

**APLIKASI MEMBRAN FILTER KERAMIK DENGAN PENAMBAHAN
ARANG AKTIF KAYU MAHONI UNTUK MENURUNKAN
KANDUNGAN LOGAM BERAT MANGAN (MN) PADA LIMBAH CAIR
PERCETAKAN**

**Skripsi
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat Sarjana Kimia**



**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

Oleh:

YUSTIKA AGUSTINA

17106030022

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2022**



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1734/Un.02/DST/PP.00.9/08/2022

Tugas Akhir dengan judul : Aplikasi Membran Filter Keramik dengan Penambahan Arang Aktif Kayu Mahoni untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) pada Limbah Cair Percetakan

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : YUSTIKA AGUSTINA
Nomor Induk Mahasiswa : 17106030022
Telah diujikan pada : Jumat, 08 Juli 2022
Nilai ujian Tugas Akhir : A/B

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 62d75ab1bd578

Ketua Sidang

**Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.
SIGNED**



Valid ID: 62cf6badad752

Penguji I

**Endaruji Sedyadi, M.Sc
SIGNED**



Valid ID: 62e1080898e62

Penguji II

**Sudarlin, M.Si
SIGNED**



Valid ID: 62f9b2e7c6432

**Yogyakarta, 08 Juli 2022
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi**

**Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yustika Agustina
NIM : 17106030022
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul : **“Aplikasi Membran Filter Keramik untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) pada Limbah Cair Percetakan”** adalah hasil karya pribadi yang tidak mengandung plagiarisme dan tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu yang penulis ambil acuan dengan tata cara yang dibenarkan secara ilmiah.

Jika terbukti pernyataan ini tidak benar, maka penulis siap mempertanggungjawabkan sesuai hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 15 Agustus 2022

Yang menyatakan,



Yustika Agustina
NIM. 17106030022

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/ Tugas Akhir
Lamp :-

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara :

Nama : Yustika Agustina
NIM : 17106030022
Judul Skripsi : Aplikasi Membran Filter Keramik dengan Penambahan Arang Aktif Kayu Mahoni untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) pada Limbah Cair Percetakan

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 05 Agustus 2022

Konsultan



Endaruji Sedyadi, M.Sc
NIP. 19820205 201503 1 003

NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/ Tugas Akhir
Lamp :-

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara :

Nama : Yustika Agustina
NIM : 17106030022
Judul Skripsi : Aplikasi Membran Filter Keramik dengan Penambahan Arang Aktif Kayu Mahoni untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) pada Limbah Cair Percetakan

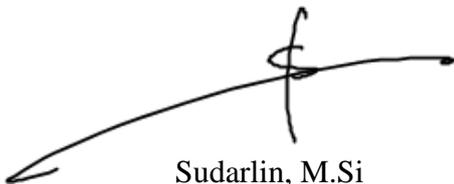
sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 05 Agustus 2022

Konsultan



Sudarlin, M.Si

NIP. 19850611 201503 1 002

Aplikasi Membran Filter Keramik dengan Penambahan Arang Aktif Kayu Mahoni untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) pada Limbah Cair Percetakan

**Oleh :
Yustika Agustina**

**Pembimbing :
Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si**

ABSTRAK

Penelitian mengenai aplikasi membran filter keramik dengan penambahan arang aktif kayu mahoni untuk menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi permasalahan limbah cair percetakan dengan menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) menggunakan membran filter keramik. Membran filter keramik yang digunakan berbahan dasar tanah liat dengan penambahan variasi komposisi arang aktif kayu mahoni sebanyak 0, 5, 10, 15, 20 dan 25%. Kemudian masing-masing membran filter keramik diuji porositasnya untuk mengetahui persentase volume pori totalnya. Masing-masing membran filter keramik digunakan untuk proses filtrasi limbah cair laboratorium yang mengandung logam berat mangan (Mn) dan diuji dengan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Penurunan kandungan logam berat mangan (Mn) pada setiap membran filter keramik sebelum dan setelah penambahan arang aktif kayu mahoni tidak jauh berbeda. Membran keramik tanpa penambahan arang aktif dapat menurunkan kandungan logam berat sebesar 87,19 %, sedangkan dengan penambahan arang aktif 5, 10, 15, 20, dan 25% masing-masing sebesar 87,38; 88,09; 93,59; 93,46; dan 93,25 %. Terjadi kenaikan secara signifikan pada penambahan arang aktif sebesar 15% dengan penurunan sebesar 93,59%, sehingga membran filter keramik dengan komposisi tanah liat dan 15% arang aktif kayu mahoni paling optimum dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn). Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode filtrasi menggunakan membran filter keramik dengan penambahan arang aktif kayu mahoni efektif dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan.

Kata kunci : filtrasi, arang aktif kayu mahoni, membran filter, limbah cair percetakan.

MOTTO

Melangkah dan terus melangkah,
Semua akan indah pada waktunya.



HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini kami dedikasikan
untuk almamater Program Studi Kimia
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta



