemak untuk operasi reaktor ACSt dilakukan. Kitosan (10 mg/L) mencapai penyisihan COD sebesar 18,88% dan TSS sebesar 98,68%, EFB (1500 mg/L) menunjukkan penyisihan COD sebesar 16,98% dan TSS sebesar 98,96%. Kombinasi kitosan:EFB (80:20) memiliki tingkat pengurangan tertinggi yaitu 19,72% untuk COD dan 99,15% untuk TSS. Analisis kinetik menunjukkan nilai R^2 tertinggi (0,98 untuk TSS dan 0,96 untuk TDS) menggunakan model orde pertama. Model Gompertz secara akurat memprediksi efisiensi pengurangan polutan, dengan R^2 hingga 0,99. Studi isotherm adsorpsi menunjukkan efektivitas model Langmuir untuk EFB ($R^2 = 0,89$) dan Temkin untuk kitosan ($R^2 = 0,71$). Reaktor ACSt menunjukkan potensi dalam mengurangi COD, TSS, dan minyak serta lemak, meskipun terdapat ketidakkonsistenan dalam penyisihan TDS.

Kata kunci: TKKS, kitosan, POME, pra-pengolahan, bio-koagulan



@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.

© Copyrighted by IPB University, 2024¹
Copyright is protected by Law

It is prohibited to quote parts or all of this paper without citing or acknowledging the source. Citation is only for the purposes of education, research, writing scientific papers, compiling reports, writing criticisms, or reviewing a problem, and the citations are not detrimental to the interests of IPB University.

It is forbidden to publish and reproduce parts or all of this paper in any form without the permission of IPB University.

COAGULANT EFFECT OF CHITOSAN AND EMPTY FRUIT BUNCHES ASH IN PRE-TREATMENT UNIT OF PALM OIL MILL EFFLUENT ANAEROBIC-AEROBIC REACTOR

RIZKY MURSYIDAN BALDAN

Undergraduate thesis
as one of the requirements to obtain Bachelor's Degree in
Civil and Environmental Engineering Department

**DEPARTMENT OF CIVIL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF AGRICULTURAL ENGINEERING & TECHNOLOGY
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2024**



@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 on Undergraduate Thesis Exam:
1 Joana Febrita, S.T., M.T.
2 Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si.

Title : Coagulant Effect of Chitosan and Empty Fruit Bunches Ash in
Pre-treatment Unit of Palm Oil Mill Effluent Anaerobic-Aerobic
Reactor
Nama : Rizky Mursyidan Baldan
Student ID : F4401201080

Approved by

Supervisor:

Dr. Eng. Ir. Allen Kurniawan, S.T., M.T.
NIP. 19820729 201012 1 005

Known by

Head of department:

Dr. Ir. Erizal, M.Agr. IPM
NIP. 19650106 199002 1 001

Exam date:
27 June 2024

Graduate date:
17 July 2024

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.

PREFACE

The author prays the praise and gratitude to The Almighty God, who has given the author health and blessing to properly complete the undergraduate thesis titled "Coagulant Effect of Chitosan and Empty Fruit Bunches Ash in Pre-treatment Unit of Palm Oil Mill Effluent Anaerobic-Aerobic Reactor" promptly. The thesis was created and submitted to meet the requirement for a bachelor's degree in the Department of Civil and Environmental Engineering, IPB University.

On this occasion, the author would like to thank all associates who gave their support in the undergraduate thesis preparation, particularly to:

1. Setiyadi and Ferina Indri Astuti, beloved father and mother whom have given the highest form of love, support, and prayers;
2. Sherina Putri Amalia, a beloved sister for the love, support, and prayers;
3. Mizuka Audri Sifa, a friend and lover for the love and support during the undergraduate period;
4. Dr. Eng. Allen Kurniawan, S.T., M.T. as my supervisor who have given me guidance and teaching from the beginning until the completion of this thesis;
5. Allifiya Salsabil Nugrohputri, Dzaki Nauval, Aliyah Baida Wiwiyanti, as ACSt teammate for all the company, assistance, and advice;
6. Arya Muhammad Koernia, Alimah Hassyati Sahda, Khusnita Azizah, and Daffa Aqilla Prayogi, friends from Allen Supervised whom have provided support, advice, and guidance during undergraduate period;
7. Abdillah Luthfi for the help during ACSt reactor operation and parameter test in laboratory;
8. Chandra Ismail, Poncho Britano, Firmansya Roi Situmorang, Rizal Riharno, Billy Gnade Pratama, Angga Prayoga, Muhammad Syamsul Fazry, Muchtar Zhafran Ramadhan, and all comrade in arms from SiSilTipsy for the contribution, support, and solidarity during the years in college;
9. lastly, all other friends and associates whom the author cannot mentioned individually for the help and support.

The author has contrived the thesis as best as possible, but the author is also aware of many imperfections in both content and grammar. Consequently, the author welcomes any suggestions and constructive corrections to improve. The author wishes this thesis would be helpful in enriching readers' knowledge.

Bogor, July 2024

Rizky Mursyidan Baldan



@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.

