

SKRIPSI

ADSORPSI FOSFAT PADA LARUTAN MENGGUNAKAN KERANGKA ORGANIK YTTRIUM



Diajukan oleh:

Pius Widya Putra

NRP 5203021018

Ivan Winata

NRP 5203021005

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar SKRIPSI bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : Pius Widya Putra

NRP : 5203021018

telah diselenggarakan pada tanggal 24 Juli 2024, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 5 Agustus 2024

Pembimbing I

Ir. Jenni Lie, ST., Ph.D., IPP.,

NIDN 0713079304

Pembimbing II

Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T.,
Ph.D., IPM.

NIDN 0709119004

Dewan Penguji

Ketua

Ir. Chintya Guperto, S.T., Ph.D., IPP.,

NIDN 0728119501

Sekretaris

Ir. Jenni Lie, ST., Ph.D., IPP.,

NIDN 0713079304

Anggota

Ir. Nathania
Puspitasari, S.T.,
Ph.D., IPP.

NIDN 0725119401

Anggota

Ir. Shella Permatasari
Santoso, S.T., Ph.D.,
IPM.

NIDN 0709119004

Anggota

Ir. Maria Yuliana, ST.,
Ph.D., IPM.

NIDN 0706078605

Mengetahui



Prof. Dr. Elysa Edli Soetaredjo, S.T.,
M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIDN 0702047702



Ir. Sandy Budi Hartono, S.T.,
M.Phil., Ph.D., IPM.

NIDN 0726127601

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar SKRIPSI bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

Nama : Ivan Winata

NRP : 5203021005

telah diselenggarakan pada tanggal 24 Juli 2024, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia.

Surabaya, 5 Agustus 2024

Pembimbing I

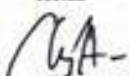

Ir. Jenni Lie, ST., Ph.D., IPP.,
NIDN 0713079304

Pembimbing II


Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T.,
Ph.D., IPM.,
NIDN 0709119004

Dewan Penguji

Ketua


Ir. Chintya Gunardo, S.T., Ph.D., IPP.,
NIDN 0728119501

Sekretaris


Ir. Jenni Lie, ST., Ph.D., IPP.,
NIDN 0713079304

Anggota


Ir. Nathania
Puspitasari, S.T.,
Ph.D., IPP.,
NIDN 0725119401

Anggota


Ir. Shella Permatasari
Santoso, S.T., Ph.D.,
IPM.,
NIDN 0709119004

Anggota


Ir. Maria Yuliana, ST.,
Ph.D., IPM.,
NIDN 0706078605

Mengetahui


Ketua Program Studi Teknik
Kimia,
Ir. Soetaredjo, S.T.,
M.Pd., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.,
NIDN 0702047702


Ketua Program Studi Teknik Kimia,
Ir. Sahay Budi Hartono, S.T.,
M.Pd., Ph.D., IPM.,
NIDN 0726127601

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi Perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa program
Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama : Pius Widya Putra

NRP : 5203021018

Menyetujui karya ilmiah saya:

**ADSORPSI FOSFAT PADA LARUTAN MENGGUNAKAN KERANGKA
ORGANIK YTTRIUM**

Untuk dipublikasikan di internet atau media (Digital Library Perpustakaan
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik
sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah ini saya buat dengan
sebenarnya

Surabaya, 24 Juli 2024

Yang menyatakan



Pius Widya Putra

NRP 5203021018

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

Nama : Ivan Winata

NRP : 5203021005

Menyetujui karya ilmiah saya:

**ADSORPSI FOSFAT PADA LARUTAN MENGGUNAKAN
KERANGKA ORGANIK YTTRIUM**

untuk dipublikasikan di internet atau media lain (Digital Library Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah ini saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 24 Juli 2024

Yang menyatakan,



Ivan Winata

NRP 5203021005

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini, saya tersebut diatas juga menyatakan bahwa hasil karya ilmiah dalam bentuk Skripsi ini benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui ada pelanggaran dan penyelewengan dari peraturan akademik Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa Skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 24 Juli 2024
Yang menyatakan,



Pius Widya Putra
NRP 5203021018

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini, saya tersebut diatas juga menyatakan bahwa hasil karya ilmiah dalam bentuk Skripsi ini benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui ada pelanggaran dan penyelewengan dari peraturan akademik Program Studi Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa Skripsi ini tidak dapat digunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 24 Juli 2024
Yang menyatakan,



