TA/TL/2021/1369

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN ADSORBEN ALAMI DARI CANGKANG KERANG DARAH (*Anadara granosa*) UNTUK MENURUNKAN KADAR SENG (Zn) DAN WARNA DALAM AIR

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

MUHAMMAD IKHLASUL IQBAL
17513075

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2021

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN ADSORBEN ALAMI DARI CANGKANG KERANG DARAH (*Anadara granosa*) UNTUK MENURUNKAN KADAR SENG (Zn) DAN WARNA DALAM AIR

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

MUHAMMAD IKHLASUL IQBAL
17513075

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Eko Siswoyo S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
NIK. 025100406
Tanggal: 14 Desember 2021

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
NIK. 025100406
Tanggal: 14 Desember 2021

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN ADSORBEN ALAMI DARI CANGKANG KERANG DARAH (*Anadara granosa*) UNTUK MENURUNKAN KADAR SENG (Zn) DAN WARNA DALAM AIR

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis
Tangggal : 4 November 2021

Disusun Oleh:

MUHAMMAD IKHLASUL IQBAL
17513075

Tim Penguji :

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D ( )

Lutfia Isna Ardhayanti S.Si., M.Sc. (07/12/2021)

Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng. (061221)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 04 November 2021

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Ikhlasul Iqbal

NIM: 17513075

PRAKATA



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala kenikmatan dan rahmat yang telah diberikan. Shalawat beriring salam semoga kepada junjungan Nabi Muhammad *Shallallahu 'alaihi Wasallam.*

*Al-hamdu lillahi rab*bil '*alamin* atas segala rizki, rahmat, dan nikmat yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Tema pada penelitian kali ini adalah "**Pemanfaatan Adsorben Alami Dari Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Untuk Menurunkan Kadar Seng (Zn) Dan Warna Dalam Air".** Tugas akhir ini saya ajukan kepada Universitas Islam Indonesia (UII) sebagai syarat untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat sarjana strata satu (S1) di jurusan Teknik Lingkungan.

Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik berkat do'a, dorongan, motivasi, bantuan, bimbingan, serta kerja sama dari banyak pihak yang turut membantu. Maka dari hal ini penulis mengucapkan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rezeki, kemudahan, dan kesehatan serta petunjuk-Nya dalam mengilhami penulis untuk dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua penulis yang telah memberikan dorongan, motivasi, semangat, materi, serta do'a yang tiada henti bagi anak bungsunya ini.
3. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan sekaligus Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Ibu Lutifa Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc. dan Adelia Anju Asmara, S.T., M.Eng. selaku dosen *reviewer* yang telah banyak memberikan masukan kepada penulis.

5. Bapak Tasyono, Mas Saipul, Mas Ridwan, Mas Bagus, Mbak Shinta, Mbak Nida, dan selaku laboran laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP UII yang banyak membantu dalam melakukan analisis.
6. Kepada Ayu, Zella, Rau yang selalu bersedia menjadi motivator, *support system*, di saat-saat kritis semasa pengujian di laboratorium.
7. Kepada teman penelitian seperjuangan adsorben yang telah banyak menemani penulis sehari-hari dalam melakukan analisis di laboratorium
8. Kepada teman-teman seperjuangan PKRI yang banyak memberikan motivasi, masukan, serta dorongan moral bagi penulis dikala penulis membutuhkan.
9. Teman-teman seangkatan Teknik Lingkungan 2017 yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Akhir kata dari penulis bahwasanya laporan ini tidak luput dari kesalahan maupun kekurangan. Oleh sebab itu, hal berupa kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk menyempurnakan laporan ini sehingga dapat berguna bagi penelitian selanjutnya ataupun sebagai referensi. Amin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, tanggal submit TA



Muhammad Ikhlasul Iqbal

ABSTRAK

MUHAMMAD IKHLASUL IQBAL. *Pemanfaatan Adsorben Alami dari Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) untuk Menurunkan Kadar Seng (Zn) dan Warna dalam Air*. Dibimbing oleh EKO SISWOYO S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Air merupakan kebutuhan dasar manusia baik untuk menjalankan kegiatan sehari-hari maupun industri. Namun, tidak semua sumber air memiliki kualitas yang sesuai untuk peruntukannya. Salah satu parameter kualitas air antara lain adalah warna dan seng (Zn). Pada penelitian ini akan memanfaatkan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) untuk menurunkan kadar pencemar dalam air. Hal ini dikarenakan potensi cangkang kerang yang cukup banyak di Indonesia serta kandungan kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang ada di dalam cangkang kerang. Pengujian dilakukan dengan menguji efektivitas, karakteristik, hingga model isotherm dari adsorben. Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi pada massa 50, 100, 200, 300, 400 mg, pH 3, 4, 5, 6, 7, 8, waktu kontak 15, 30, 60, 90, 120 menit, serta konsentrasi 10, 25, 50, 100, 250 ppm. Setelah dilakukan pengujian di dapat massa optimum adalah 100 mg, pH optimum adalah 6, waktu kontak optimum adalah 15 menit, serta konsentrasi optimum adalah 10 ppm. Efisiensi removal dari ATF dalam menjerap MB dan seng (Zn) adalah 60,9 % dan 72% serta pada AR adalah 55% dan 76,2%. Hasil scanning dari *Fourir Transform InfraRed* (FTIR) menunjukkan adanya gugus fungsi karbon aktif. Dari hasil tersebut adsorbent terbilang cukup baik.

Kata kunci: Adsorpsi, cangkang kerang darah, metilen biru & seng

ABSTRACT

MUHAMMAD IKHLASUL IQBAL. *The Utilizations of Natural Adsorbent from Blood Clam Shells (Anadara granosa) to Reduce Zinc (Zn) and Color Levels in the Water*. *Supervised by* EKO SISWOYO S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Water is a core substance for human activities whether for daily activity or for industrial use. However, not all of water sources are met the intended appropriate quality. One of the water quality parameters are color and zinc (Zn). In this research, would be studying the utilization of blood clam shells (Anadara granosa) to reduce pollutant in water. It is because the highly potential of blood clam shells (Anadara granosa) in Indonesia and contains calcium carbonate ($CaCO_3$). The research will focus on testing the effectiveness, characteristic, and isotherm model of the adsorbent. The research will consist of mass variations of 50, 100, 200, 300, 400 mg, pH 3,4, 5, 6, 7, 8, contact times of 15, 30, 60, 90, 120 minutes, and concentrations of 10, 25, 50, 100, 250 ppm. The result of the optimum mass was 100 mg, optimum pH was 6, contact time was 15 minutes, and optimum concentrations was 10 ppm. Optimum removal efficiency of ATF to reduce MB and zinc (Zn) were 60,9% and 72% also for AR were 55% and 76,2%. The result from Fourir Transform InfraRed (FTIR) scan shows there were activated carbon functional groups. From this research it can be said that the adsorbent quality was quite good.

Keywords: *Adsorption, blood clam shells, methylene blue & zinc*

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI vii
DAFTAR NOTASI ix
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Asumsi Penelitian 4
1.6 Ruang Lingkup 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Seng (Zn) 7
2.2 Warna 8
2.3 Kerang Darah 9
2.4 Adsorpsi 11
2.5 Spektrofotometer Fourier Transform Infra-Red 14
BAB III METODE PENELITIAN 16
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 16
3.2 Alat dan Bahan 16
3.3 Prosedur Penelitian 16
3.4 Prosedur Penelitian 18
3.4.1. Studi Literatur 18
3.4.2. Pembuatan Adsorben 18
3.4.3. Aktivasi Adsorbent 18
3.4.4. Pembuatan Larutan Kerja 19

3.4.5. Penentuan Massa Adsorben Optimum Seng (Zn) 19
3.4.6. Penentuan Massa Adsorben Optimum *Methylene Blue*..... 19
3.4.7. Penentuan pH Adsorben Optimum Seng (Zn)..... 20
3.4.8. Penentuan pH Adsorben Optimum *Methylene Blue*..... 20
3.4.9. Penentuan Waktu Kontak Adsorben Optimum Seng (Zn) 20
3.4.10. Penentuan Waktu Kontak Adsorben Optimum *Methylene Blue* 21
3.4.11. Penentuan Konsentrasi Optimum Seng (Zn) 21
3.4.12. Penentuan Konsentrasi Adsorben Optimum *Methylene Blue*.... 21
3.4.13. Karakterisasi Kandungan Gugus Fungsi Dengan Fourier-Transform Infrared Spectrometer (FTIR)..... 22
3.5 Prosedur Analisis Data..... 22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 24
4.1 Efisiensi Removal dari Adsorben Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa)..... 25
4.1.1. Hasil Uji Pendahuluan Aktivasi Fisika (*Methylene Blue*)..... 25
4.1.2. Hasil Uji Pendahuluan Aktivasi Fisika Seng (Zn)..... 27
4.1.3. Hasil Uji Massa Optimal Adsorben..... 28
4.1.4. Hasil Uji pH Optimal Adsorben 29
4.1.5. Hasil Uji Waktu Kontak Optimal 30
4.1.6. Hasil Uji Konsentrasi..... 31
4.2 Karakteristik Adsorben 33
4.3 Penentuan Model Isotherm 35
BAB V SIMPULAN DAN SARAN..... 39
5.1 Simpulan 39
5.2 Saran..... 40
DAFTAR PUSTAKA..... 41
LAMPIRAN..... 44

DAFTAR NOTASI

MB : *Methylene blue*

ATF : Adsorben ter aktivasi fisika

AR : Adsorben *raw*

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Pembagian Daerah Berdasarkan Panjang Gelombang..... 14
Tabel 2 Tipe Gugus Fungsi dan Rentang Panjang Gelombangnya..... 15
Tabel 3 Variasi Uji pada Adsorben.....**Error! Bookmark not defined.**
Tabel 4 Gugus Fungsi Cangkang Kerang Darah 34
Tabel 5 Perbandingan Isotherm Langmuir dan Freundlich pada AR dan ATF 35

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Seng (Zn) 7
Gambar 2 Salah satu proses pembuatan batik adalah proses pelodoran 9
Gambar 3 Struktur Morfologi Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*) 10
Gambar 4 Daerah Spektrum Mid-IR 14
Gambar 5 Alur Penelitian 17
Gambar 6 Spektrum Panjang Gelombang FTIR Pembacaan Adsorben Teraktivasi Fisika, Adsorben *Raw,* dan Adsorben Terjerap 33
Gambar 7 Efisiensi Removal Adsorben Teraktivasi dalam Menjerap MB 26
Gambar 8 Efisiensi Removal Adsorben Teraktivasi Dalam Menjerap Seng (Zn)..... 27
Gambar 9 Pengaruh Variasi Massa Terhadap Efisiensi Removal AR dan ATF 28
Gambar 10 Pengaruh Variasi pH Terhadap Efisiensi Removal AR dan ATF..... 29
Gambar 11 Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Removal AR dan ATF 31
Gambar 12 Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi adsorben..... 31
Gambar 13 Pengaruh Variasi Konsentrasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi Adsorben Ter aktivasi dan Adsorben Raw 32
Gambar 14 Grafik Persamaan Model Isotherm Langmuir ATF dan AR..... 36
Gambar 15 Grafik Persamaan Model Isotherm Freundlich ATF dan AR 37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat dan Bahan
Lampiran 2. Hasil FTIR Adsorben Sebelum Aktivasi
Lampiran 3. Hasil FTIR Adsorben Setelah Aktivasi
Lampiran 4. Hasil FTIR Adsorben Setelah Proses Adsorpsi
Lampiran 5. Tabel Gugus Fungsi
Lampiran 6. Kurva Kalibrasi MB
Lampiran 7. Kurva Kalibrasi Seng (Zn)
Lampiran 8. Hasil Uji Variasi Suhu MB
Lampiran 9. Hasil Uji Variasi Suhu Zn
Lampiran 10. Hasil Uji Variasi Masa
Lampiran 11. Hasil Uji Variasi pH
Lampiran 12. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak
Lampiran 13. Hasil Uji Variasi Konsentrasi
Lampiran 14. Perhitungan
Lampiran 15. Dokumentasi

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan dasar manusia baik untuk kegiatan sehari-hari maupun untuk menjalankan kegiatan industri. Untuk menjalankan kegiatan tersebut sumber air harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan sehingga sumber air dapat digunakan sesuai peruntukannya. Peraturan Menteri Kesehatan RI nomor 32 tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum telah menjelaskan secara terperinci mengenai air berdasarkan peruntukannya

Pada kenyataannya sumber air yang ditemukan sering kali ditemukan melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Kegiatan seperti industri, domestik, dan kegiatan lainnya berdampak buruk bagi sumber air. Parameter yang dapat digunakan untuk menentukan kualitas air dapat dilihat dari parameter fisik (suhu, bau, jumlah zat terlarut (TDS), kekeruhan, rasa, dan warna), kimia (pH, fluorida, kromium, timbal, seng, kesadahan, klorida, nitrat, nitrit, sulfat, zat organik, dan deterjen), serta mikrobiologi (total coliform). Parameter yang melebihi dari baku mutu yang telah ditetapkan perlu diolah terlebih dahulu sehingga sumber air terjaga mutu dan kualitasnya (Setioningrum *et al.*, 2020).

Salah satu teknologi pengolahan air yang mengandung logam berat dan kadar warna adalah dengan adsorpsi. Bahan yang digunakan untuk adsorpsi dapat bersumber dari adsorben sintesis salah satunya TSK-8-hidrosiquinolin dan adsorben yang berasal dari alamiah seperti kitosan, zeolite, dan karbon aktif. Adsorben sintesis memiliki kekurangan pada hal pembuatannya yang rumit serta harganya yang mahal (Firdaus, 2012). Sehingga diperlukan adsorben yang tersedia secara alamiah dan memiliki potensi yang lebih besar serta daya serap yang dimilikinya dapat lebih baik dari adsorben sintesis dengan harga yang relatif murah (Firdaus, 2012).