KATA PENGANTAR

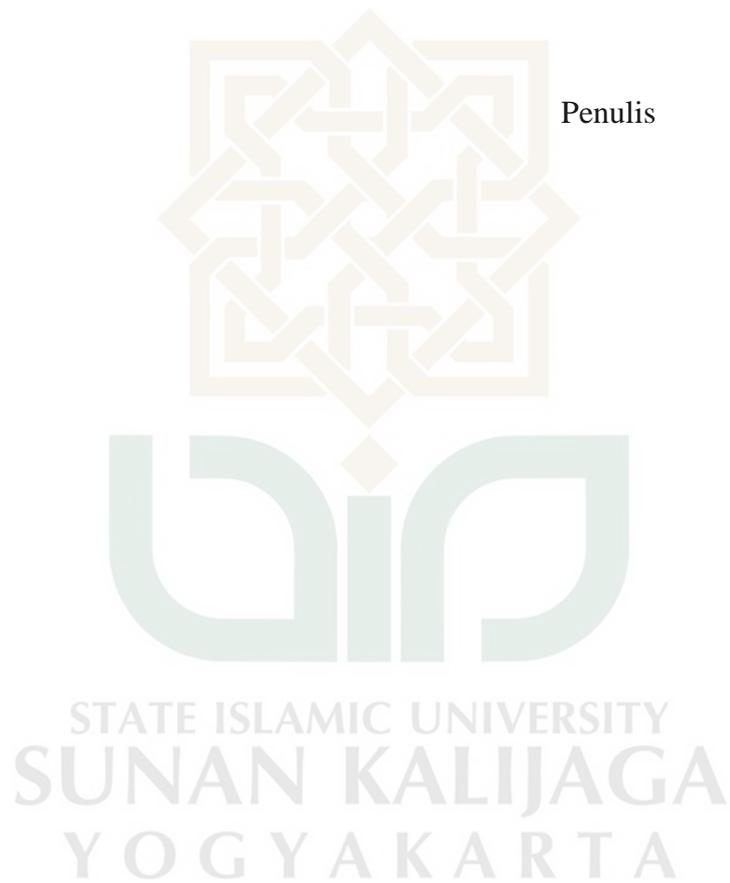
Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Skripsi dengan judul **“Aplikasi Membran Filter Keramik dengan Penambahan Arang Aktif Kayu Mahoni untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) pada Limbah Cair Percetakan”**. Tugas Akhir Skripsi ini ditulis sebagai tugas akhir guna memenuhi salah satu syarat meraih gelar Sarjana Kimia (S.Si) pada program studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Tugas Akhir Skripsi ini dapat terselesaikan tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Imelda Fajriati, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar dalam membimbing, memotivasi, menginspirasi, dan mengarahkan dalam menyelesaikan tugas akhir ini maupun selama masa perkuliahan.
4. Bapak dan Ibu dosen yang mengajar Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
5. Bapak dan ibu pegawai BPPTKG yang sudah memberikan banyak pengalaman untuk penulis.
6. Bapak dan Ibu penulis yang selalu mendukung, mendoakan dan berkorban apapun untuk penulis. Terimakasih untuk setiap doa dan pengorbanan yang bapak dan ibu berikan selama ini.
7. Kakak dan adik-adik yang tercinta Ratna, Rizky, Ardita, dan Dhinar yang selalu mendukung penulis.
8. Keponakan yang lucu Shakila Haflani Azalea Ananda yang selalu menghibur penulis.
9. Mas Gus yang selalu mensupport, mengingatkan, menemani, membantu banyak hal dan menjadi partner diskusi yang baik bagi penulis.
10. Sahabat penulis yang sangat penulis banggakan Sintia dan Tina.
11. Sahabat SMA Dewi dan Dzuhrida yang selalu memberikan canda dan tawa disetiap waktu.
12. Keluarga besar penulis yang selalu mendukung penulis dalam banyak hal.
13. Teman-teman seperjuangan kimia, terimakasih telah memberikan warna dan cerita dalam perjalanan penulis menempuh pendidikan di bangku perkuliahan.
14. Seluruh pihak yang senantiasa memberikan dukungan dan bantuan pada penulis dalam penulisan tugas akhir ini.

Demikian yang dapat penulis sampaikan semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan wawasan. Penulis menyadari dalam penyusunan penelitian ini masih terdapat kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif.

Yogyakarta, 14 Juni 2022

Penulis



DAFTAR ISI

NOTA DINAS KONSULTASI	iii
ABSTRAK	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	4
C. Rumusan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
A. Tinjauan Pustaka	7
B. Landasan Teori	11
1. Limbah Cair Percetakan	11
2. Logam Berat Mn	12
3. Arang Aktif	13
4. Membran	14
5. Filtrasi	15
6. Keramik	16
7. Porositas	16
8. Kayu Mahoni	18
9. AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer)	19
C. Kerangka Berfikir dan Hipotesis	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
A. Waktu dan Tempat Penelitian	23
B. Alat dan Bahan	23
1. Alat Penelitian	23
2. Bahan Penelitian	23
C. Prosedur Penelitian	24
1. Pembuatan Arang Aktif	24
2. Uji FT-IR	24
3. Uji Kadar Abu	24
4. Pembuatan Membran Filter Keramik	25
5. Proses Filtrasi	25
6. Analisis Kadar Mn pada Limbah Cair Percetakan	26
8. Penentuan Komposisi Optimal Membran Filter Keramik	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
A. Pembuatan dan Uji Kadar Abu Arang Aktif Kayu Mahoni	29
B. Pembuatan dan Uji Porositas Membran Filter Keramik	32
C. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Logam Berat Mangan (Mn)	34
D. Penentuan Kurva Kalibrasi Logam Berat Mangan (Mn)	35

E. Penentuan Komposisi Optimum Membran Filter Keramik untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) pada Limbah Cair Percetakan.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
A. Kesimpulan.....	45
B. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN.....	49



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Syarat Mutu Arang Aktif SNI 06-3730-1995	14
Tabel 4. 1 Tabel hasil uji kadar abu dan standar SNI 06-3730-1995.....	31
Tabel 4. 2 Tabel hasil penurunan kandungan logam berat mangan (Mn).....	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Grafik hubungan banyaknya arang aktif kayu mahoni terhadap porositas membran filter keramik	33
Gambar 4. 2 Panjang gelombang maksimum logam berat mangan (Mn).....	35
Gambar 4. 3 Grafik hubungan konsentrasi Mn terhadap absorbansi pada penentuan kurva kalibrasi.	36
Gambar 4. 4 Mekanisme pertukaran ion	40
Gambar 4. 5 Grafik variasi massa arang aktif kayu mahoni terhadap penurunan kandungan logam berat mangan (Mn)	42



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Arang kayu mahoni ketika dikarbonisasi	49
Lampiran 2. Arang kayu mahoni diaktivasi dengan H_3PO_4	49
Lampiran 3. Limbah cair percetakan disaring	49
Lampiran 4. Filtrasi limbah cair percetakan dengan membran filter keramik	50
Lampiran 5. Membran filter keramik dengan limbah cair percetakan didalam	50
Lampiran 6. Data hasil uji kadar abu arang kayu mahoni yang diaktivasi menggunakan asam fosfat (H_3PO_4)	50
Lampiran 7. Data dan grafik hasil uji porositas membran filter keramik dengan penambahan arang aktif kayu mahoni berbagai variasi	51
Lampiran 8. Grafik panjang gelombang maksimum logam mangan (Mn)	51



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Industri percetakan adalah salah satu contoh industri yang berkembang pesat di Indonesia. Hal ini karena adanya kebutuhan percetakan manusia yang semakin banyak. Perkembangan industri percetakan ini memiliki dampak positif dan negatif. Dampak positif yang diperoleh adalah adanya produk dari industri percetakan yang dapat memudahkan sarana prasarana manusia dalam kehidupan sehari-hari. Dampak negatif yang diakibatkan dari industri percetakan adalah adanya limbah yang dihasilkan dalam kegiatan percetakan. Limbah percetakan menghasilkan limbah cair dan limbah padat. Limbah ini memiliki dampak yang besar untuk lingkungan terutama limbah cair. Limbah cair langsung berhubungan dengan rantai makanan manusia dan makhluk hidup.