Ivan Winata
NRP 5203021005

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN	ii
PUBLIKASI KARYA ILMIAH	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
INTISARI.....	xii
PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	3
I.3 Pembatasan Masalah.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Eutrofikasi	4
II.2 <i>Yttrium Metal Organic Framework</i> (Y-MOF)	5
II.3 Adsorpsi fosfat dengan adsorben Y-MOF	10
II.4 Pemodelan Adsorpsi	12
III. METODE PENELITIAN	14
III.1 Rancangan Penelitian.....	14
III.2 Bahan Kimia.....	15
III.3 Alat.....	16
III.4 Instrumentasi	16
III.5 Prosedur Penelitian	16
III.5.1 Sintesis MOF Y-BDC dan Y-BTC	16
III.5.2 Pembuatan Reagen	17
III.6 Pembuatan Kurva Baku	17
III.7 Isoterm Adsorpsi.....	18
III.8 Kinetika Adsorpsi	19
III.9 Adsorpsi berdasarkan pH.....	19
III. 0Metode pH _{pzc}	19
III. 1Termodinamika Adsorpsi	20
III. 2Reusability Y-MOF	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
IV.1 Sintesa adsorben Y-MOF	21
IV.2 Karakterisasi XRD Y-MOF	22
IV.3. Karakterisasi FTIR	29
IV.4 Isoterm Adsorpsi dari Y-BTC dan Y-BDC pada suhu 30; 40 dan 50°C dengan persamaan Freundlich dan Langmuir	31
IV.6 Kapasitas Adsorpsi berdasrkan pH.....	39

IV.8 Termodinamika Adsorpsi	42
IV.9 Mekanisme Adsorpsi.....	43
IV.10 Reusability.....	45
KESIMPULAN DAN SARAN	48
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Struktur MOF [16]	6
Gambar II.2 Struktur molekul Asam 1,4- Benzenadikarboksilat (BDC)	8
Gambar II.3 Struktur Molekul 1,3,5-benzenetricarboxylic acid (BTC).....	9
Gambar III.1 Skema penelitian penghilangan senyawa fosfat dengan metode adsorpsi menggunakan Y-MOF	15
Gambar IV.1 (a) Grafik XRD Material PO ₄ (b) Grafik XRD Material Y-BDC (c) Grafik XRD Y-BDC referensi [39].....	273
Gambar IV.2 (a) Grafik XRD Material Y-BTC+PO ₄ (b) Grafik XRD Material Y-BTC (c) Grafik XRD Y-BTC [38]	25
Gambar IV.3 (a) dan (b) merupakan hasil Y-BDC sebelum dan sesudah serta (c) dan (d) merupakan hasil dari Y-BTC sebelum dan sesudah adsorpsi	27
Gambar IV.4 (a) merupakan hasil material SEM-EDS Y-BDC sebelum adsorpsi dan sesudah serta (c) dan (d) merupakan hasil dari Y-BTC sebelum dan sesudah adsorpsi.....	28
Gambar IV.5 (a) dan (b) merupakan hasil FTIR dari Y-BDC dan Y-BTC sebelum dan sesudah adsorpsi pada konsentrasi 100 ppm dengan suhu 30 °C	29
Gambar IV.6 Grafik Isoterm Adsorpsi (a) Y-BDC (b) Y-BTC pada suhu 30 °C selama 3 jam	32
Gambar IV.7 Hasil plot <i>Pseudo First Order</i> (a), (b), (c) Y-BTC dengan suhu 30;40 dan 50 °C dan (d), (e), (f) Y-BTC dengan suhu 30;40 dan 50 °C dengan konsentrasi PO ₄ ⁻³ 400 ppm; adsorpsi selama 3 jam	36
Gambar IV.8 Hasil plot <i>Pseudo Second Order</i> (a), (b), (c) Y-BTC dengan suhu 30;40 dan 50 °C dan (d), (e), (f) Y-BTC dengan suhu 30;40 dan 50 °C dengan konsentrasi PO ₄ ⁻³ 400 ppm; adsorpsi selama 3 jam.....	37
Gambar IV.9 (a) Hasil pH _{pzc} dengan MOF Y-BDC dan (b) Hasil pH _{pzc} dengan MOF Y-BTC dengan konsentrasi PO ₄ ⁻³ 400 ppm; suhu 30°C; adsorpsi selama 3 jam	39
Gambar IV.10 (a) Hasil adsorpsi berdasar pH dengan MOF Y-BDC dan Y-BTC dengan konsentrasi PO ₄ ⁻³ 200 ppm; suhu 30°C; adsorpsi selama 3 jam	41
Gambar IV.11 Mekanisme Adsorpsi Y-MOF dengan fosfat.....	465
Gambar IV.12 Grafik reusability Y-MOF dengan konsentrasi fosfat 400 ppm; suhu 30°C; adsorpsi selama 3 jam.....	46