Kerang darah adalah salah satu kuliner yang banyak ditemukan di Indonesia. Harganya yang murah dan mudahnya ditemukan hampir di seluruh wilayah pantai yang memiliki pasir berlumpur membuat hewan yang satu ini banyak diminati masyarakat Indonesia (Mzighani, 2005). Selain digunakan sebagai sumber makanan, kerang darah juga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben yang dapat menurunkan kadar pencemar di dalam air limbah. Cangkang kerang darah mengandung kalsium karbonat ($CaCO_3$). Kandungan kalsium karbonat di cangkang kerang darah dapat digunakan sebagai bahan adsorben karena terdapat pori-pori yang dapat menyerap logam berat dan kadar warna (Wiyarsi & Erfan, 2012).

Pada penelitian sebelumnya, kandungan pencemar di dalam air seperti Fe, kadar warna, dan kekeruhan dapat diturunkan dengan penambahan cangkang kerang darah yang telah dihaluskan dan di aktivasi secara fisika-kimia dan memiliki tingkat efisiensi secara berturut-turut 99,83%, 97,61%, dan 97,61% (Rahimawati *et al*., 2019). Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Wahyudianto, (2016) kapasitas adsorbsi maksimum dari cangkang kerang darah (Anadara granosa) dalam menyerap Pb^{2+} antara 11,236-125 mg/g; Cu^{2+} antara 6,083-38,462 mg/g; dan Zn^{2+} antara 11,364-200 mg/g.

Dalam penelitian ini akan diteliti kemampuan kerang darah sebagai adsorben untuk menurunkan kadar pencemar warna dan Seng (Zn). Penelitian akan dilakukan dengan menguji efisiensi removal adsorben dari sampel limbah buatan lalu kemudian dilanjutkan dengan melakukan karakterisasi pada adsorben.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapakah efisiensi removal adsorben cangkang kerang darah dalam menurunkan konsentrasi warna dan seng (Zn)?
2. Bagaimanakah karakteristik dari adsorben cangkang kerang darah (*Anadara granosa*)?
3. Bagaimanakah model isotherm adsorben cangkang kerang darah (*Anadara granosa*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui efisiensi removal adsorben cangkang kerang darah dalam menurunkan konsentrasi warna dan seng (Zn).
2. Untuk mengetahui karakteristik dari adsorben cangkang kerang darah (*Anadara granosa*).
3. Untuk mengetahui model isotherm dan kapasitas adsorpsi adsorben cangkang kerang darah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Bagi Peneliti

   Pemahaman lebih mengenai pengujian, analisis data, prosedur laboratorium, khususnya mengenai adsorben dan logam berat yang dapat berguna di masa depan serta menjadi persyaratan kelulusan Sarjana (S1) di Universitas Islam Indonesia Program Studi Teknik Lingkungan.

2. Manfaat Bagi Universitas

   Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi terkait pemanfaatan cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai adsorben alami alternatif.

3. Manfaat Bagi Masyarakat

Memberikan informasi serta bahan pertimbangan untuk menerapkan pengolahan limbah industri batik skala UMKM yang berasal dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*).

1.5 Asumsi Penelitian

Dalam penelitian ini adsorben yang ter aktivasi fisika diasumsikan akan memiliki efisiensi removal serta kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang tidak ter aktivasi (*raw*).

1.6 Ruang Lingkup

Agar dapat lebih mudah dipahami, maka penelitian ini menggunakan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia KM 14,5.
2. Penelitian ini menggunakan bahan adsorben dari limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dengan metode berupa *batch.*
3. Cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) yang digunakan berasal dari penjual kerang yang berada di wilayah Yogyakarta.
4. Air sampel yang digunakan untuk pengujian warna merupakan sampel buatan dari *methylene blue* yang dibuat di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
5. Air sampel yang digunakan untuk pengujian seng (Zn) merupakan sampel buatan yang dibuat dari larutan induk seng (Zn) di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Variabel yang diamati dalam penelitian ini berupa:
   a. Massa cangkang kerang yang akan dijadikan sebagai bahan adsorben, adalah massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi

b. Parameter utama yang diuji adalah kadar warna, sedangkan parameter pendukung dari penelitian ini adalah massa, waktu kontak dan pH.

7. Uji kadar warna mengacu kepada SNI 6989.80-2011 tentang Cara Uji Warna Secara Spektrofotometri. Uji kadar logam seng (Zn) mengacu kepada SNI 06-6989.7-2004 tentang Cara uji seng (Zn) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Seng (Zn)

Seng (Zn) adalah sebuah unsur logam berat yang berwarna putih kebiruan memiliki nomor atom 30, berat atom 65,38, berat jenis 7,14 kg/dm^3 dan dalam sistem periodik masuk ke dalam golongan II b. Di dalam kerak bumi memiliki unsur seng (Zn) yang melimpah yaitu sekitar 76 ppm; pada tanah sekitar 25-68 ppm; pada sungai sekitar 20 µg/l; dan pada air tanah <0,1 mg/l (APHA, 2005).



Gambar 1 Seng (Zn)

Sumber: *Wikipedia.com*

Unsur seng (Zn) biasa digunakan pada campuran logam seperti baja, kuningan, baterai, fungisida, dan bahan warna (APHA, 2005). Seng juga merupakan sebuah unsur penting bagi semua makhluk hidup. Bagi manusia, unsur seng merupakan unsur yang sangat penting sehingga kekurangan unsur ini dapat mengakibatkan penurunan Kesehatan yang signifikan. Beberapa penyakit yang dapat diakibatkan jika kekurangan unsur ini seperti pertumbuhan terhambat bagi anak kecil, diare, pneumonia, gangguan system saraf, dan kecacatan pada janin (Bhowmilk *et al.*, 2010). Sedangkan bila keracunan seng (Zn) dapat menyebabkan iritasi sistem pencernaan, penurunan produksi sel darah merah dan sel darah putih dan dapat menyebabkan

kerusakan kulit serta dapat meningkatkan resiko kanker (Nofita dan Wahyu, 2019).

2.2 Warna

Warna yang terdapat di dalam air limbah industri batik dapat disebabkan oleh adanya kandungan materi seperti *dissolved, suspended,* dan senyawa koloid, yang mana dapat di identifikasi dengan melihat spektrum warnanya. Tingginya kadar warna yang ada dalam limbah batik akibat dari proses pencelupan, pewarnaan, pelodoran, dan pencucian kain batik. Hal ini berkaitan dengan proses utamanya menggunakan zat warna kimia sebagai bahan utama dan beberapa bahan kimia pendukung seperti soda kaustik (NaOH), soda kue ($NaHCO_3$), soda abu (Na_2CO_3), asam sulfat (H_2SO_4), nitrit dan sulfid (Indrayani, 2018). Zat yang biasa digunakan dalam pewarnaan seperti zat warna basa, zat warna asam, direk, zat warna reaktif, naphthol, dan zat warna bejana. Selain itu pada tahap fiksasi kain batik juga menggunakan senyawa kimia untuk mengunci warna (mordan) yang dapat bersumber dari tunjung ($Fe(SO_4)$), kalsium karbonat ($CaCO_3$), tawas ($KAI(S)_4)_2$), boraks, air kapur ($Ca(OH)_2$), kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$), tembaga II sulfat ($Cu_2(CH_3COO)_4$), kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), besi sulfat ($FeSO_4.7H_2O$) (Indrayani, 2018).



Gambar 2 Salah satu proses pembuatan batik adalah proses pelodoran

Sumber: *Wikipedia.com*

Pewarna batik memiliki struktur molekul kimia yang kompleks serta lebih stabil. Hal ini akan membuat sulitnya untuk di degradasi secara alami. Keberadaan zat warna di dalam air akan membuat kerusakan lingkungan seperti mengganggu kehidupan makhluk hidup perairan. Limbah industri batik biasanya di buang ke lingkungan dengan minim pengolahan bahkan biasanya tanpa pengolahan dahulu sama sekali sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan (Subki & Rohasliney, 2011).

2.3 Kerang Darah

Kerang-kerangan termasuk komoditas yang cukup popular di Indonesia. Menurut *Statistic of Marine and Coastal Resources*, (2016) budidaya kerang di Indonesia mencapai 10% dari total budidaya perikanan air laut. Kerang darah termasuk dalam sub-kelas Lamellibranchiate, yaitu anggota dari ordo Taxodonta yang memiliki insang memanjang dan berlipat, otot aduktor memiliki ukuran yang sama, serta tidak ada tautan antar filamen insang. Menurut Tantra (2015) taksonomi dari kerang darah (*Anadara granosa*) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

Sub Kingdom : Metazoa

Phylum : Mollusca

Class : Pelecypoda/ Bivalvia

Sub-class : Pteriomoprhia

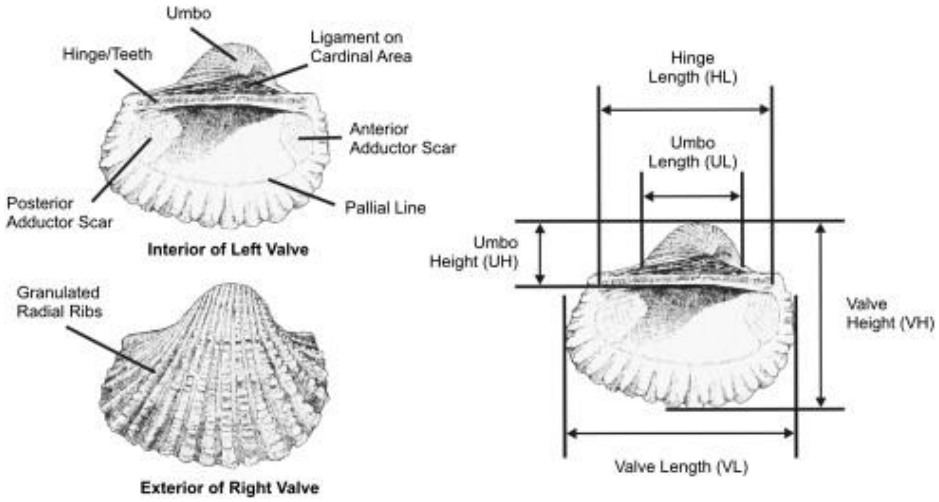
Order : Arcoida

Super Family : Arcoidea/Aracea

Family : Aricadea

Genus : *Anadara*

Species : *Anadara granosa*



Gambar 3 Struktur Morfologi Cangkang Kerang Darah (*Anadara granosa*)

Sumber: (Tanra, 2015)

Kerang darah dapat dijadikan sebagai bioakumulator karena memiliki enzim metallothionine yang dapat menyebabkan jaringannya mampu mengakumulasi logam berat yang berada di sekitarnya. Enzim ini juga mampu menyerap zat seperti pestisida hingga radionuklida tanpa membuat hidupnya sendiri dalam bahaya (Sumantri & Afiati, 2010).

Senyawa yang terkandung di dalam cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) seperti kalsium phospat, kalsium hidrosiapatit, kalsium karbonat, dan kitin. Kitin adalah senyawa polisakarida alami yang dapat digunakan untuk adsorben. Kitin dapat di destilasi menjadi kitosan. Kitosan sendiri dapat digunakan sebagai bahan baku untuk membuat biomaterial seperti bahan adsorben yang dapat mengikat atau menjerap logam-logam berat. Cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) memiliki kandungan kalsium karbonat

($CaCO_3$) yang memiliki pori-pori sehingga memiliki kemampuan untuk menjerap senyawa atau zat-zat ke dalam pori-porinya tersebut (Wiyarsi & Erfan, 2012).

Penelitian lain menyebutkan bahwa limbah logam timah putih dapat di adsorpsi menggunakan abu cangkang kerang yang telah dilakukan proses kalsinasi dengan suhu 800^o C selama ± 9 jam. Penyerapan optimum dari abu cangkang kerang darah terhadap kandungan timah putih dengan konsentrasi 30 ppm adalah sebesar 53,113% (Afranita *et al.,* 2014). Komposisi kimia dari abu cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) tinggi akan senyawa kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida (CaO) adalah senyawa yang sering digunakan sebagai *dehydrator*, pengikat CO_2 pada cerobong asap, dan sebagai pengering gas. Senyawa ini merupakan turunan dari kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang memiliki kemampuan untuk mengikat air pada etanol yang cocok sebagai bahan adsorben (Retno, 2012).

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi adalah peristiwa Ketika suatu fluida (cairan maupun gas) menempel pada suatu padatan (adsorben) yang membuat sebuah lapisan tipis (film) pada permukaan suatu padatan tersebut. Molekul fluida yang berikatan dan melekat pada adsorben disebut dengan *adsorbate* sedangkan molekul fluida yang tidak melekat disebut dengan *adsorptive* (Handrian *et al*., 2017). Menurut Sediawan dan Prasetya (1997) mekanisme dalam adsorpsi memiliki empat tahapan yaitu:

1. Terjadinya transfer massa molekul *adsorbate* ke pada film (lapisan tipis) yang mengelilingi adsorben,
2. Terjadinya peristiwa difusi lapisan film,
3. Terjadinya difusi adsorbat melalui pori-pori adsorben,
4. Menempelnya adsorbat ke permukaan dinding dalam adsorben.

Laju proses adsorpsi oleh suatu adsorben dapat dipengaruhi oleh banyak faktor dan memiliki pola isotherm adsorpsi yang spesifik. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi peristiwa adsorpsi antara lain yaitu

1. jenis adsorben,
2. luas permukaan adsorben,
3. jenis zat yang diserap,
4. kadar atau konsentrasi zat yang diserap,
5. Temperatur,
6. pH

Akibat dari beberapa hal ini maka setiap jenis adsorben yang menyerap zat tertentu memiliki pola isotherm adsorpsi yang berbeda-beda pula. Sehingga untuk mengetahui pola isotherm adsorpsi dapat menggunakan persamaan adsorpsi *Langmuir* dan *Freundlich* (Wijayanti *et al*, 2019).