Limbah cair dari industri percetakan dihasilkan dari proses pra-percetakan maupun pasca percetakan. Limbah cair industri banyak mengandung bahan kimia organik yang sulit didegradasi secara langsung selain itu limbah cair juga mengandung logam berat. Logam berat tersebut antara lain Timbal (Pb), Krom (Cr), Cobalt (Co), Mangan (Mn) dan Timah (S)(Iswanto, 2016). Mangan merupakan logam berat yang berbahaya dan beracun bagi makhluk hidup (Said, 2010). Dampak dari terpaparnya air yang mengandung logam berat seperti kadmium, besi, dan mangan memberi dampak kronis maupun akut. Dalam jangka waktu pendek, zat-zat tersebut dapat menimbulkan gangguan sistem pernafasan seperti batuk, lemas, sesak

napas, *bronchopneumonia*, edema paru, *cyanosis*, dan *methemoglobinemia* (Sunarsish, 2018).

Berbagai pengolahan telah banyak dilakukan untuk menurunkan kadar limbah akan tetapi membutuhkan biaya yang mahal. Dengan begitu dibutuhkan pengolahan yang mudah, murah dan ramah lingkungan. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan membran filtrasi. Membran berfungsi untuk memisahkan material berdasarkan bentuk dan ukuran molekul, menahan komponen dari pemisah yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran serta melewatkan komponen yang mempunyai ukuran yang lebih kecil. Membran filtrasi dapat dibuat dari campuran pasir silika/kuarsa, keramik dan limbah kayu mahoni. Keramik adalah suatu bentuk dari tanah liat yang telah mengalami proses pembakaran (Nasir & Teguh, 2011). Kelebihan membran keramik terletak pada stabilitas termal yang baik, memiliki ketahanan terhadap senyawa kimia dan degradasi biologis maupun mikroba dan relatif mudah dibersihkan dengan *cleaning agent* (Sari & Joko, 2018).

Proses filtrasi dapat dioptimalkan dengan melakukan penambahan adsorben sebagai penyerap partikel. Bahan alami yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben salah satunya adalah kayu mahoni. Kayu mahoni memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben karena mengandung kadar selulosa 40-54% dan lignin 18-33% dan kadar air 13% (H.Krisnawati, M.Kallio, & M.Kannien, 2011). Pada penelitian yang dilakukan oleh Santoso (2006) membuktikan bahwa kayu mahoni dapat menurunkan kadar logam

kromium (Santoso, 2006). Arang kayu mahoni memiliki kemampuan untuk mereduksi air limbah dengan kapasitas dan daya serap (filtrasi) besar. Arang kayu mahoni dapat diaktivasi menjadi arang aktif. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif Tanah liat/zeolit merupakan adsorben yang mempunyai daya adsorpsi tinggi karena mempunyai pori-pori yang banyak dan mempunyai kapasitas penukar ion yang tinggi (Solikah & Utami, 2014). Akan tetapi penelitian tentang pemanfaatan karbon aktif kayu mahoni belum banyak dilakukan, dipenelitian kali ini akan digunakan karbon aktif kayu mahoni sebagaicampuran membrane filter keramik untuk menurunkan kandungan logam berat mangan pada limbah cair percetakan.

Rini dan Gentur (2014) melakukan karakterisasi arang aktif kayu mahoni sebagai bahan penjernih air sumur yang tercemar. Berdasarkan penelitian Rini dan Gentur (2014) arang aktif kayu mahoni sebagai adsorben dapat menjernihkan air sumur dan mengadsorpsi logam seperti Fe, Zn, dan Mn. Akan tetapi kadar Mn air sumur yang tercemar masih sebesar 0,32 mg/l, yang mana nilai ini belum memenuhi syarat sebagai air minum berdasarkan Depkes (1990) yaitu maksimal mengandung Mn sebesar 0.1 mg/l. Kadar Mn yang belum memenuhi syarat sebagai air minum maka diberi perlakuan dengan arang aktif, kadar Mn yang diperoleh sebesar 0.08 mg/l sehingga

memenuhi syarat sebagai air minum. Berdasarkan penelitian untuk menurunkan kadar Mn dengan cara diberikan perlakuan arang aktif.

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian tentang pengolahan limbah cair percetakan yang mengandung logam berat mangan (Mn) dengan metode filtrasi yang berupa membran filter keramik berbahan dasar tanah liat dengan penambahan arang aktif kayu mahoni perlu dilakukan karena penambahan arang aktif kayu mahoni diharapkan mampu menambah daya serap pada membran keramik sehingga dapat menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan secara optimal.

B. Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya pengertian yang meluas, maka diperlukan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Limbah cair percetakan yang digunakan merupakan limbah hasil proses percetakan yang mengandung logam Mn berasal dari industri percetakan Surakarta.
2. Kayu mahoni yang digunakan merupakan limbah hasil industri meubel di daerah Sukoharjo, Jawa Tengah.
3. Membran filtrasi yang digunakan adalah keramik dengan komposisi tanah liat, pasir silika, dan serbuk kayu mahoni berukuran 50 mesh dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat total.
4. Parameter pada penelitian ini adalah menggunakan metode AAS untuk mengetahui kadar Mn pada limbah cair percetakan.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi massa arang aktif kayu mahoni sebagai campuran membran filter keramik terhadap porositas membran filter keramik?
2. Bagaimana pengaruh penambahan arang aktif kayu mahoni pada membran filter terhadap kemampuannya dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Membuktikan pengaruh variasi arang aktif kayu mahoni sebagai campuran membran filter keramik terhadap porositas membran filter keramik.
2. Membuktikan pengaruh penambahan arang aktif kayu mahoni pada membran filter terhadap kemampuannya dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengolahan limbah cair percetakan khususnya yang mengandung unsur logam berat mangan (Mn) dengan mudah, murah serta memiliki efisiensi tinggi. Selain itu, dapat mengkaji manfaat lantanah liat sebagai komposisi pokok

membran filtrasi dengan komposisi arang limbah kayu mahoni sebagai alternatif adsorben alami untuk mengurangi kandungan senyawa organik yang berbahaya sehingga dapat diaplikasikan oleh masyarakat dalam mengurangi dampak pencemaran limbah percetakan terhadap lingkungan.