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Data adsorpsi fosfat menggunakan berbagai adsorben	11
Tabel IV.1 % Yield Y-MOF	21
Tabel IV.2 Parameter Langmuir dan Freundlich dari adsorpsi fosfat selama 3 jam	34
Tabel IV.3 Parameter Pseudo First Order dan Second Order dari adsorpsi fosfat dengan konsentrasi PO_4^{3-} 400 ppm; suhu 30°C; adsorpsi selama 3 jam	38
Tabel IV.4 Hasil Perhitungan Termodinamika	42

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan penusunan laporan Skripsi yang berjudul “**Adsorpsi Fosfat pada Larutan Menggunakan Kerangka Organik Yttrium**” dengan baik. Penyusunan laporan ini merupakan salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Selama pelaksanaan dan penyusunan laporan Skripsi ini, tentunya tak lepas dari pihak-pihak yang turut memberikan kontribusi demi terselesaikannya laporan ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yesus yang selalu terus memberikan kekuatan, Kesehatan dan jalan keluar yang terbaik untuk penulis.
2. Ir. Jenni Lie, ST., Ph.D., IPP. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan banyak masukan dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan;
3. Ir. Shella Permatasari Santoso, S.T., Ph.D., IPM. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan banyak masukan dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan;
4. Ir. Chintya Gunarto, S.T., Ph.D., IPP., Ir. Nathania Puspitasari, S.T., Ph.D., IPP. dan Ir. Maria Yuliana, ST., Ph.D.,IPM. selaku dosen penguji;
5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, yang secara tidak langsung telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian laporan Skripsi ini;
6. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan secara materi maupun non-materi
7. Margaretha Violina Putri Purnomo dan Virgiel Cyntia Setiawan yang telah memberikan dukungan secara mental sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi ini, serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan Skripsi ini dapat berkontribusi untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, serta bagi para pembaca.

Surabaya, 18 Juli 2024

Penulis

INTISARI

Adsorpsi fosfat dalam fase cair menggunakan Yttrium Metal-Organic Framework (Y-MOF) menjadi fokus penelitian ini untuk mengatasi permasalahan eutrofikasi pada perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari kapasitas adsorpsi Y-MOF terhadap fosfat, serta mengeksplorasi mekanisme interaksi yang terlibat dalam proses adsorpsi. Adapun beberapa parameter adsorpsi yang dipelajari meliputi: (1) variasi jenis ligan organik (Asam 1,4-benzenadikarboksilat/ BDC dan asam 1,3,5-benzenetrikarboksilat/ BTC) pada sintesa Y-MOF, (2) isotherm adsorpsi pada berbagai konsentrasi fosfat (150 – 2000 ppm), suhu (30 - 50 °C), kinetika adsorpsi pada kurun waktu (5 - 240 menit) dan pH (3 - 10), serta reusability adsorben dan penerapannya pada sampel limbah cair. Hasil sementara yang kami dapatkan berupa yield dari masing-masing MOF yang telah kami sintesa dan mendapatkan yield untuk Y-BDC lebih besar disbanding dengan Y-BTC dan untuk hasil XRD juga menunjukkan adanya kandungan logam yttrium dari masing-masing ligan BDC dan BTC dari setiap Y-MOF. Dengan adanya karakterisasi menggunakan XRD dan SEM menunjukkan terjadinya adsorpsi dan perubahan struktur kristalinitas setelah adsorpsi dan untuk analisis FTIR mengindikasikan adanya interaksi kimia antara gugus fosfat dengan gugus fungsional pada kedua material. Untuk hasil SEM menunjukkan bentuk morfologi dari setiap Y-MOF sebelum dan setelah adsorpsi lalu untuk studi isotherm adsorpsi dilakukan dengan menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich dan Model Langmuir cenderung lebih cocok untuk material Y-BDC, sedangkan model Freundlich lebih cocok untuk material Y-BTC. Untuk persamaan kinetika adsorpsi model Pseudo Second Order paling sesuai untuk proses adsorpsi fosfat baik pada Y-BDC maupun pada Y-BTC, dan material Y-BDC dan Y-BTC memiliki kapasitas adsorpsi optimal yang terjadi pada pH 6, serta material Y-BDC dan Y-BTC dapat digunakan secara berulang untuk adsorpsi fosfat. Meskipun Y-BDC memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih baik dibandingkan Y-BTC, keduanya menunjukkan potensi untuk aplikasi dalam pengolahan air.