Model isotherm Langmuir dapat dijelaskan dengan persamaan sebagai berikut

$$q = \frac{bq_m C}{1 + bC}$$

Dimana q_m (mg/g) adalah jumlah maksimum adsorbat pada adsorben dan *b* (1/mg) adalah konstanta kesetimbangan yang berkaitan dengan proses entalpi. Dimana dapat diketahui dengan melihat jumlah (per satuan waktu) molekul yang teradsorpsi dan yang ter desorpsi adalah sama dan kedua laju reaksi sama.

Ada empat asumsi dari persamaan tersebut. Yang pertama menyatakan bahwa adsorbat tidak dapat berikatan secara bebas, namun hanya pada beberapa permukaan yang memenuhi kondisi tertentu sehingga mereka dapat membentuk ikatan dengan adsorbat (berdasarkan hukum gaya van der Waals atau ikatan kimia). Kedua, adsorpsi hanya terjadi pada satu lapisan (*monolayer*) dimana ketika permukaan sudah terisi oleh suatu molekul maka adsorben tidak dapat terikat lagi oleh molekul lain. Hal ini akan menyebabkan adanya titik jenuh atau equilibrium. Ketiga, permukaan memiliki kesetaraan energi, dimana energi yang terlibat dalam proses adsorpsi adalah sama di semua lokasi. Keempat, molekul yang telah teradsorpsi tidak dapat memengaruhi adsorpsi atau desorpsi karena mereka tidak berinteraksi dengan molekul adsorbat lainnya. Dua asumsi terakhir dapat diringkas dan menyatakan bahwa adsorpsi terjadi secara homogen di permukaan.

Model isotherm Freundlich dapat dijelaskan dengan persamaan sebagai berikut

$$q = aC^{\frac{1}{n}}$$

Dimana *a* (mg/g) adalah massa yang teradsorpsi dengan satuan konsentrasi dan *n* adalah konstanta empiris biasanya bernilai lebih besar dari 1. Dari semua asumsi yang terdapat pada model ini, terdapat dua asumsi terpenting. Pertama, adsorpsi tidak hanya terjadi dalam satu lapisan namun dapat terjadi pada beberapa lapisan (*multilayer*). Adsorben tidak akan pernah jenuh dan akan terus berikatan dengan adsorbat. Kedua, energi yang dibutuhkan untuk proses adsorpsi tidak sama pada setiap permukaan, namun bervariasi dan dapat terdistribusi secara eksponensial. Kekuatan dari ikatan tidak homogen dikarenakan sifat fisik kimia permukaan atau jumlah molekul yang telah teradsorpsi. Secara khusus, lebih banyak molekul terikat pada suatu permukaan dan kecil kemungkinannya molekul dapat terikat pada permukaan yang sama dikarenakan energi yang dibutuhkan lebih tinggi (secara eksponensial) (Artioli, 2008).

Dalam penerapannya suatu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi suatu adsorben dapat dilakukan dengan diberi semacam perlakuan yang dapat meningkatkan luas permukaan dari adsorben (Wahyudianto, 2016). Upaya tersebut dapat dilakukan baik secara kimia, fisika, dan kimia-fisika. Perlakuan kimia dapat dilakukan dengan merendam cangkang kerang darah dalam larutan H_2SO_4 untuk dapat menghilangkan kandungan air (H_2O) yang menutupi gugus aktif dan pori-pori karbon sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi. Perlakuan fisika dapat dilakukan menggunakan *furnace* dengan suhu 500^o C untuk menghilangkan kadar air yang masih terkandung dalam cangkang dan membuka pori-pori cangkang kerang. Perlakuan fisika-kimia dapat dilakukan dengan cangkang kerang yang telah diberi perlakuan kimia dibakar menggunakan *furnace* dengan suhu 900^o C selama 2 jam (Rahimawati, 2019).

2.5 Spektrofotometer Fourier Transform Infra-Red

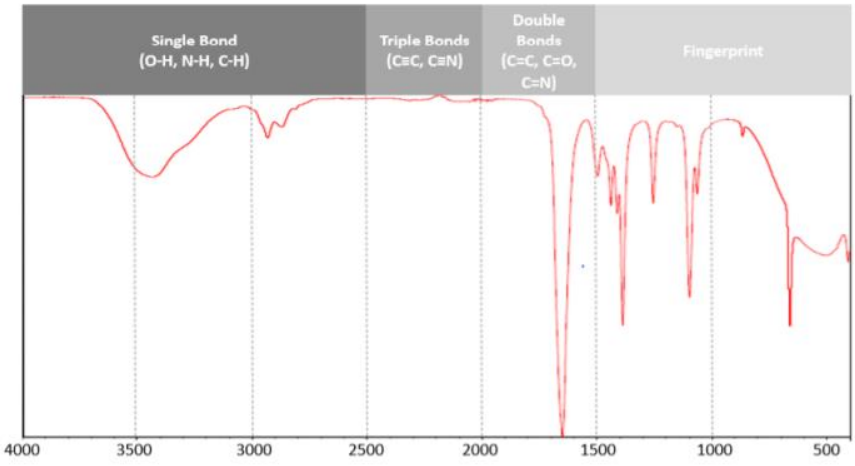
Spektrofotometer Fourier Transform Infra-Red (FTIR) adalah alat yang biasa digunakan untuk mempelajari berbagai macam zat, termasuk untuk menentukan sifat dan perilakunya dalam sejumlah kondisi. FTIR dapat digunakan untuk menentukan karakteristik ikatan molekul dan sering digunakan untuk "sidik jari" suatu zat untuk dapat diketahui identitas, kualitas, *impurity*, dan perubahannya.

FTIR dapat digunakan baik pada zat berbentuk cair maupun zat berbentuk padatan. Penyerapan protein yang paling sering adalah N-H dan O-H (3000-3700 cm^{-1}), C-H dengan interval (2700-3100 cm^{-1}), dan pita amida yang meliputi I, II, III, IV, V, dan VI yang berada pada daerah *fingerprint* (1700-500 cm^{-1}) (Tranter, 2017).

Tabel 1 Pembagian Daerah Berdasarkan Panjang Gelombang

Daerah	**Wavenumber (cm^{-1})**
Far-IR	(<400)
Mid-IR	(400-4000)
Near-IR	(4000-13000)

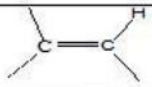
Sumber: (Nandiyanto, Oktiani dan Ragadhita, 2019)



Gambar 4 Daerah Spektrum Mid-IR

Sumber: (Nandiyanto, Oktiani, dan Ragadhita, 2019)

Tabel 2 Tipe Gugus Fungsi dan Rentang Panjang Gelombangnya

Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm^{-1})	Intensitas
C - H	Alkana	2850 – 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	 Alkena	3010 – 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	 Alkuna	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 – 3100 690 – 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3590 – 3650 3200 – 3600 3500 – 3650 2500 - 2700	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 – 3500	Sedang
C=C	Alkena	1610 – 1680	Berubah-ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500 – 1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100 – 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 – 1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210 – 2280	Kuat
C – O	Alkohol, Eter, Asam Karborsilat, Ester	1050 – 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 – 1760	Kuat
NO_2	Senyawa Nitro	1500 – 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

Sumber: (Skoog, A. D., Holler J. F., & Crouch. R. S, 1998)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan selama tiga bulan dimulai dari bulan Maret 2021 hingga Juni 2021. Lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *furnace, oven*, neraca analitis, pH meter, alat-alat gelas, *grind mill*, *sieve shaker*, *stopwatch*, Spektrofotometer Serapan Atom, dan Spektrofotometer Uv- Visible. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cangkang kerang darah, larutan asam nitrat (HNO_3), kertas saring *whattman* no. 42, indikator universal, akuades, larutan induk *methylene blue* (MB) dan larutan induk seng (Zn^{2+}).

3.3 Prosedur Penelitian

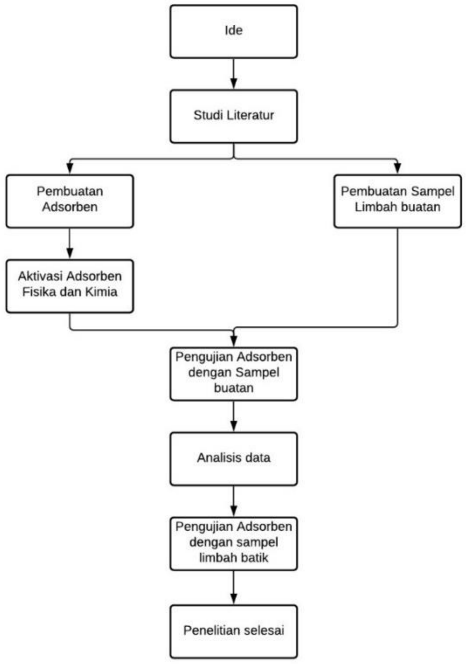
Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dengan metode experimental. Percobaan dianalisis menggunakan metode kuantitatif yaitu dengan melakukan variasi terhadap variabel yang telah ditetapkan. Cangkang kerang yang akan digunakan sebagai adsorben pertama-tama dibersihkan dari pasir dan lumpur yang menempel. Lalu cangkang kerang dikeringkan dibawah sinar matahari. Kemudian cangkang kerang digiling menggunakan *grind mill* sampai halus lalu di ayak dengan *sieve shaker* hingga lolos ayakan 200 mesh. Adsorben dibedakan menjadi 2 jenis yaitu adsorben tanpa aktivasi (*raw*) dan adsorben yang di aktivasi fisika dengan *furnace*. Adsorben yang di aktivasi fisika akan di bedakan menjadi 3 berdasarkan suhu aktivasi yaitu 300^o C, 500^o C, dan 800^o C. Untuk mengetahui suhu aktivasi optimal adsorben dilakukan terlebih dahulu uji pendahuluan dengan menguji adsorben *raw* dan adsorben teraktivasi fisika. Kecepatan pengadukan adsorben pada tiap *batch* adalah

150 rpm. Variabel yang akan dilakukan pengamatan berupa massa adsorben, pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi pencemar. Pada tahap akhir dilakukan karakterisasi dengan menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infra-Red (FTIR) pada adsorben awal serta adsorben setelah terjadi adsorpsi.

Tabel 3 Variasi Uji pada Adsorben

Variasi	Satuan	Nilai					
Massa	mg	50	100	200	300	400	
pH		3	4	5	6	7	8
Waktu Kontak	menit	15	30	60	90	120	
Konsentrasi larutan	mg/L	10	25	50	100	250	

Untuk lebih jelas tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 5 Alur Penelitian

3.4 Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi studi literatur, pembuatan adsorben, pengontakan adsorben hingga penyaringan adsorben. Selanjutnya sampel diuji dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dan Spektrofotometer Uv-Visible. Data lalu dianalisis dengan menggunakan kurva kalibrasi yang telah dibuat sebelumnya.

3.4.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari jurnal-jurnal sebelumnya terkait adsorben cangkang kerang darah, proses adsorpsi logam dan warna, hingga efektivitas dari adsorben serta kajian literatur lainya yang dapat berkaitan terhadap penelitian peneliti.

3.4.2. Pembuatan Adsorben

Cangkang kerang dibeli dari pedagang makanan laut lalu diolah mejadi makanan. Kemudian sisa cangkang kerang dibersihkan dan dikeringkan dengan sinar matahari. Cangkang yang sudah kering kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilakukan proses penggilingan dengan *grind mil* lalu diayak dengan *sieve shaker* hingga lolos pada ayakan 200 mesh sehingga berbentuk powder (Wahyudianto 2016).

Cangkang kerang yang sudah berbentuk bubuk lalu dipisahkan yang akan di aktivasi dan tidak di aktivasi. Cangkang kerang yang di aktivasi dipanaskan di dalam *furnace* dengan suhu 300^{o} C, 500^{o} C, dan 800^{o} C (Rahimawati 2019). Cangkang kerang yang sudah di aktivasi dan tanpa aktivasi (*raw*) siap untuk uji adsorpsi.

3.4.3. Aktivasi Adsorbent

Cangkang kerang yang telah dalam keadaan *powder* akan diaktivasi dengan variasi suhu aktivasi 300^{o}, 500^{o}, dan 800^{o} C. Aktivasi adsorben dilakukan dengan memasukan adsorben ke dalam furnace. Setelah itu furnace di hidupkan dan suhu diatur sesuai variasi. Aktivasi dilakukan selama 2 jam.