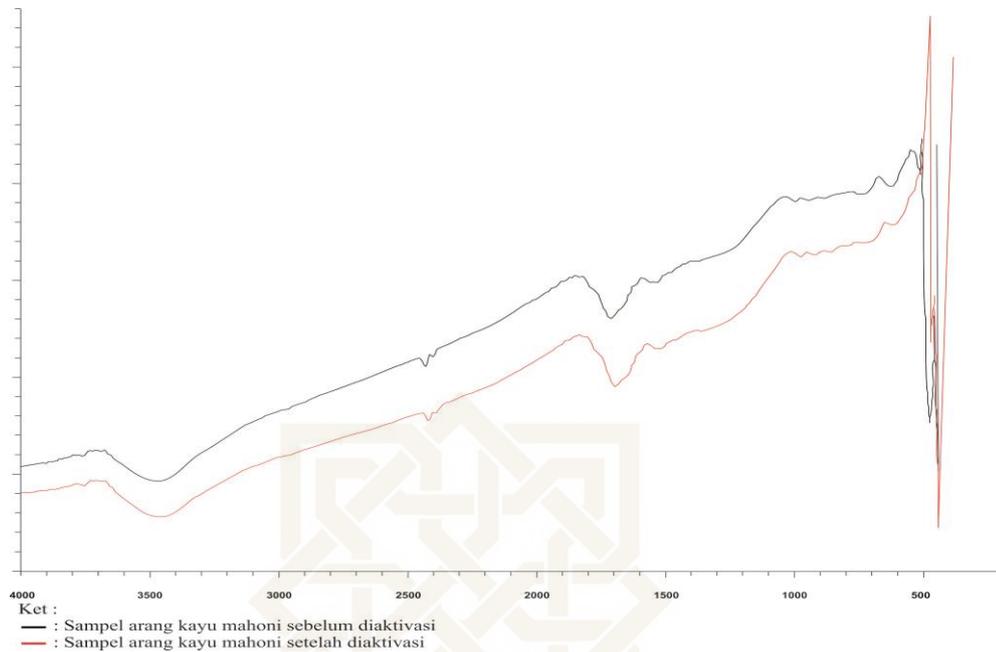


pembakaran dengan persediaan oksigen terbatas, sehingga menghasilkan CO atau karbon dalam bentuk arang.

Arang kayu mahoni yang dihasilkan dari proses karbonisasi kemudian dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan yang berukuran 50 mesh. Arang kayu mahoni yang lolos ayakan akan diaktivasi. Proses aktivasi arang kayu mahoni dengan cara direndam menggunakan larutan asam yaitu asam fosfat (H_3PO_4) sebagai zat aktivatornya. Setelah diaktivasi menggunakan asam fosfat dicuci menggunakan akuades hingga pH menjadi netral.

Aktivasi menggunakan zat aktivator asam fosfat (H_3PO_4) akan meningkatkan gugus aktif pada arang aktif. Peningkatan gugus aktif terjadi karena adanya reaksi pertukaran ion (*ion exchange*), dimana gugus PO_4 yang menempel pada arang aktif digantikan oleh gugus OH pada pencucian arang aktif dengan akuades. Adanya gugus OH ini menyebabkan permukaan arang aktif bersifat hidrofilik molekul-molekul polar (senyawa organik) akan berinteraksi lebih kuat daripada molekul-molekul non polar.

Arang kayu mahoni dilakukan uji FT-IR (*Fourier transform Infrared Spectroscopy*) untuk mengetahui gugus fungsional yang terkandung pada arang aktif kayu mahoni baik sebelum aktivasi maupun sesudah aktivasi. Uji FT-IR dilakukan sebelum dan sesudah aktivasi menggunakan H_3PO_4 . Hasil dari uji FT-IR pada arang kayu mahoni sebelum diaktivasi disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Spektrum FTIR Arang Kayu Mahoni sebelum dan setelah aktivasi menggunakan H_3PO_4 .

Hal ini menunjukkan bahwa dengan aktivasi menggunakan zat aktivator H_3PO_4 dapat menghasilkan arang aktif. Arang aktif kayu mahoni yang diperoleh selanjutnya dilakukan uji kadar abu. Hasil uji kadar abu arang aktif kayu mahoni disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tabel hasil uji kadar abu dan standar SNI 06-3730-1995

Perlakuan	Kadar Abu (%)	
	Sebelum Aktivasi	Setelah Aktivasi
Single	0,785	0,494
Duplo	0,752	0,447
Rata-rata	0,768	0,470
SNI 06-3730-1995	Maksimal 10	

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa arang kayu mahoni sebelum aktivasi memiliki kadar abu rata-rata sebesar 0,768, sedangkan arang kayu mahoni yang telah diaktivasi dengan asam fosfat (H_3PO_4) memiliki kadar abu rata-rata sebesar 0,47. Seluruh kadar abu yang dihasilkan telah

memenuhi syarat mutu kadar abu menurut SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal 10%. Semakin rendah kadar abu mengindikasikan bahwa semakin murni arang aktif yang dihasilkan. Semakin rendah kadar abu yang dihasilkan maka kemampuan adsorpsi arang aktif akan semakin baik.

B. Pembuatan dan Uji Porositas Membran Filter Keramik

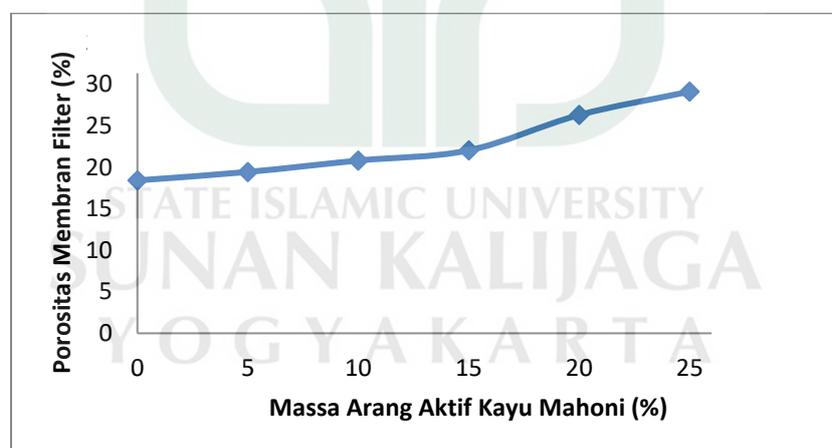
Membran filter keramik yang digunakan berbahan dasar tanah liat dengan penambahan variasi arang aktif kayu mahoni, yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari massa tanah liat. Proses awal pembuatan membran filter keramik yaitu dengan mencampurkan tanah liat dan arang aktif kayu mahoni, serta menambahkan akuades sedikit demi sedikit agar campuran lebih mudah homogen. Tanah liat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan membran filter keramik dikarenakan tanah liat memiliki luas permukaan yang besar, struktur lapisan teratur, dan sifatnya yang plastis sehingga mudah dibentuk dan berfungsi sebagai pengikat dalam proses pembentukan keramik agar keramik tidak mudah retak dan berubah bentuk. Sementara itu, arang aktif kayu mahoni ditambahkan untuk menambah porositas membran filter keramik. Arang aktif kayu mahoni juga memiliki kemampuan adsorpsi yang diharapkan dapat menambah kemampuan membran filter keramik dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan.