CONTENTS

LIST OF TABLES	x
LIST OF FIGURES	x
LIST OF APPENDIXES	xi
LIST OF NOTATIONS	xi
I INTRODUCTION	1
1.1 Background	1
1.2 Problems Formulation	4
1.3 Objectives	4
1.4 Benefits	4
1.5 Scope	4
II METHODOLOGY	5
2.1 Timeline and Site of Research	5
2.2 Instruments and Materials	5
2.3 Research Operation Procedure	6
2.4 Coagulation-Flocculation Data Analysis	9
2.5 Reactor Performance Evaluation	12
III RESULT AND DISCUSSION	14
3.1 POME Waste Characteristics	14
3.2 The Optimum Coagulant for Pre-Treatment Unit	14
3.3 Kinetics of Coagulation Reaction Rates	17
3.4 Prediction of TSS and TDS Parameter Efficiency with Modified Gompertz Model	23
3.5 Adsorption Isotherm Analysis	26
3.6 Seeding and Acclimatization	29
3.7 Reactor Performance Evaluation	31
IV CONCLUSION AND SUGGESTION	38
4.1 Conclusion	38
4.2 Suggestion	38
BIBLIOGRAPHY	39
APPENDIX	44
BIOGRAPHY	61

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.



LIST OF TABLES

2.1	POME characteristic testing procedure	8
2.2	Variations in coagulant concentration	9
3.1	POME characteristic test results	14
3.2	Kinetics reaction rate of TDS reduction	17
3.3	Kinetics reaction rate of TSS reduction	20
3.4	Estimation result of Gompertz model variable	23
3.5	Results of Langmuir adsorption isothermal model	27
3.6	Results of Freundlich adsorption isothermal model	28
3.7	Results of Temkin adsorption isothermal model	29
3.8	COD _s concentration for each variation	32
3.9	TSS concentration for each variation	33
3.10	Oil and Grease concentration for each variation	35

LIST OF FIGURES

2.1	Configuration and sampling point of ACSt reactor	5
2.2	Flowchart of the research's procedure	7
3.1	Trends in COD, TSS, and TDS removal in variation I and variation II	15
3.2	COD, TSS, and TDS removal in variation III, IV, and V	16
3.3	First order reaction rate of TDS parameter at the most optimum coagulant dosage	18
3.4	Second order reaction rate of TDS parameter at the most optimum coagulant dosage	19
3.5	Third order reaction rate of TDS parameter at the most optimum coagulant dosage	19
3.6	First order reaction rate of TSS parameter at the most optimum coagulant dosage	21
3.7	Second order reaction rate of TSS parameter at the most optimum coagulant dosage	22
3.8	Third order reaction rate of TSS parameter at the most optimum coagulant dosage	22
3.9	Comparison graph of experimental results and prediction of Gompertz model for TSS concentration efficiency variation I (a), variation II (b), variation III (c), variation IV (d), variation V (e)	24
3.10	Comparison graph of experimental results and prediction of Gompertz model for TDS concentration efficiency variation I (a), variation II (b), variation III (c), variation IV (d), variation V (e)	25
3.11	Langmuir adsorption isothermal analysis model variation I (a) and variation II (b)	27

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 satu 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.



3.12	Freundlich adsorption isothermal analysis model variation I (a) and variation II (b)	28
3.13	Temkin adsorption isothermal analysis model variation I (a) and variation II (b)	29
3.14	Biomass seeding and acclimatization data of UASB	30
3.15	Biomass seeding and acclimatization data of IFCS	31
3.16	The CODs data of influent and effluent of ACSt reactor	32
3.17	The TSS data of influent and effluent of ACSt reactor	34
3.18	The Oil and Grease data of influent and effluent of ACSt reactor	35
3.19	The TDS data of influent and effluent of ACSt reactor	36
3.20	The pH data of influent and effluent of ACSt reactor	37

LIST OF APPENDICES

1	Jar test laboratory measurement data	45
2	Seeding and acclimatization laboratory measurement data of anaerobic unit (UASB)	46
3	Seeding and acclimatization laboratory measurement data of aerobic unit (IFCS)	47
4	ACSt reactor laboratory measurement data	49
5	Table of kinetics reaction rate calculation data for TDS parameter	52
6	Table of kinetics reaction rate calculation data for TSS parameter	54
7	Table of Gompertz model calculation data for TSS parameter	56
8	Table of Gompertz model calculation data for TDS parameter	57
9	Langmuir model calculation data	58
10	Freundlich model calculation data	59
11	Temkin model calculation data	60

LIST OF NOTATIONS

B	=	Constant related to the pressure
C_1	=	Initial concentrations of the adsorbate (mg/L)
C_0	=	Initial adsorbate concentration (mg/L)
C_e	=	Equilibrium concentrations of the adsorbate (mg/L)
$Efficiency_p$	=	Prediction of pollutant removal efficiency (%)
k_1	=	Reaction rate of the pollutant decreases at first order (mg/L minute ⁻¹ or ppm minute ⁻¹)
k_2	=	Reaction rate of decreasing pollutants at second order (L/mg minute ⁻¹ or 1/ppm minute ⁻¹)
k_3	=	Reaction rate of decreasing pollutants at third order ((L/mg) ⁻² minute ⁻¹ or (1/ppm) ⁻² minute ⁻¹)
K_f	=	Adsorption capacity at constant temperature (L/mg)



K_L

K_T

n

P

q_e

q_{max}

R^2

R_{adj}

SSE

t

V

W

λ

μ_m

- = Langmuir isotherm constant (L/mg)
- = Temkin constant at equilibrium conditions (L/mg)
- = Freundlich isotherm constant related to the strength of the adsorption
- = Maximum pollutant potential
- = Equilibrium adsorption capacity (mg/g or mg/ppm)
- = Theoretical maximum adsorption capacity (mg/g)
- = Coefficient of determination
- = Favorability of the adsorption process
- = Sum of squares error
- = Time of precipitation (minute)
- = Solution volume (L)
- = the amount of adsorbent used (g)
- = Lag phase of reaction
- = Maximum removal efficiency percentage (%)

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.