3.4.4. Pembuatan Larutan Kerja

Pembuatan larutan kerja *methylene blue* (MB) 10, 25, 50, 100, dan 250 mg/L dilakukan dengan mengencerkan larutan induk *MB* 1000 ppm ke dalam labu ukur. Pembuatan larutan kerja seng (Zn) 10, 25, 50, 100, dan 250 mg/L dilakukan dengan mengencerkan larutan induk seng (Zn) 1000 ppm ke dalam labu ukur Adapun perhitungan pengenceran dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut.

$$C1.V1 = C2.V2$$

Dimana:

C1 : Konsentrasi larutan awal

C2 : Konsentrasi larutan akhir

V1 : Volume air awal

V2 : Volume air akhir

3.4.5. Penentuan Massa Adsorben Optimum Seng (Zn)

Penentuan massa optimum adsorben dapat diketahui dengan menimbang terlebih dahulu adsorben 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg dan 400 mg baik yang teraktivasi dan tidak teraktivasi. Selanjutnya dimasukan ke dalam gelas Erlenmeyer 100 mL yang berisi larutan kerja seng (Zn) 50 mL konsentrasi 10 mg/L. Dilakukan penambahan larutan HNO_3 untuk pengaturan pH sampel yang memiliki sifat basa (pH>8) sehingga menjadi pH=7. Larutan kemudian di aduk menggunakan *orbital shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 1 jam. Kemudian filtrat hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring *whattman* no. 42 lalu ditambahkan HNO_3 hingga pH <2 untuk kemudian diuji dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.4.6. Penentuan Massa Adsorben Optimum *Methylene Blue*

Penentuan massa optimum adsorben dapat diketahui dengan menimbang terlebih dahulu adsorben 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg dan 400 mg baik yang teraktivasi dan tidak teraktivasi. Selanjutnya dimasukan ke dalam gelas Erlenmeyer 100 mL yang berisi larutan kerja MB 50 mL konsentrasi 10 mg/L. Dilakukan

penambahan larutan HNO_3 untuk menetralkan larutan sampel yang memiliki sifat basa (pH>8) sehingga menjadi pH=7. Larutan kemudian di aduk menggunakan orbital *shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 1 jam. Kemudian filtrat hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring *whattman* no. 42 untuk kemudian diuji dengan menggunakan Spektrofotometer Uv-Visible.

3.4.7. Penentuan pH Adsorben Optimum Seng (Zn)

Penentuan pH optimum dilakukan dengan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7, dan 8. Hasil dari massa adsorben optimum dimasukan kedalam gelas Erlenmeyer 100 mL yang berisi larutan kerja seng (Zn) 50 mL konsentrasi 10 mg/L. pH inisial sampel bersifat basa sehingga untuk kontrol pH dilakukan dengan menambahkan HNO_3 hingga pH yang dikehendaki tercapai. Larutan kemudian di aduk menggunakan *shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 1 jam. Kemudian filtrat hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring *whattman* no. 42 lalu ditambahkan HNO_3 hingga pH <2 untuk kemudian diuji dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.4.8. Penentuan pH Adsorben Optimum *Methylene Blue*

Penentuan pH optimum dilakukan dengan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7, dan 8. Hasil dari massa adsorben optimum dimasukan kedalam gelas Erlenmeyer 100 mL yang berisi larutan kerja *methylene blue* 50 mL konsentrasi 10 mg/L. pH inisial sampel bersifat basa sehingga untuk kontrol pH dilakukan dengan menambahkan HNO_3 hingga pH yang dikehendaki tercapai. Larutan kemudian di aduk menggunakan *orbital shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 1 jam. Kemudian filtrat hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring *whattman* no. 42 untuk kemudian diuji dengan menggunakan Spektrofotometer Uv-Visible.

3.4.9. Penentuan Waktu Kontak Adsorben Optimum Seng (Zn)

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan variasi waktu kontak 15, 30, 60, 90, dan 90 menit. Hasil dari pH adsorben optimum dimasukan kedalam gelas Erlenmeyer 100 mL yang berisi larutan kerja seng (Zn) 50 mL konsentrasi 10 mg/L. Sampel bersifat basa sehingga untuk kontrol pH dilakukan dengan menambahkan

HNO_3 hingga pH optimum. Larutan kemudian di aduk menggunakan *orbital shaker* pada kecepatan 150 rpm sesuai dengan variasi waktu kontak. Kemudian filtrat hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring *whattman* no. 42 lalu ditambahkan HNO_3 hingga pH <2 untuk kemudian diuji dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.4.10. Penentuan Waktu Kontak Adsorben Optimum *Methylene Blue*

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan variasi waktu kontak 15, 30, 60, 90, dan 90 menit. Hasil dari pH adsorben optimum dimasukan kedalam gelas Erlenmeyer 100 mL yang berisi larutan kerja *methylene blue* 50 mL konsentrasi 10 mg/L. Sampel bersifat basa sehingga untuk kontrol pH dilakukan dengan menambahkan HNO_3 hingga pH optimum. Larutan kemudian di aduk menggunakan *orbital shaker* pada kecepatan 150 rpm sesuai dengan variasi waktu kontak. Kemudian filtrat hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring *whattman* no. 42 untuk kemudian diuji dengan menggunakan Spektrofotometer Uv-Visible.

3.4.11. Penentuan Konsentrasi Optimum Seng (Zn)

Penentuan konsentrasi optimum larutan seng (Zn) dimulai dengan mengencerkan larutan induk seng (Zn) sesuai variasi konsentrasi yaitu 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, dan 250 mg/L digunakan sebagai larutan kerja. Massa optimum adsorben dimasukan ke dalam tiap larutan kerja dengan pengaturan pH optimum. Kemudian larutan diaduk menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama waktu kontak maksimum. Kemudian filtrat hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring *whattman* no. 42 lalu ditambahkan HNO_3 hingga pH <2 untuk kemudian diuji dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.4.12. Penentuan Konsentrasi Adsorben Optimum *Methylene Blue*

Penentuan konsentrasi optimum larutan MB dimulai dengan mengencerkan larutan induk *methylene blue* sesuai variasi konsentrasi yaitu 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, dan 250 mg/L digunakan sebagai larutan kerja. Massa optimum adsorben dimasukan ke dalam tiap larutan kerja dengan pengaturan pH optimum.

Kemudian larutan diaduk menggunakan *shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama waktu kontak maksimum. Kemudian filtrat hasil adsorpsi disaring menggunakan kertas saring *whattman* no. 42 untuk kemudian diuji dengan menggunakan Spektrofotometer Uv-Visible.

3.4.13. Karakterisasi Kandungan Gugus Fungsi Dengan Fourier-Transform Infrared Spectrometer (FTIR)

Penentuan gugus fungsi dilakukan dengan membandingkan adsorben yang belum diaktivasi (*raw*), adsorben ter aktivasi fisika, dan adsorben setelah terjadinya proses adsorpsi. Dari kegiatan ini dapat diketahui kandungan gugus fungsi adsorben baik sebelum diaktivasi, setelah diaktivasi, dan setelah terjadinya proses adsorpsi. Penentuan gugus fungsi dilakukan dengan rentang daerah spektrum menengah (*mid-infrared*) yaitu 400-4000 cm^{-1}.

3.5 Prosedur Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisis lalu disajikan ke dalam bentuk grafik untuk mengetahui persen removal dari adsorben cangkang kerang darah dalam menurunkan kadar logam seng (Zn) dan *methylene blue* dalam air.

$$persen\ removal\ (\%) = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\%$$

Analisis isotherm adsorpsi dilakukan dengan menggunakan persamaan Freudlich dan Langumuir. Persamaan Freudlich dan Langmuir sebagai berikut:

Persamaan Freudlich

$$qe = \frac{x}{m} = K_f C_e^{\frac{1}{n}}$$

Persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi

$$\log qe = \log K_f + \frac{1}{n} \log Ce \qquad (2)$$

Dengan:

qe = Adsorpsi maksimum kesetimbangan

Ce = Konsentrasi Kesetimbangan (mg/l)

Kf dan n = Konstanta Freudlich

Persamaan Langmuir

$$qe = \frac{x}{m} = q_{maks} \frac{K_L C_e}{1+K_L C_e} \quad (3)$$

Persamaan tersebut dapat diubah menjadi persamaan berikut:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{maks} K_L} + \frac{C_e}{q_{maks}} \quad (4)$$

Dengan:

qe = Kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan

q_{maks} dan K_L = Konstanta Langmuir

C_e = Konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/l)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik dan efektivitas adsorben cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) dalam menyerap logam seng (Zn) dan *methylene blue*, serta mengetahui model isotherm dan kapasitas adsorpsi dari adsorben. Adsorben akan dibagi menjadi 2 jenis yaitu adsorben *raw* yang akan disingkat (AR) dan adsorben ter aktivasi fisika yang akan disingkat (ATF). Perlakuan yang diberikan terhadap adsorben dilakukan dengan menggunakan 5 variasi yaitu variasi aktivasi, variasi massa, variasi pH, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi.

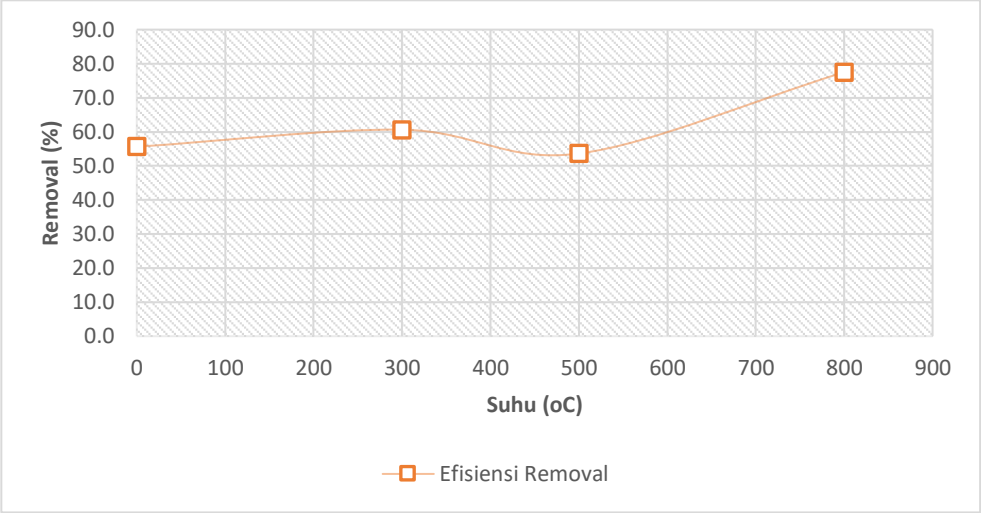
a. Percobaan 1, yaitu adalah pengujian dengan variasi aktivasi cangkang kerang secara fisika. Pemanasan adsorben dilakukan dengan variasi suhu 300^{o} C, 500^{o} C, dan 800^{o} C.
b. Percobaan 2, yaitu adalah pengujian massa cangkang kerang adsorben dengan variasi 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, dan 400 mg.
c. Percobaan 3, yaitu adalah pengujian suasana pH larutan dengan variasi pH 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8.
d. Percobaan 4, yaitu pengujian waktu kontak dengan variasi waktu kontak 15 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.
e. Percobaan 5, yaitu pengujian konsentrasi dengan variasi konsentrasi 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, dan 250 mg/L.

4.1 Efisiensi Removal dari Adsorben Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa)

4.1.1. Hasil Uji Pendahuluan Aktivasi Fisika (*Methylene Blue*)

Pada pengujian variasi aktivasi fisika ini adsorben di panaskan menggunakan *furnace* dengan suhu 300^{o} C, 500^{o} C, dan 800^{o} C. Variasi suhu aktivasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh suhu aktivasi terhadap kemampuan dari adsorben. Menurut penelitian dari Wahyudianto (2016) peningkatan suhu aktivasi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari adsorben. Aktivasi pada suhu 110^{o} C digunakan untuk menghilangkan kadar air sehingga cangkang kerang darah dapat lebih optimal dalam proses adsorpsi, kemudian aktivasi dengan suhu 550^{o} C dapat meningkatkan luas permukaan adsorben yang dapat meningkatkan kemampuan penyerapan adsorben.

Pada penelitian ini 500 mg massa adsorben dimasukan kedalam tiap variasi aktivasi kemudian ditambahkan larutan MB (*Methylene Blue*) dengan konsentrasi 10 mg/. Pengaturan pH dilakukan dengan penambahan HNO_3 dikarenakan sifat sampel memiliki pH basa hingga pH menjadi normal (pH=7) lalu diaduk menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam. Hasil pengujian di uji menggunakan alat Spektrofotometri Uv-vis dengan panjang gelombang 663,9 nm sehingga data tersebut dapat dibuat grafik perbandingan antara efisiensi removal MB terhadap variasi suhu aktivasi fisika sebagai berikut:

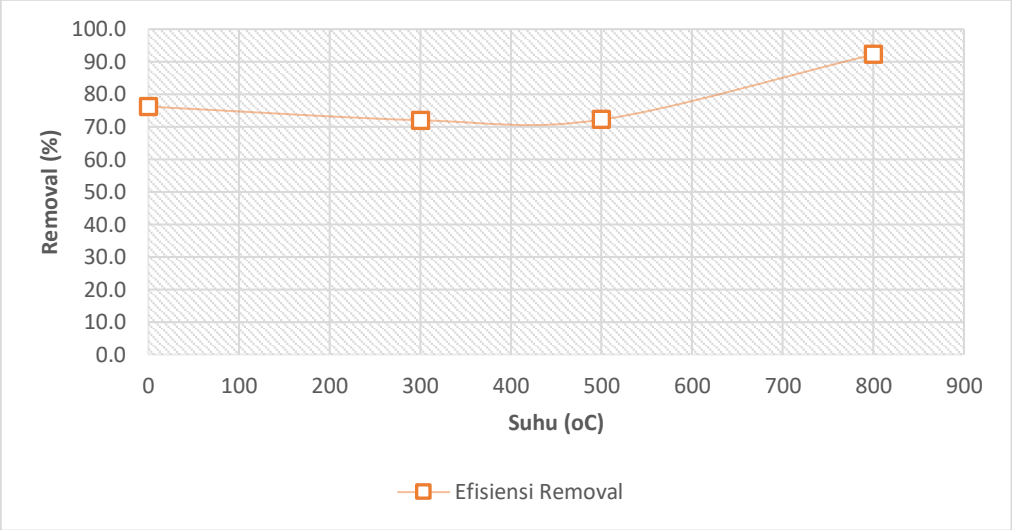


Gambar 6 Efisiensi Removal Adsorben Teraktivasi dalam Menjerap MB
(Sumber: Data Primer, 2021)

Dari grafik tersebut dapat dibandingkan suhu dengan daya serap dari adsorben tersebut dalam menurunkan kadar MB di dalam air. Aktivasi fisika dengan suhu 800^{o} C memiliki daya serap paling tinggi sebesar 77,5%. Hal ini terjadi akibat dari aktivasi dengan suhu 800^{o} C membuat pori-pori dari cangkang kerang membesar sehingga meningkatkan daya serap (Rahimawati 2019). Namun di saat yang sama pemanasan dengan suhu 800^{o} C membuat adsorben dari cangkang kerang berubah sifat menjadi sangat basa sehingga sulit untuk dinetralkan. Hal ini didukung oleh penelitian dari Sudarmawan *et al*., (2020) yang mengatakan bahwa pemanasan cangkang kerang darah pada suhu 800^{o} C akan menghasilkan lebih banyak senyawa kalsium oksida (CaO) yang bersifat basa sehingga membuat pH larutan menjadi basa. Adapun daya serap paling kecil terdapat dari adsorben aktivasi fisika dengan suhu 500^{o} C dengan efisiensi removal 53,6%. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa aktivasi dengan suhu 300^{o} C merupakan suhu paling optimum dengan efisiensi removal 60,6% sehingga pada tahap selanjutnya akan menggunakan adsorben teraktivasi fisika dengan suhu 300^{o} C.