Membran keramik dibuat secara manual dengan menggunakan tangan di atas meja putar (pelarik). Membran keramik dibentuk seperti mangkok kecil yang bertujuan untuk memudahkan filtrasi limbah. Membran filter yang telah

terbentuk, selanjutnya dikeringkan di tempat terbuka. Setelah kering dilakukan proses pembakaran. Proses pembakaran akan mengubah membran filter yang memiliki sifat plastis akan menjadi kuat dan keras.

Porositas dapat diketahui dengan cara merendam membran dengan aquades hingga membran dalam keadaan jenuh (tidak dapat menyerap air lagi). Sebelum direndam membran ditimbang sebagai berat kering/ berat awal. Setelah itu, membrane dikeringkan dengan tisu secukupnya kemudian ditimbang sebagai berat basah (Anwar M, dkk. 2019).

Membran filter keramik yang telah dihasilkan, selanjutnya diuji porositas pada masing-masing membran. Disajikan Grafik hubungan banyaknya arang aktif kayu mahoni dalam membran filter keramik terhadap porositas membran filter keramik pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 2 Grafik hubungan banyaknya arang aktif kayu mahoni terhadap porositas membran filter keramik

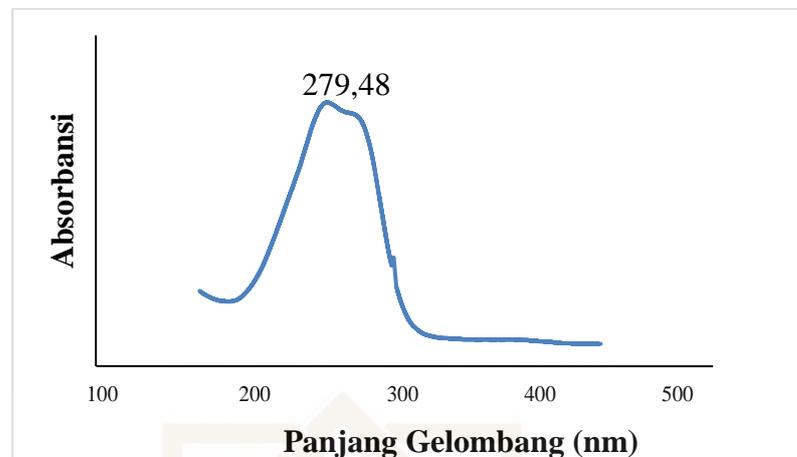
Berdasarkan grafik pada Gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak arang aktif kayu mahoni yang tambahkan pada membran filter keramik maka semakin besar porositas pada membran filter keramik. Hal ini

menunjukkan bahwa porositas berbanding lurus dengan massa arang aktif kayu mahoni yang ditambahkan. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa membran filter keramik dengan penambahan 25% arang aktif kayu mahoni memiliki persentase porositas yaitu 29,1 %. Porositas yang besar menyebabkan bertambahnya volume pori keseluruhan pada permukaan membran, sehingga jumlah pori-pori pada permukaan membran filter keramik akan meningkat. Semakin banyak jumlah pori-pori menyebabkan kerapatan membran filter keramik semakin kecil.

Penelitian yang dilakukan Ervina Purnama, dkk (2012) menunjukkan bahwa porositas membran keramik meningkat dengan adanya penambahan zat aditif arang kayu mahoni. Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari uji porositas membran filter keramik sesuai dengan hipotesis 1. Pada hipotesis 1 disebutkan bahwa semakin banyak massa arang aktif pada membran maka porositas semakin besar.

C. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Logam Berat Mangan (Mn)

Penentuan panjang gelombang maksimum logam mangan (Mn) pada penelitian ini menggunakan Multi-Element Manganese (Mn) Lumina Hollow Cathode Lamp PerkinElmer secara otomatis dan memuncak dengan rentang panjang gelombang 184-900 nm. Grafik penentuan panjang gelombang maksimum logam berat mangan (Mn) ditampilkan pada Gambar 4.4.



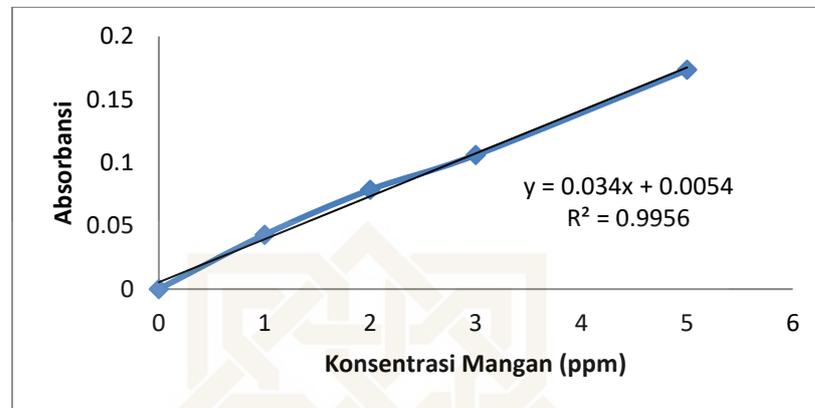
Gambar 4. 3 Panjang gelombang maksimum logam berat mangan (Mn).

Panjang gelombang maksimum pada logam mangan (Mn) sebesar 279.48 nm, hal ini berdasarkan pada prinsip absorpsi cahaya oleh atom dan sifat unsur dari logam mangan (Mn). Penentuan absorbansi logam berat mangan (Mn) harus dilakukan pada panjang gelombang maksimum agar kepekaannya lebih maksimal dan meminimalkan kesalahan. Panjang gelombang tersebut menentukan paling besar perubahan absorbansinya untuk setiap satuan konsentrasi. Panjang gelombang maksimum akan digunakan untuk pengujian kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan.

D. Penentuan Kurva Kalibrasi Logam Berat Mangan (Mn)

Penentuan kurva kalibrasi menggunakan larutan standar yang sudah diketahui konsentrasinya. Larutan standar terdiri dari beberapa tingkat konsentrasi, mulai dari konsentrasi yang rendah hingga konsentrasi yang tinggi. Larutan standar logam berat mangan (Mn) diukur pada bilangan gelombang maksimum yaitu 279,48 nm. Pengukuran kurva kalibrasi logam berat mangan (Mn) pada konsentrasi 0, 1, 2, 3 dan 5 ppm. Grafik hubungan

konsentrasi mangan terhadap absorbansi pada penentuan kurva kalibrasi disajikan pada gambar 4.5.



Gambar 4. 4 Grafik hubungan konsentrasi Mn terhadap absorbansi pada penentuan kurva kalibrasi.

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5, diperoleh suatu persamaan regresi yang merupakan hubungan dari absorbansi (y) dengan konsentrasi (x) dengan persamaan regresi $y = 0,034x + 0,005$ dengan nilai R^2 sebesar 0,995 artinya nilai variabel absorbansi yang dapat dijelaskan oleh variabel konsentrasi sebesar 99,5% sedangkan 0,5% sisanya dijelaskan oleh kesalahan atau pengaruh variabel lain. Nilai koefisien ini menunjukkan korelasi positif antara konsentrasi Mn dengan nilai absorbansi. Semakin besar konsentrasi, maka semakin besar nilai absorbansi yang dihasilkan. Kandungan logam Mn dalam sampel dapat diperoleh dengan mensubstitusikan nilai absorbansi larutan sampel pada persamaan $y = 0,034x + 0,005$.

Grafik kurva kalibrasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai kurva kalibrasi karena memenuhi syarat yaitu $0,5 < R^2 < 1$. Persamaan yang diperoleh dari kurva kalibrasi larutan standar Mn digunakan untuk

menentukan kandungan logam berat mangan (Mn) yang terkandung dalam limbah cair percetakan.

E. Penentuan Komposisi Optimum Membran Filter Keramik untuk Menurunkan Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) pada Limbah Cair Percetakan

Penentuan komposisi optimum membran filter keramik bertujuan untuk mengetahui persentase efisiensi penurunan kandungan logam berat mangan (Mn) limbah cair Percetakan. Penurunan kandungan logam berat mangan (Mn) dilakukan dengan metode filtrasi menggunakan membran filter keramik berbahan dasar tanah liat dengan penambahan arang aktif kayu mahoni. Limbah cair percetakan yang mengandung logam berat mangan (Mn) diaplikasikan pada membran filter keramik. Penurunan kandungan logam berat mangan (Mn) dapat terjadi karena adanya proses filtrasi dan adsorpsi pada membran filter keramik yang menyebabkan ion-ion logam dan senyawa organik tertahan di permukaan membran filter keramik. Data hasil penurunan kandungan logam berat mangan (Mn) disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Tabel hasil penurunan kandungan logam berat mangan (Mn).

Massa Arang Aktif (%)	Absorbansi limbah (ppm)	Absorbansi limbah setelah filtrasi (ppm)	Kandungan Mn sebelum filtrasi (ppm)	Kandungan Mn setelah filtrasi (ppm)	Efisiensi Penurunan (%)
0	0,0585	0.0003	15,61	2,00	87,19
5	0,0585	0.0004	15,61	1,97	87,38
10	0,0585	0.0005	15,61	1,93	88,09
15	0,0585	0.0010	15,61	1,86	93,59
20	0,0585	0.0011	15,61	1,88	93,46
25	0.0585	0.0009	15,61	1,90	93,25

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa setiap kenaikan variasi massa arang aktif kayu mahoni terdapat kenaikan efisiensi penurunan kandungan logam berat mangan (Mn). Pada membran keramik tanpa adanya penambahan arang aktif kayu mahoni sudah mampu menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan secara optimal yaitu dengan nilai efisiensi penurunan sebesar 87,19 %. Sedangkan penambahan arang aktif kayu mahoni 5% dan 10% sebesar 87,38% dan 88,09%. Terjadi kenaikan secara signifikan pada variasi 15% penambahan arang aktif yaitu sebesar 93,59%, sedangkan variasi 20% dan 25% tidak jauh berbeda yaitu sebesar 93,46% dan 93,25%. Membran filter keramik dengan komposisi tanah liat dan 15% arang aktif kayu mahoni paling optimum dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) yaitu sebesar 93,59 %. Pada masing-masing membran filter keramik mampu menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan dengan baik dan optimal. Hal ini bertentangan dengan hipotesis 2. Pada hipotesis 2 disebutkan bahwa semakin banyak arang aktif kayu mahoni yang ditambahkan pada membran filter keramik maka kemampuan dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan akan semakin besar.

Tanah liat mempunyai kemampuan menyerap ion-ion mangan yang terkandung pada limbah cair percetakan dikarenakan adsorpsi kimia yang disebabkan adanya oksida-oksida logam pada tanah liat seperti oksida alumina (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3), dan silikon dioksida (SiO_2) yang

mampu berinteraksi dengan logam Mn. Oksida-oksida logam ini berada pada permukaan tanah liat yang akan bereaksi dengan molekul air sesuai teori bronsted-lowry. Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan SiOH yaitu penerima proton (H^+) atau sebagai basa bronsted sedangkan H_2O yaitu donor proton (H^+) atau sebagai asam bronsted. Muatan yang menerima proton terbentuk muatan positif dengan menangkap ion H^+ . Kenaikan ion H^+ yang semakin bertambah mengakibatkan permukaan tanah liat lebih bermuatan positif.

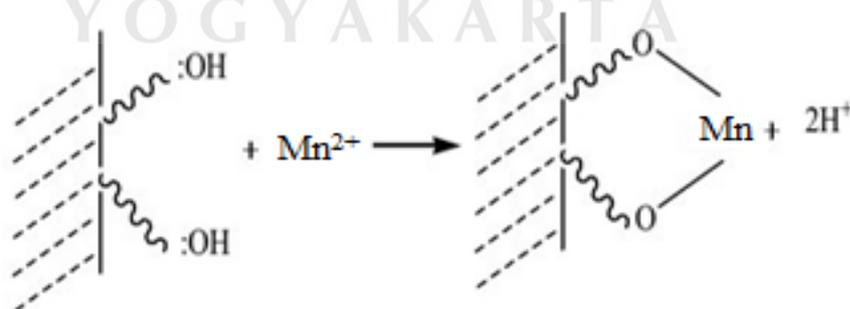
Berdasarkan di atas, dapat disimpulkan bahwa tanah liat tanpa penambahan bahan aditif arang aktif kayu mahoni sudah mampu menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan.

Membran filter keramik dengan penambahan arang aktif kayu mahoni mampu menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan dikarenakan adanya gugus hidroksil pada arang aktif kayu mahoni yang mampu berinteraksi dengan ion logam Mn^{2+} . Membran keramik ini merupakan membran keramik berpori ini dapat mengadsorpsi ion logam Mn^{2+} dengan melalui beberapa tahapan. Pertama, adsorbat terserap ke permukaan luar karbon. Kedua, adsorbat bergerak menuju pori-pori karbon. Tahap ketiga adsorbat terserap ke permukaan pori-pori karbon. Interaksi adsorbat dan adsorben yang terjadi dalam proses adsorpsi pada permukaan karbon aktif adalah interaksi antara adsorbat dengan gugus fungsional yang ada pada permukaan karbon aktif.