4.1.2. Hasil Uji Pendahuluan Aktivasi Fisika Seng (Zn)

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Wahyudianto (2016) mengemukakan adanya peningkatan kemampuan adsorpsi cangkang kerang darah dalam menyerap logam seng (Zn^{2+}) seiring dengan peningkatan suhu aktivasi. Pada pengujian variasi aktivasi fisika ini adsorben di panaskan menggunakan *furnace* dengan suhu 300^{o} C, 500^{o} C, dan 800^{o} C. Kemudian 500 mg massa adsorben tiap aktivasi dimasukan dalam larutan seng (Zn) dengan konsentrasi 10 mg/L. pH sampel yang bersifat basa diatur dengan menambahkan larutan HNO_3 sehingga didapatkan pH normal (pH=7) lalu diaduk menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm selama 2 jam. Hasil pengujian di uji menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang 213,9 nm. Data tersebut dapat dibuat grafik antara efisiensi removal seng (Zn) terhadap variasi suhu aktivasi fisika sebagai berikut:



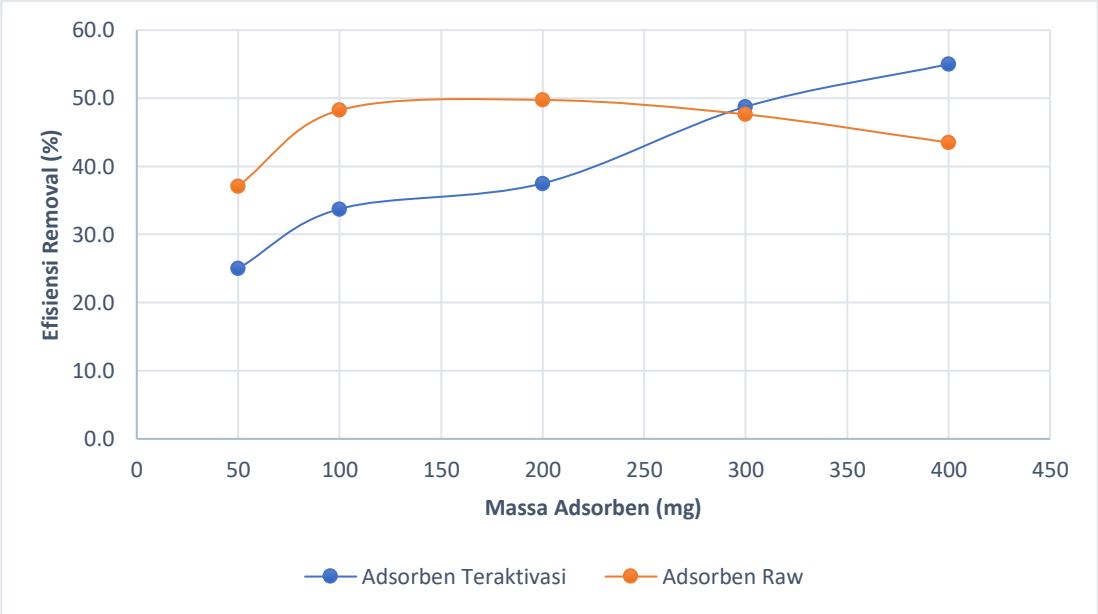
Gambar 7 Efisiensi Removal Adsorben Teraktivasi Dalam Menjerap Seng (Zn)
(Sumber: Data Primer, 2021)

Dari grafik tersebut diketahui adsorpsi yang terjadi pada logam seng (Zn) dengan removal paling optimum adalah sebesar 92,2% yang didapat dengan menggunakan adsorben yang teraktivasi fisika dengan suhu 800^{o} C. pada percobaan ini di dapat larutan kerja inisial setelah dilakukan pengujian berkisar 5 mg/L. Hal ini jauh dari konsentrasi larutan kerja yang diinginkan, yaitu 10 mg/L. Berdasarkan hasil dan

pertimbangan tersebut, untuk penelitian selanjutnya akan hanya berfokus pada parameter *methylene blue* saja.

4.1.3. Hasil Uji Massa Optimal Adsorben

Massa dari suatu adsorben memengaruhi kinerja dari suatu adsorpsi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Siswoyo *et al*., (2016) yang menyatakan bahwa penambahan massa adsorben dapat meningkatkan efisiensi removal suatu larutan. Hal ini terjadi karena semakin banyak adsorben yang ditambahkan maka akan semakin besar pula pori-pori permukaan yang tersedia untuk terjadinya proses adsorpsi. Hasil dari uji massa dengan variasi 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg, dan 400 mg dilakukan dengan pengadukan 150 rpm selama 1 jam konsentrasi larutan kerja sebesar 10 mg/L dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 8 Pengaruh Variasi Massa Terhadap Efisiensi Removal AR dan ATF
(Sumber: Data Primer, 2021)

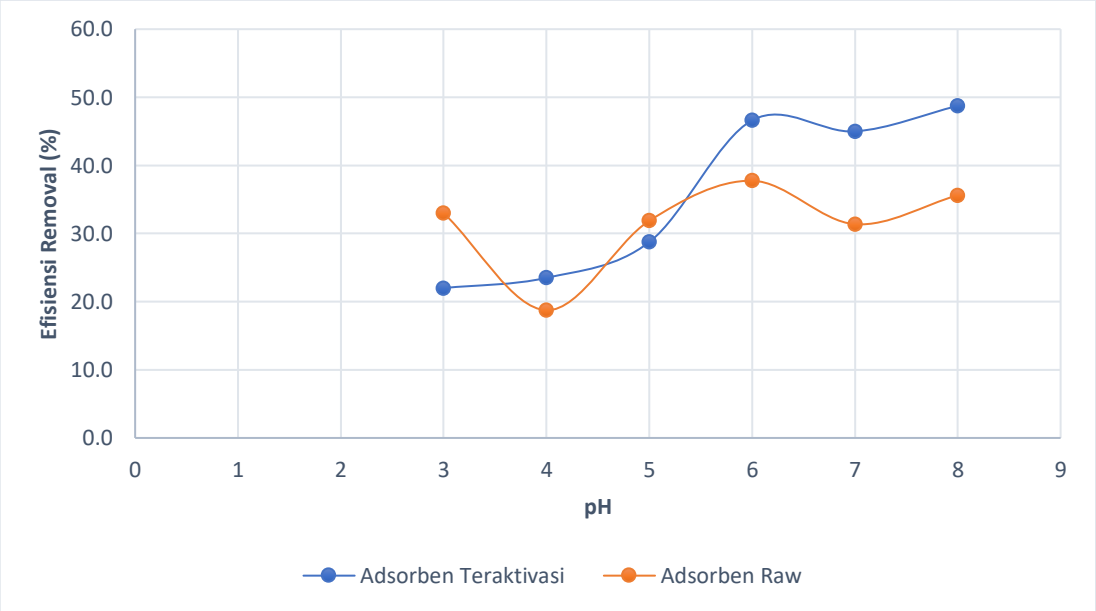
Dari hasil analisis grafik tersebut didapat bahwa semakin besar massa adsorben yang ditambahkan efisiensi removal juga akan semakin meningkat. Efisiensi removal terkecil dari AR adalah sebesar 37,1% dan mengalami peningkatan sampai pada massa 100 mg dengan efisiensi removal 48,3%. Pada penambahan massa 200 mg tidak terjadi peningkatan efisiensi removal dan penurunan pada penambahan massa 400 mg. Hal ini menunjukkan equilibrium dari massa AR. Pada ATF efisiensi removal terkecil

terjadi pada massa 50 mg dengan efisiensi removal 25%. Hal ini terus meningkat seiring penambahan massa 100 mg, 200 mg, dan 300 mg dengan efisiensi removal berturut-turut 33,8%, 37,5%, dan 48,8% dengan removal tertinggi pada massa 400 mg yaitu sebesar 55%. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Siswoyo *et al*., (2016) dimana penambahan massa adsorben akan meningkatkan efisiensi removal adsorben.

4.1.4. Hasil Uji pH Optimal Adsorben

Methylene blue merupakan senyawa *cationic* yang dalam bentuk senyawa cair akan memiliki muatan ion positif. Nilai dari kemampuan adsorpsi sangat bergantung pada muatan yang berada di permukaan adsorben. pH merupakan salah satu faktor yang dapat memengaruhi muatan di dalam air. Dalam pH larutan yang rendah dapat menyebabkan tingkat adsorpsi menjadi rendah pula. Hal ini disebabkan kelebihan muatan ion H^+ yang bersaing untuk berikatan pada gugus aktif adsorben (Nasuha 2010).

Variasi pH digunakan untuk menentukan kadar pH yang optimum untuk penjerapan MB. Variasi yang digunakan dalam percobaan ini adalah 3, 4, 5, 6, 7, 8 dengan konsentrasi larutan MB 10 mg/L diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 1 jam serta massa adsorben adalah 100 mg. Hasil uji variasi pH dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

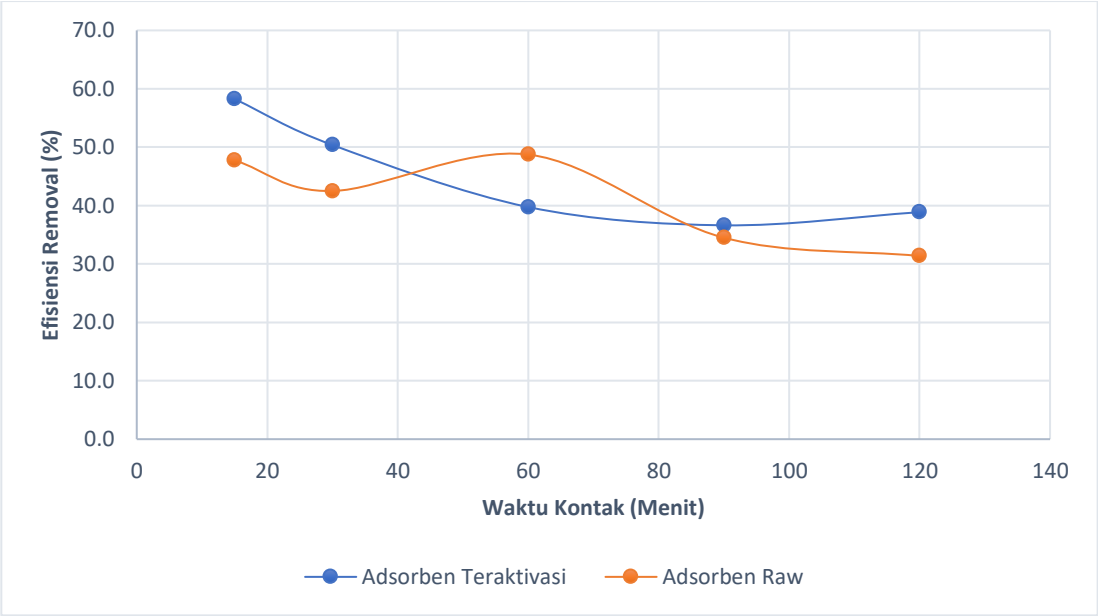


Gambar 9 Pengaruh Variasi pH Terhadap Efisiensi Removal AR dan ATF
(Sumber: Data Primer, 2021)

Hasil dari uji variasi pH dapat dilihat bahwa adanya peningkatan kapasitas adsorpsi ketika pH ikut naik. Efisiensi removal ATF terus mengalami peningkatan ketika pH larutan semakin mendekati netral. Efisiensi removal ATF tertinggi dan terendah secara berturut-turut terdapat pada pH 6, yaitu 46,6% dan pH 3 yaitu 22%. Pada AR efisiensi removal tertinggi juga di dapat pada pH 6 dengan efisiensi removal sebesar 37,8% dan efisiensi removal terkecil terdapat pada pH 4 dengan efisiensi removal sebesar 18,8%. Kenaikan dan penurunan kapasitas adsorpsi tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Natsuha (2010) yang menyatakan bahwa pada pH asam kapasitas adsorpsi MB relatif lebih kecil dibandingkan pada saat pH netral.