Adsorpsi ion logam terjadi dari larutan ke permukaan karbon aktif merupakan gaya Van der Waals yaitu adsorpsi fisik yang dimana gaya bekerja

antar logam berat ke permukaan karbon aktif sehingga tidak terjadi reaksi secara kimia atau pengikatan ionik. Kapasitas adsorpsi dari karbon aktif dipengaruhi oleh struktur internal pori-pori. Pada permukaan karbon aktif terdapat cincin karbon yang tersusun dalam kisi-kisi heksagonal yang memiliki gugus fungsional karboksil (-COOH), hidroksil (-OH), dan karbonil (=O). Gugus-gugus fungsional ini dapat berikatan dengan ion, molekul gas dan zat terlarut dalam cairan, kristalin pada daerah amorf susunan gugus OH tidak teratur sehingga dapat mengadakan ikatan hidrogen dengan molekul air, sedangkan pada daerah kristalin sebagian besar gugus OH tersusun teratur dan rapat. Ion logam akan terikat pada gugus hidroksil atau gugus yang memiliki pasangan elektron sunyi dari suatu bahan organik, dengan demikian gugus-gugus yang berperan dalam adsorpsi adalah gugus hidroksil (-OH).

Hal ini diasumsikan telah terjadi pengikatan Mn^{2+} oleh -OH selama proses adsorpsi. Berdasarkan data tersebut dapat diasumsikan bahwa proses adsorpsi Mn^{2+} mengikuti mekanisme pertukaran ion. Mekanisme pertukaran ion yang terjadi disajikan pada Gambar 4.7.

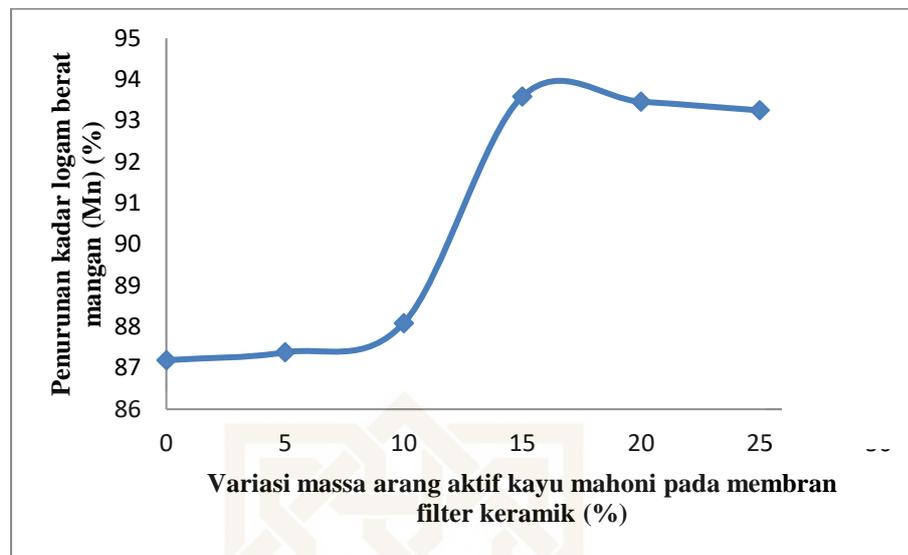


Gambar 4. 5 Mekanisme pertukaran ion

Hal ini menunjukkan bahwa ikatan yang terjadi antar gugus aktif pada molekul organik dengan ion logam Mn^{2+} merupakan interaksi asam-basa lewis yang menghasilkan ikatan kompleks pada permukaan adsorben. Mekanisme adsorpsi yang terjadi antara gugus $-OH$ yang terikat pada permukaan dengan ion logam positif ini disebut mekanisme pertukaran ion. Interaksi antara gugus- OH dengan ion logam dimungkinkan melalui mekanisme pembentukan kompleks koordinasi, karena atom oksigen pada gugus $-OH$ mempunyai pasangan elektron bebas. Ion-ion Mn^{2+} akan berinteraksi berinteraksi kuat dengan anion yang bersifat basa kuat seperti $-OH$. Ikatan antara ion Mn^{2+} dengan $-OH$ melalui pembentukan ikatan koordinasi, dimana pasangan elektron bebas dari O pada OH akan berikatan dengan ion logam Mn^{2+} membentuk ikatan kompleks melalui ikatan kovalen.

Berdasarkan uraian, dapat disimpulkan bahwa masing-masing membran filter keramik sebelum penambahan arang aktif kayu mahoni dan setelah penambahan arang aktif kayu mahoni sama-sama mampu menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) pada limbah cair percetakan dengan baik.

Disajikan Grafik variasi massa arang aktif kayu mahoni terhadap penurunan kadar logam berat mangan (Mn) dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 6 Grafik variasi massa arang aktif kayu mahoni terhadap penurunan kandungan logam berat mangan (Mn)

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa sebelum dan setelah penambahan 5% dan 10% tidak jauh berbeda. Berdasarkan grafik Gambar 4.8 dapat diketahui efisiensi penurunan kandungan logam berat mangan (Mn) terjadi kenaikan secara signifikan pada variasi 15% penambahan arang aktif yaitu sebesar 93,59%, sedangkan variasi 20% dan 25% tidak jauh berbeda yaitu sebesar 93,46% dan 93,25%. Membran filter keramik dengan komposisi tanah liat 15% arang aktif kayu mahoni paling optimum dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) yaitu sebesar 93,59 %. Penambahan arang aktif yang semakin banyak mengakibatkan porositas membran filter menjadi lebih besar. Berdasarkan data penelitian mendapatkan hasil optimum pada variasi massa arang aktif sebesar 15%. Pada variasi 20 % dan 25 % mengalami penurunan, hal ini disebabkan adanya pori-pori membran filter keramik yang lebih besar

daripada ukuran molekul logam berat mangan (Mn) sehingga pada saat filtrasi logam berat mangan (Mn) dapat lolos melalui membran filter keramik.

Pada massa arang aktif kayu mahoni 15%, 20%, dan 25% tidak jauh berbeda. Nilai efisiensi penurunan kandungan logam berat mangan (Mn) pada membran filter keramik tidak mengalami kenaikan yang secara terus menerus. Akan tetapi disetiap kenaikan massa arang aktif terjadi kenaikan nilai efisiensi penurunan logam berat mangan (Mn). Hal ini tidak sesuai dengan hipotesis 2. Pada hipotesis 2 disebutkan bahwa membran filter keramik dengan penambahan arang aktif kayu mahoni memiliki efisiensi penurunan kandungan logam berat mangan (Mn) yang lebih besar dibandingkan membran filter keramik tanpa penambahan arang aktif kayu mahoni. Hal ini selain disebabkan oleh senyawa-senyawa yang terkandung pada tanah liat yang mampu berinteraksi dengan logam Mn, juga dipengaruhi oleh ukuran pori dan jumlah pori pada permukaan membran filter keramik yang berbeda dengan ukuran logam berat mangan (Mn).