4.1.5. Hasil Uji Waktu Kontak Optimal

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hastuti *et al*., (2012) mengemukakan bahwa waktu kontak fisik yang terjadi antara adsorben dan larutan warna yang terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya fenomena desorpsi dimana zat warna yang telah terikat sebelumnya terlepas kembali ke dalam larutan sehingga mengindikasikan daya serapnya juga menurun. Variasi waktu kontak dimaksudkan untuk mengetahui waktu kontak optimum pada adsorben untuk menurunkan kadar MB dalam sampel. Pengujian adsorben dengan variasi waktu kontak dilakukan dengan variasi waktu kontak yaitu selama 15, 30, 60, 90, dan 120 menit. Massa adsorben yang dipakai adalah 100 mg dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dengan kondisi larutan netral atau pH 6. Hasil pengujian pada variasi waktu kontak dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 10 Pengaruh Variasi Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Removal AR dan ATF
(Sumber: Data Primer)

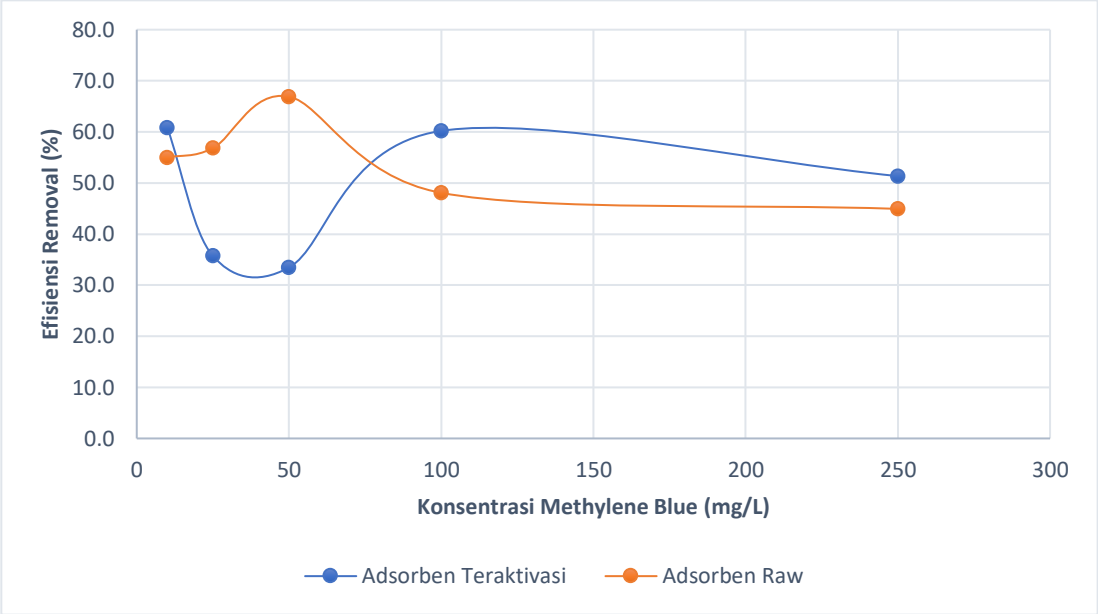
Gambar 11 Pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi adsorben

Setelah dilakukan pengujian didapat bahwa pada kapasitas adsorpsi tertinggi pada AR terjadi pada waktu 15 menit dengan efisiensi removal 47,8%. Efisiensi removal terendah pada AR terjadi pada waktu kontak 120 menit dengan efisiensi removal 31,4%. Pada ATF diketahui bahwa efisiensi removal tertinggi terjadi pada waktu kontak selama 15 menit dengan efisiensi removal 58,3%. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa ATF memiliki persen penyisihan yang lebih baik jika dibandingkan dengan AR. Namun, terlihat bahwa tidak ada peningkatan persen penyisihan seiring dengan penambahan waktu kontak pada adsorben. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hastuti *et al*., (2012) dimana semakin lama waktu kontak maka dapat menyebabkan daya serap adsorben semakin menurun.

4.1.6. Hasil Uji Konsentrasi

Uji variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui titik jenuh adsorben dalam menyerap konsentrasi pencemar. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Khan (2016) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka akan membuat kemampuan adsorpsi adsorben menurun. Pengujian adsorben dengan variasi uji

konsentrasi dilakukan dengan membuat variasi konsentrasi. Variasi konsentrasi MB pada konsentrasi 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, dan 250 mg/L. Uji konsentrasi dilakukan dengan penambahan massa adsorben sebanyak 100 mg. pH sampel yang bersifat basa diatur dengan menambahkan larutan HNO_3 sehingga pH normal lalu diaduk dengan kecepatan 150 rpm dengan *orbital shaker* selama 15 menit. Hasil uji konsentrasi dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



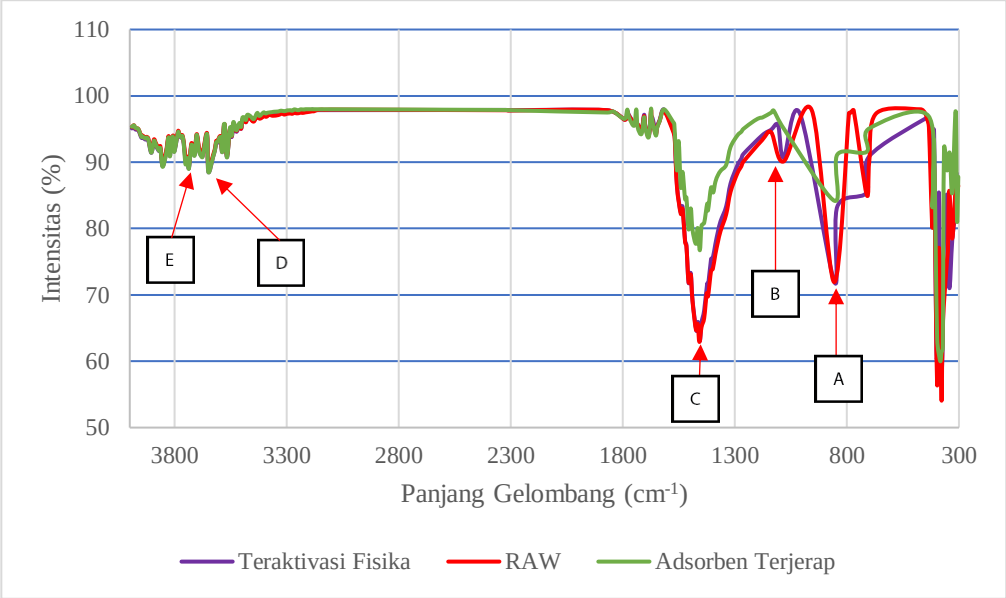
Gambar 12 Pengaruh Variasi Konsentrasi Terhadap Kapasitas Adsorpsi Adsorben Ter aktivasi dan Adsorben Raw

(Sumber: Data Pribadi)

Dari hasil pengujian dapat dilihat penambahan konsentrasi MB menurunkan efisiensi removal dari adsorben. Pada AR efisiensi removal 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L relatif sama dengan efisiensi removal secara berturut-turut 55%, 56,8%, dan 66,9%. Namun terjadi penurunan efisiensi removal pada konsentrasi yang lebih tinggi. Pada ATF memiliki kecenderungan untuk mengurangi efisiensi removal ketika dilakukan penambahan konsentrasi MB. Hal ini disebabkan peningkatan konsentrasi MB juga akan meningkatkan kadar ion positif larutan yang harusnya berikatan dengan adsorben, ketika ion ini berlebih maka adsorben akan menjadi jenuh yang mana akan menurunkan efisiensi removal dari adsorben tersebut (Khan, 2016).

4.2 Karakteristik Adsorben

Pengujian karakterisasi adsorben dilakukan dengan menggunakan *Fourier Transform InfraRed* (FTIR) untuk mengidentifikasi material yang terdapat pada adsorben dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*). Pembacaan menggunakan FTIR dilakukan pada rentang daerah spektrum menengah (*mid-infrared*) yaitu 400-4000 cm^{-1}. Hasil dari pengujian menggunakan FTIR merk Shimadzu Serial No. A217058 mendapatkan data berupa grafik yang menyatakan x sebagai panjang gelombang (cm^{-1}) dan persentase (%) transmitan yang terpantulkan pada sumbu y. Hasil uji karakteristik adsorben dari cangkang kerang darah dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 13 Spektrum Panjang Gelombang FTIR Pembacaan Adsorben Teraktivasi Fisika, Adsorben *Raw*, dan Adsorben Terjerap
(Sumber: *Data Primer, 2021*)

Hasil dari pembacaan FTIR diatas terlihat bahwa antara adsorben teraktivasi fisika dan adsorben *raw* memiliki kesamaan di beberapa puncak (*peak*). Namun, pada adsorben yang ter aktivasi memiliki beberapa puncak (*peak*) yang sedikit lebih tinggi. Kemudian grafik diatas dicocokkan dengan tabel klasifikasi jenis gugus fungsi. Hasil dari pengklasifikasian tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4 Gugus Fungsi Cangkang Kerang Darah

Peak	AR	ATF	AT	Gugus Fungsi	Nama Gugus	Panjang Gelombang	Referensi
A	856,93	856,93	856,93	Si-O	Silica	860-720	(Bahri *et at., 2015*)
B	1082,07	1082,07	1082,07	C-O-C	Ether	1150-1070	(Bahri *et at., 2015*)
C	1683,86	1683,86	1683,86	C=O	Karbonil	1870-1650	(Bahri *et at., 2015*)
D	3446,79	3446,79	3446,79	NH_2	Amida	3500-3300	(Khan, 2016)
E	3649,32	3649,32	3649,32	OH^-	Hidroksil	3650-3500	(Khan, 2016)

Pada Tabel 4 dapat dilihat pada adsorben *raw* (AR), adsorben ter aktivasi fisika (ATF), dan Adsorben terjerap (AT) terjadi penyerapan pada panjang gelombang 856,39 yang mana hal ini menunjukkan adanya keberadaan gugus fungsi Si-O. Hal ini juga ditemukan menurut penelitian Bahri *et al.,* (2015) dimana gugus fungsi ini menandakan bahwa masih terdapat mineral silika pada adsorben. Pada panjang gelombang 1082,07 terdapat gugus fungsi C-O-C berdasarkan rentang panjang gelombang 1150-1070. Pada rentang ini ketiga adsorben mengandung gugus fungsi C-O-C tersebut. Hal ini didukung dengan penelitian Bahri *et* al., (2015) yang menemukan pada rentang panjang gelombang 1155-1024 cm^{-1} terdapat gugus fungsi C-O-C. Pada rentang panjang gelombang 1870-1650 menunjukkan adanya gugus fungsi C=O, gugus fungsi ini dapat ditemukan pada ketiga adsorben dengan panjang gelombang serapan 1683,86 cm^{-1}. hal ini juga didukung oleh penelitian Bahri *et al.* (2015) dimana pada panjang gelombang 1645,26 cm^{-1} ditemukan gugus fungsi C=O.

Pada panjang gelombang 3446,79 cm^{-1} terjadi penyerapan dengan rentang gelombang 3500-3300 cm^{-1} yang menandakan adanya gugus fungsi NH_2 pada ketiga adsorben yaitu AR, ATF, dan AT. Hal ini juga dapat dibuktikan dengan adanya penelitian oleh Khan (2016) yang juga menemukan gugus amina (NH_2). Pada rentang gelombang 3650-3500 juga ditemukan penyerapan gelombang pada 3649,32 cm^{-1} pada adsorben AR, ATF, dan AT. Hal ini menandakan bahwa terdapat gugus fungsi OH^- pada adsorben. Penelitian oleh Khan (2016) juga mengemukakan hal yang sama yaitu

pada gelombang 3643,75 cm^{-1} terdapat gugus fungsi OH^-. Dalam penelitian yang sama gugus fungsi ini dapat digunakan untuk menarik ion-ion positif. Keberadaan ikatan OH dan C=O merupakan gugus yang biasa ditemukan pada karbon aktif. Adanya ikatan OH dan C=O menandakan bahwa adsorben dapat digunakan dalam proses seperti penjernihan air, gula, alkohol atau sebagai penjerap emisi formaldehida menurut referensi dari Pavia *et al*. (2001).

4.3 Penentuan Model Isotherm

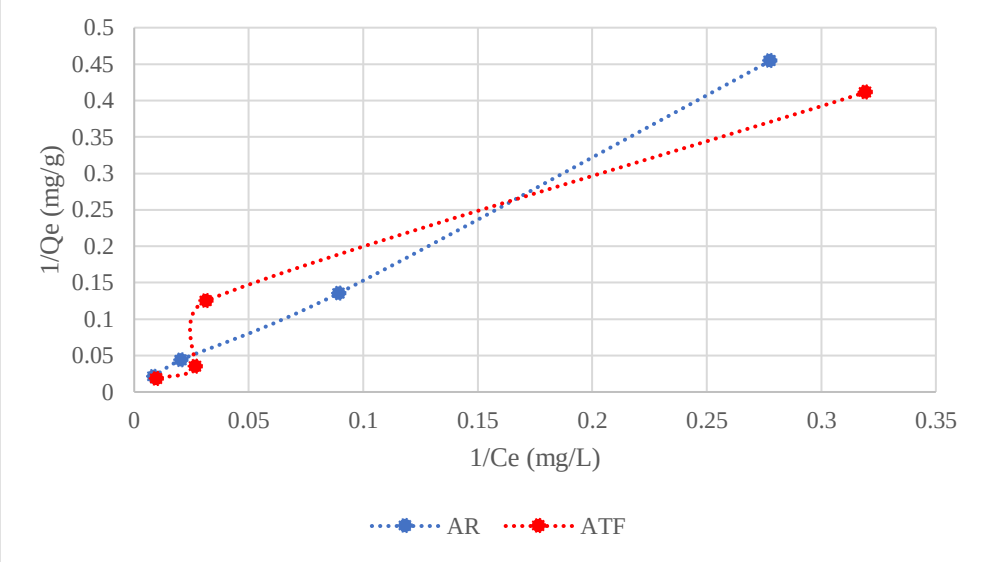
Penentuan model isotherm bertujuan untuk mengetahui jumlah zat yang dapat terserap yang di re-presentasikan dengan sebuah fungsi dari konsentrasi dimana nanti akan terjadi suatu kesetimbangan dari proses adsorpsi (Tchobanoglous, 2003). Model isotherm dilakukan dengan menggunakan model isotherm dari Freudlich lalu kemudian dibandingkan dengan model isotherm Langmuir. Perhitungan model isotherm Langmuir dilakukan dengan menghitung 1/Qe dan 1/Ce kemudian di hubungkan ke dalam sebuah grafik persamaan linier. Perhitungan model isotherm Freudlich dilakukan dengan menghitung nilai $\log_{qe}$ dan $\log_{Ce}$ kemudian di hubungkan ke dalam sebuah grafik persamaan linier. Setelah dihubungkan ke dalam sebuah grafik persamaan linier, kedua model isotherm dapat diketahui nilai R^2, slope, serta intersep. Perbandingan nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5 Perbandingan Isotherm Langmuir dan Freundlich pada AR dan ATF