Membran filter keramik memisahkan ion logam Mn^{2+} berdasarkan ukurannya, menahan ion logam Mn^{2+} yang mempunyai ukuran lebih besar dari pori-pori membran dan melewatkan ion logam Mn^{2+} yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pori-pori membran. Pori membran yang ukurannya lebih kecil dari ukuran ion logam Mn^{2+} menyebabkan banyak ion logam Mn^{2+} yang tertahan dari pori membran, sedangkan pori membran yang ukurannya lebih besar dari ukuran ion logam Mn^{2+} menyebabkan banyak ion logam Mn^{2+} yang lolos melalui pori membran. Jumlah pori pada membran

filter keramik juga mempengaruhi kemampuan membran dalam menyerap ion logam Mn^{2+} , semakin banyak jumlah pori pada permukaan membran maka kemampuan membran filter keramik dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) semakin besar karena akan semakin banyak ion logam Mn^{2+} yang tertahan dari pori-pori membran.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin banyak arang aktif kayu mahoni yang ditambahkan pada membran filter keramik menyebabkan porositas membran filter keramik semakin besar.
2. Adanya penambahan arang aktif kayu mahoni pada membran filter keramik mampu menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn) lebih besar. Terdapat titik optimum yaitu pada variasi 15 % penambahan massa arang aktif kayu mahoni pada membran filter keramik.

B. Saran

Berdasarkan hasil dan kesimpulan, adapun saran untuk penelitian yang lebih lanjut yaitu diperlukan penelitian lebih lanjut dengan membran filter keramik berbahan tanah liat dengan aktivasi dan tanpa aktivasi pada bahan aditif arang kayu mahoni untuk menurunkan limbah yang mengandung logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman. (2015) *Formulasi Perekat Nabati dari Kulit Kayu*. Skripsi, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan. 1-39.
- Adhani, R., & Husaini. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Anggraini, Anggun. N., & Sugito. (2019). *Peningkatan Kualitas Olahan Air Limbah Kawasan Industri Menggunakan Dual Filtrasi Membran Keramik*. Surabaya: Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Fitriana, Nur & Maya R. (2020). *Aplikasi Membran Filter Keramik untuk Menurunkan Zat Warna Remazol Red dan Nilai COD Limbah Cair Batik*. Al-Kimia 8 (2), 67.
- Ginting, Jevita Andini J. (2012). *Penggunaan Membran Keramik Berbasis Zeolit dan CLay dengan Karbon Aktif sebagai Aditif untuk Penurunan Kadar Fe dan Mn pada Air Tanah Derah Bekasi*. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta.
- H.Krisnawati, M.Kallio, & M.Kannien. (2011). *Swietenia Macrophylla King Ecology , Silviculture and Productivity*.
- Hadi, R. (2011). *Sosialisasi Teknik Pembuatan Arang Tempurung Kelapa dengan Pembakaran Sistem Suplai Udara Terkendali*. Jambi: Departemen Pertanian Jambi.
- Hartono, Djoko M. (2010) *Evaluasi Unit Pengolahan Air Minum Instalasi PDAM Rawa Lumbu 4, Bekasi*. Jurnal Purifikasi, 11(2) :119-120.
- Ichtiakhiri, T. H., & Sudarmaji. (2015). *Pengelolaan Limbah B3 dan Keluhan Kesehatan Pekerja di PT. INKA (PERSERO)*. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* , 8(1):118-127.
- Iswanto, W. N. (2016). *Penurunan Kadar Logam Timbal pada Limbah Cair Percetakan dengan Zeolit Alam Teraktivasi*. Jember: Universitas Negeri Jember.
- Lempang, M. (2014). *Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif*. Info Teknis EBONI, 11.
- Mindawati, N., & Megawati. (2013). *Manual Budidaya Mahoni (Swietenla Macrophylla King)*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.

- Nasir, S., & Teguh, B. S. (2011). *Pengolahan Air Limbah Hasil Proses Laundry Menggunakan Filter Keramik Berbahan Tanah Liat Alam dan Zeolit*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Nurchayyo. (2012). *Fisika Filtrasi*. Yogyakarta : UGM Press.
- Permanawati, Yani, R. Z., & A. I. (2013). *Kandungan Logam Berat (Cu, Pb, Zn, Cd, dan Cr) dalam Air dan Sedimen di Perairan Teluk Jakarta*. *Jurnal Geologi Kelautan* , 11(1):9-16.
- Prayitno. (2007). Pemisahan Kadmium dalam Limbah Cair Industri Percetakan dengan Sistem Elektromagnetik Plating. *Prosiding Pustek Akselerator dan Proses Bahan* .
- Prima S, Doly. (2018). *Sintesis Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa Limbah Mesin Boiler sebagai Bahan Penyerap Logam Cd, Cu dan Pb*. Manado : Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado.
- Pujiono, F, Tri Ana Mulyati. (2017). *Potensi Karbon Aktif dari Limbah Pertanian sebagai Material Pengolahan Air Limbah*. *Jurnal Wiyata : Penelitian Sains dan Kesehatan*.
- Purnama, R. C., Retnaningsih, A., & Andriyan, A. (2018). Petetapan Kadar Logam Timbal (Pb) pada Ikan (*Rastrelliger kanagurta*) di Daerah Kampung Nelayan Kecamatan Panjang dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). *Jurnal Analis Farmasi* , 259-265.
- S.Saifuddin, E.Elisa, & M. S. (2018). *Efisiensi Kinerja Membran Keramik Tanah Liat & Zeolit Aktif Sebagai Media Filter Untuk Filtrasi Air Sungai*. Jurusan Teknik Kimia Program Studi Sarjana Teknik Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Politeknik Negeri Lhokseumawe Jl. Medan-B.Aceh Km 280.3, BuketRata, Aceh Utara, Indonesia.
- Said, N. I. (2010). Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cy, Pb, Ni, dan Zn) di dalam air Limbah Industri. *Jurnal JAI* , 6(2):136-148.
- Salamah, S. (2008). Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Buah Mahoni. *Jurnal Bidang Teknik Kimia* , Vol. 37.
- Sari, S., & J. S. (2018). Penurunan Total Coliform pada Air Tanah Menggunakan Membran Keramik. Vol.16, 30-38.
- Setyaningsih, H. (2008). *Pengolahan Limbah Batik dengan Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Solikah, & Utami. (2014). Perbedaan Penggunaan Adsorben Dari Zeolit Alam Terkativasi dan Zeolit Alam Terimobilisasi Dithizon untuk Penyerap Ion Logam Tembaga. 342-354.

Sunarsih. (2018). Penghilangan Logam Berat dalam Larutan dengan Zeolit Alam.
Jurnal Zeolit Indonesia , 33-39.