Isotherm	Indikator	AR	ATF
Langmuir	Qo/slope	1,6065	1,1956
	n/intersep	0,0048	0,0319
	Qmax (mg/g)	208,3	31,348
	KL	0,003	0,027
	RL	0,57	0,13
	R^2	0,9982	0,9542
Freundlich	Slope	0,8669	0,8715
	Itersep	0,1017	0,098
	1/n	0,8669	0,8715
	Kf	1,2639	1,2531
	R^2	0,9948	0,8726

(Sumber: Data Pribadi)

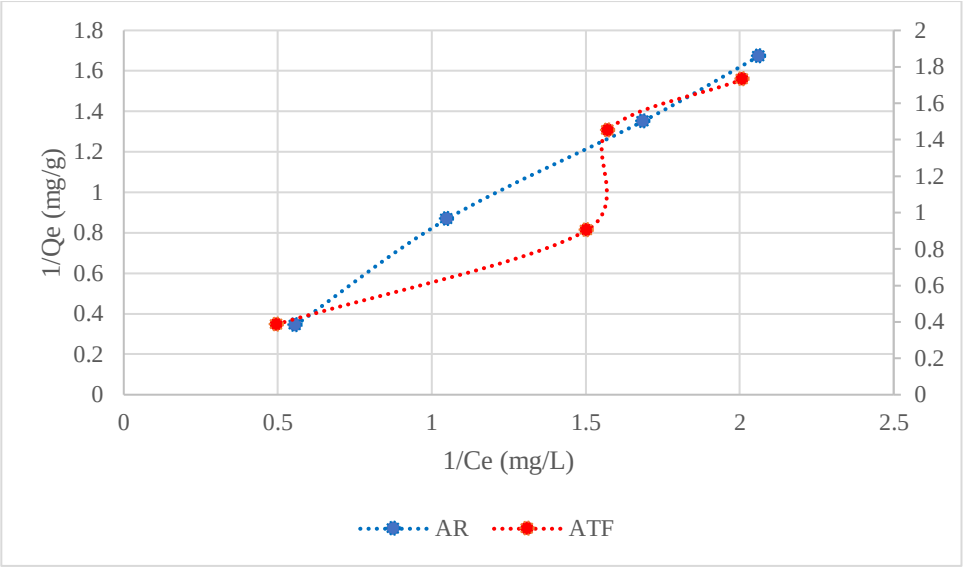
Pada Adsorben *raw* di dapat model kesetimbangan Langmuir dimana persamaannya adalah y = 1,6065x – 0,0048 dimana nilai R^2 sebesar 0,9982. Daya serap adsorben (Qmax) sebesar 208,3 mg/g. Sedangkan pada Adsorben Teraktivasi Fisika didapat persamaan y= 1,1956x – 0,0319 dan nilai R^2 sebesar 0,9542. Daya serap adsorben (Qmax) sebesar 31,348 mg/g.



Gambar 14 Grafik Persamaan Model Isotherm Langmuir ATF dan AR

(Sumber: Data Pribadi)

Pada Adsorben *raw* di dapat model kesetimbangan Freudlich dimana persamaannya adalah y= 0,3728x + 4,5067 dimana nilai R^2 sebesar 0,9623. Sedangkan pada Adsorben ter aktivasi Fisika didapat persamaan y= 0,9036x – 0,2015 dan nilai R^2 sebesar 0,8311.



Gambar 15 Grafik Persamaan Model Isotherm Freundlich ATF dan AR

(Sumber: Data Pribadi)

Dari data tersebut diketahui bahwa persamaan Langmuir lebih cocok untuk dapat digunakan dalam mengidentifikasi kapasitas adsorpsi adsorben. Hal ini dikarenakan nilai dari R^2 dalam persamaan Langmuir memiliki nilai sebesar 0,9982 untuk AR serta 0,9542 untuk ATF sedangkan pada model Freundlich memiliki nilai R^2 sebesar 0,9948 untuk AR serta 0,8726. Penggunaan model Langmuir mengindikasikan bahwa adsorpsi terjadi pada satu lapisan (*monolayer*) dan bekerja secara homogen di permukaan. Nilai *slope* di dapat sebesar 1,6065 untuk AR serta 1,1956 untuk ATF. Nilai *intercept* di dapat sebesar 0,0048 untuk AR dan 0,0319 untuk ATF dengan hasil. Nilai R_L digunakan untuk menggambarkan kondisi adsorpsi dari adsorben. Jika $R_L > 1$ menggambarkan adsorpsi tidak terlalu baik, $R_L = 1$ menggambarkan proses Adsorpsi yang linier, jika $0<R_L<1$ maka proses adsorpsi tergolong baik (*favorable*), serta jika $R_L = 0$ maka proses adsorpsi tidak dapat dikembalikan (*irreversible*). Hasil R_L yang di dapat dari AR sebesar 0,57 dan 0,130 untuk ATF. Nilai $0<R_L<1$ menunjukkan bahwa adsorpsi tergolong baik (*favorable*) (Ngapa, 2017). Nilai R_L dari AR adalah 0,57 dan ATF adalah 0,130 sehingga menunjukkan bahwa kedua adsorpsi adsorben terlihat baik (*favorable*).

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Hasil uji yang dilakukan dengan adsorben dari cangkang kerang darah (*Anadara* granosa) menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa efisiensi removal dari adsorben cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) teraktivasi fisika untuk mengurangi kadar warna dalam air menggunakan sampel *methylene blue* adalah sebesar 60,9 %. Pada adsorbent *raw* di dapat efisiensi optimum untuk menurunkan kadar warna dalam air menggunakan sampel *methylene blue* sebesar 55%
2. Dari hasil karakterisasi yang telah dilakukan adsorben dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) memiliki kandungan gugus fungsi berupa silica (Si-O), ether (C-O-C) karbonil (C=O), amida (NH_2), serta hidroksil (OH^-). Gugus fungsi tersebut biasa di temukan pada karbon aktif yang mana dapat digunakan sebagai adsorben.
3. Model isotherm Langmuir yang di dapat dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) ter aktivasi fisika adalah y = 1,1956x – 0,0319 dan nilai R^2 sebesar 0,9542 nilai R_L = 0,13 serta daya serap adsorben (Qmax) sebesar 31,348 mg/g. Untuk model isotherm Langmuir dari adsorben *raw* adalah y = 1,6065x – 0,0048 dimana nilai R^2 sebesar 0,9982 nilai R_L = 0,57 serta daya serap adsorben (Qmax) sebesar 208,3 mg/g. Nilai R_L dari kedua adsorben menunjukkan nilai $0<R_L<1$ sehingga dapat dikatakan bahwa adsorbent cukup baik (*favorable*). Model isotherm Langmuir lebih tepat digunakan untuk menggambarkan pola isotherm adsorben dari cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) karena memiliki nilai R^2 yang lebih tinggi dari persamaan Freundlich. Hal ini menandakan bahwa adsorpsi yang terjadi pada adsorben terjadi pada satu lapisan (*monolayer*) dan bekerja secara homogen di permukaan.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini adalah untuk diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai adsorpsi dari cangkang kerang darah terhadap parameter penyebab warna lain di dalam air.

DAFTAR PUSTAKA

Afranita, G., Anita, S., & Hanifah, T, A. (2014). *Potensi Abu Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) sebagai Adsorben Ion Timah Putih. Jurnal Online Mahasiswa, 1*(1), 1-5.

APHA (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.

Artioli, Y. (2008). *Adsorption*. *Encyclopedia of Ecology Fath,* SEJD *60–65*

Bahri, S., Rahim, E. A., & Syarifuddin, S. (2015). *Derajat deasetilasi kitosan dari cangkang kerang darah dengan penambahan naoh secara bertahap*. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia, 1*(1).

Bhowmilk, D., Chiranjib., & Kumar, S, K, P. (2010). *A Potential Medicinal Importance of Zinc in Human Health and Chronic Disease*.

Firdaus, M, L. (2012). *Studi Perbandingan Berbagai Adsorben Sintetis Dan Alami Untuk Mengikat Logam Berat.* In: Seminar Nasional Pendidikan Sains, 3 November 2012, Surakarta.

Handrian., Sediawan, B, W., & Mindaryani, A. (2017). *Adsorpsi Air dari Campuran Uap Etanol-Air dengan Zeolit Sintetis 4A pada Packed Bed Dalam Rangka Produksi Fuel Grade Ethanol*. *Jurnal Rekayasa Proses. 11*(2), 68-77

Hastuti, S., Arifin, S., & Hidayati, D. (2012). *Pemanfaatan limbah cangkang rajungan (Portunus pelagicus) sebagai perisa makanan alami*. *Agrointek, 6*(2), 88-96.

Indrayani, L. (2018). *Pengolahan limbah cair industri batik sebagai salah satu percontohan IPAL batik di Yogyakarta*, *Ecothropic*, *12*(2), 173-184.

Indonesia, S. (2017). *Statistics of marine and coastal resources 2016*. Statistics Indonesia.

Khan, A. A. A. (2016). *Efektivitas Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Dara (Anadara Granosa) Sebagai Media Adsorben Logam Cu (Ii) dalam* (Doctoral dissertation, UII).

Lambert, B. J. 1987. *Introduction to Organic Spectroscopy*. New York: Macmillan.

Mzighani., S. (2005). *Fecundity and Population Structure of Cocles, Anadara antiquate L. 1758 (Bivalvia: Arcidae) from a sandy/muddy beach near dar es Salaam, Tanzania, Western Indian ocean J. Mar.* Sci. *4*(1), 77-84.

Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). *How to read and interpret FTIR spectroscope of organic material. Indonesian Journal of Science and Technology*, *4*(1), 97-118.

Ngapa, Y. D. (2017). *Kajian pengaruh asam-basa pada aktivasi zeolit dan karakterisasinya sebagai adsorben pewarna biru metilena*. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, *2*(2), 90-96.

Nofita., & Wahyu, R, A. (2019). *Penetapan Kadar Logam Timbal (Pb) Dan Seng (Zn) Pada Margarin Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. Jurnal Farmasi Malahayati*, . *2*(1), 24-32.

Pavia, D. L., Lampmar, G. L., & Kriz, G. S. (2001). *Introductory Spectroscopy, a guide for student of organic chemistry.* Di dalam: 2001. Third Edition. Western Washington University, United States of America: Thomson Learning: 26

Rahimawati, N., & Mega, N. (2019). *Pengaruh Penambahan Massa Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) Teraktivasi pada Peningkatan Kualitas Air Sumur Bor*. PRISMA FISIKA, *7*(3), 312 – 318.

Subki, N,S., & Rohasliney H. (2011). *A Preliminary Study on Batik Effluent in Kelantan State: A Water Quality Perspectiv. International Conference on Chemical, Biological, and Environment Science* Des; Bangkok, Thailand. Bangkok (TH): 274-276.

Sediawan, W, B., & Prasetya, A. (1997). *Pemodelan Matematis dan Penyelesaian Numeris dalam Teknik Kimia dengan Bahasa Basic dan Fortran, Ed.* 1, ANDI, Yogyakarta

Setioningrum, R. N. K., Sulistyorini, L., & Rahayu, W. I. (2020). Gambaran Kualitas Air Bersih Kawasan Domestik di Jawa Timur pada Tahun 2019. *IKESMA*, *16*(2), 87-94.

Siswoyo, E., Qoniah, I., Lestari, P., Fajri, A, J., Sani, A, R., Sari, G, D., & Boving, T. (2019). Development of a floating adsorbent for cadmium derived from modified drinking water treatment plant sludge. Environmental Technology & Innovation. 14. 1-9.

Skoog, A. D., Holler J. F., & Crouch R. S. 1998. *Principle of Instrumental Analysis*.

Sumantri, I., & Afiati, N. (2010). *Pengolahan Limbah Cair Pupuk Kadar Amoniak Tinggi dengan Proses Gabungan Microalgae dan Nitrifikasi-Denitrifikasi Autotrofik*. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, *1*(1).

Tantra, A. (2015). *Pengaruh Komposisi dan Ukuran Makro Serbuk Kulit Kerang Darah (Anadora Granosa) Terhadap Komposit Epoksi-PS/Serbuk Kulit Kerang Darah (SKKD). Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.*

Tchobanoglous, 2003, *Wastewater Engineering; Treatment, Disposal and Reuse, 4 rd edition, McGraw-Hill, New York.*

Toroz. (2007). *Pollutants of textile industry wastewater and assessment of its discharge limits by water quality standard. Turkish journal of fisheries and aquatic sciences*, *7*, 97-103.

Tranter, G. E. (2017). *Protein structure analysis by CD, FTIR, and Raman spectroscopies. Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (Third Edition), Academic Press*, 740-758.

Wahyudianto, E, F. (2016). *Studi Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Adsorben Pb2+, Cu2+, Dan Zn*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, (Tesis).

Wijayanti, I. E., Kurniawati, E. A., & Solfarina, S. (2019). *Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir dan Freundlich pada Abu Gosok sebagai Adsorben*. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, *4*(2), 175-184.

Wiyarsi, A., & Erfan, P. (2012). *Pengaruh Konsentrasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Terhadap Efesiensi Penyerapan Logam Berat*. *Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta*.

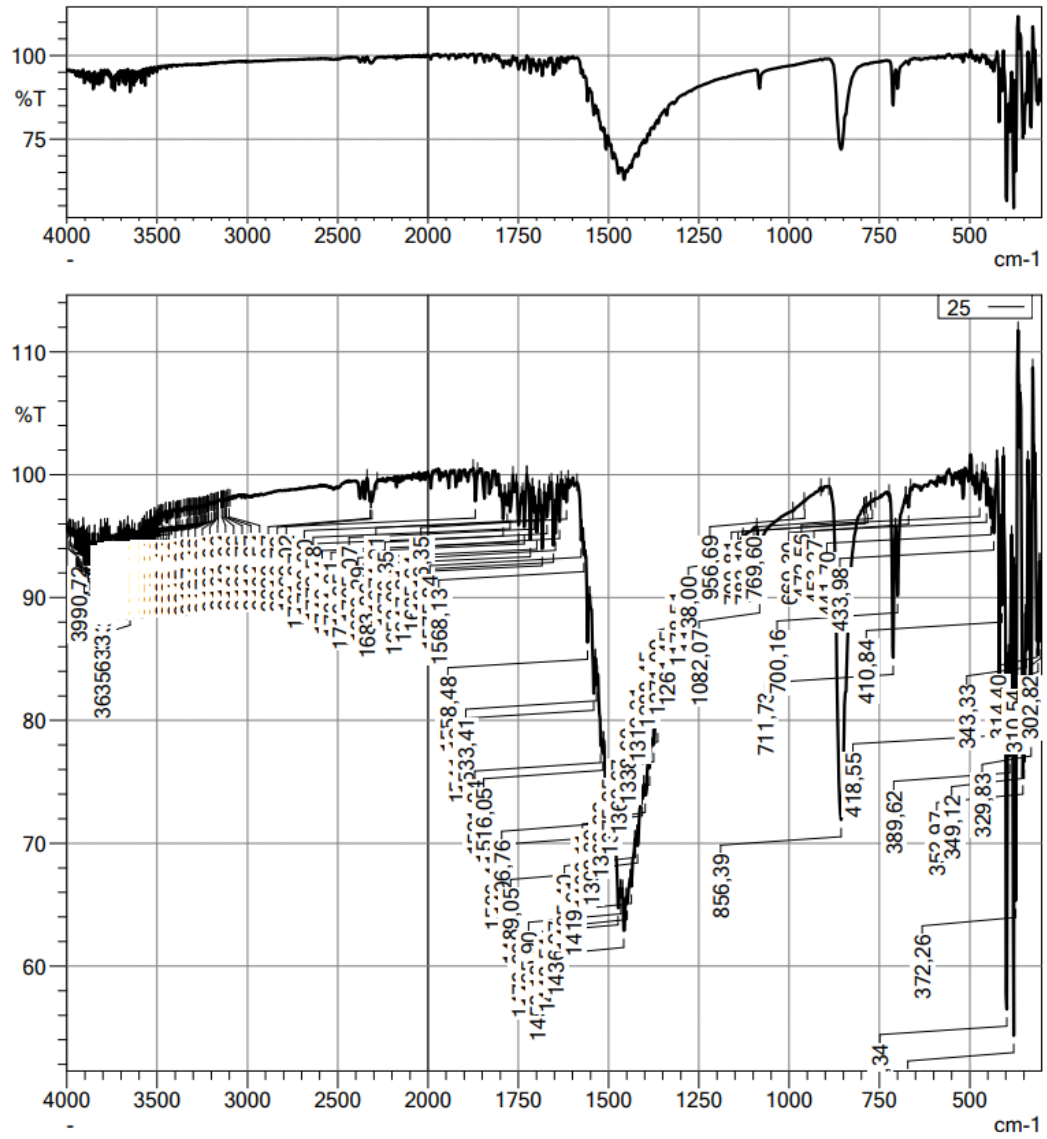
Sudarmawan, S, W., Suprijanto, J., & Riniatsih, I. (2020). Abu Cangkang Kerang Anadara granosa, Linnaeus 1758 (Bivalvia: Arcidae) sebagai Adsorben Logam Berat dalam Air Laut, Journal of Marine Research 9(3). 237-244.

LAMPIRAN

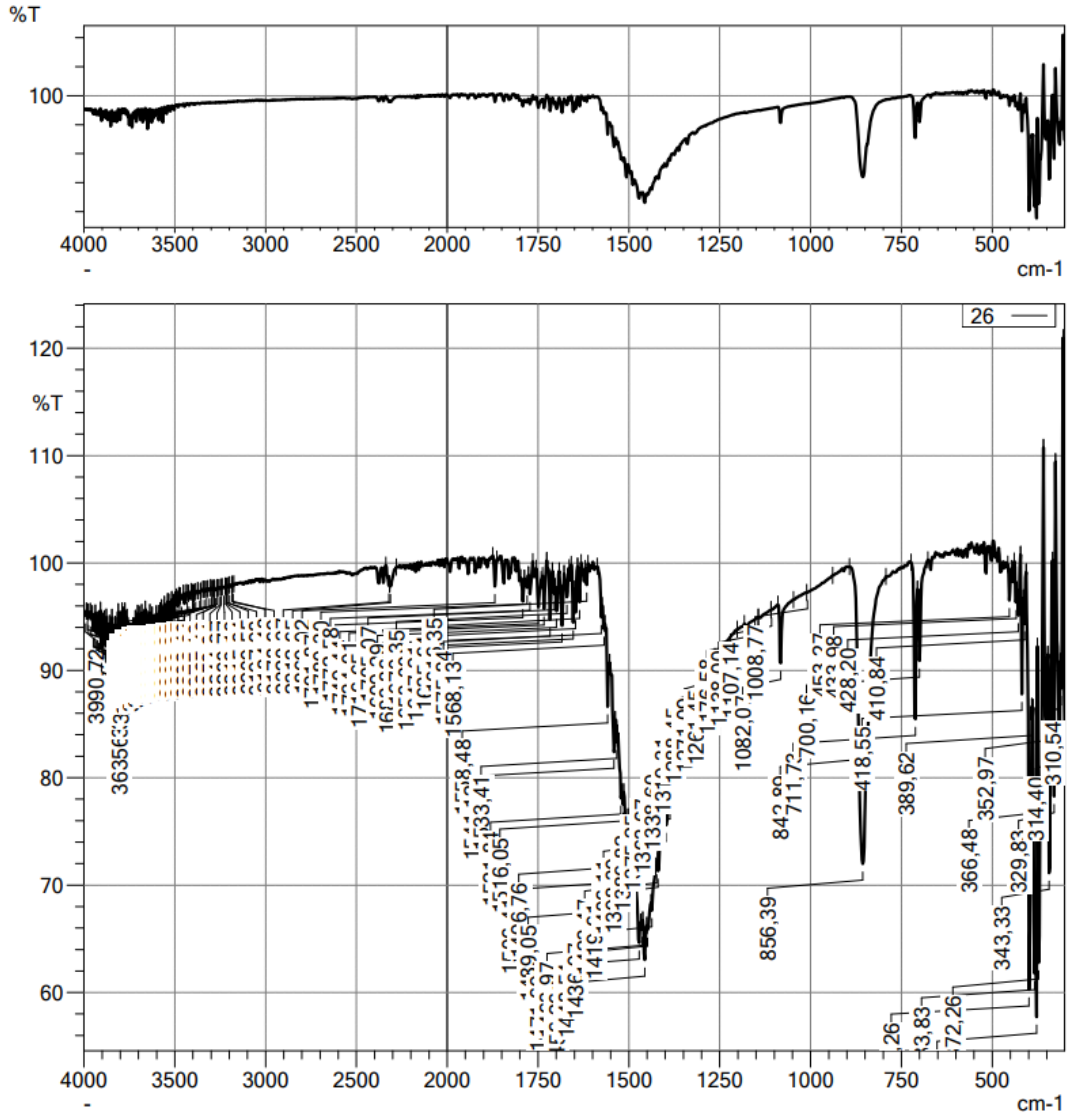
Lampiran 1. Alat dan Bahan

1. Alat
    a. *Furnace*
    b. *Oven*
    c. Neraca Analitis
    d. Gelas beker
    e. pH meter
    f. Pipet Ukur
    g. Tabung Erlenmeyer
    h. *Jar Test Apparatus*
    i. *Grind mill*
    j. *Sieve shaker*
    k. Desikator
    l. *Stopwatch*
    m. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)
2. Bahan
    a. Cangkang kerang darah
    b. HNO_3
    c. Kertas saring *whattman* no. 42
    d. Indikator Universal
    e. Akuades
    f. Larutan Induk *Methylene blue*
    g. Larutan induk seng (Zn^{2+})

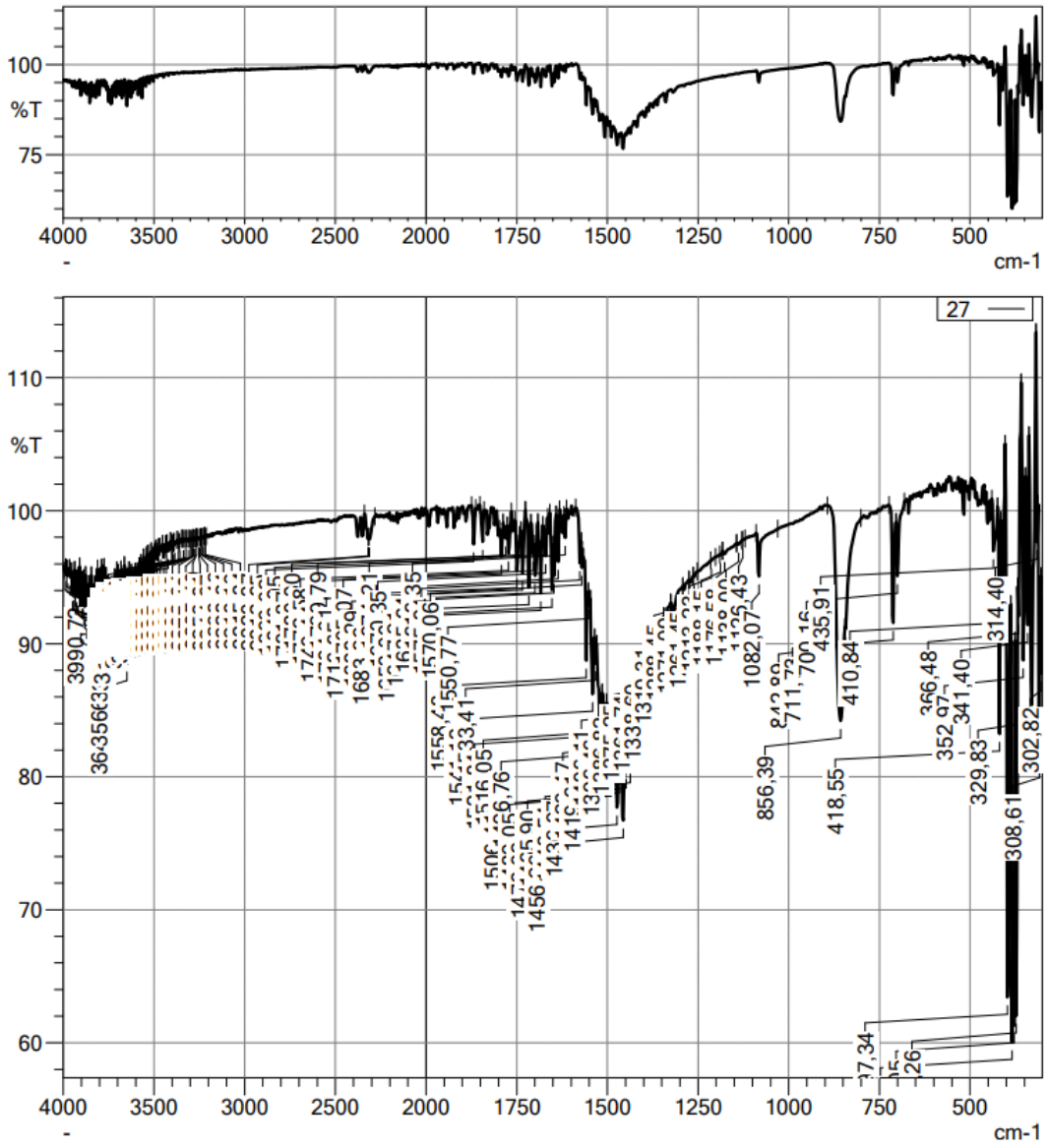
Lampiran 2. Hasil FTIR Adsorben Sebelum Aktivasi



Lampiran 3. Hasil FTIR Adsorben Setelah Aktivasi



Lampiran 4. Hasil FTIR Adsorben Setelah Adsorpsi



Lampiran 5. Tabel Gugus Fungsi

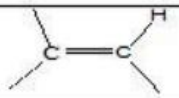
Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm^{-1})	Intensitas
C - H	Alkana	2850 – 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	 Alkena	3010 – 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	 Alkuna	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 – 3100 690 – 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3590 – 3650 3200 – 3600 3500 – 3650 2500 - 2700	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 – 3500	Sedang
C=C	Alkena	1610 – 1680	Berubah-ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500 – 1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100 – 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 – 1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210 – 2280	Kuat
C – O	Alkohol, Eter, Asam Karborsilat, Ester	1050 – 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 – 1760	Kuat
NO_2	Senyawa Nitro	1500 – 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

Table 10B.2 Simplified Correlation Chart of Molecular Vibrations by Type*

Type of vibration			Frequency (cm^{-1})	Intensity†
C—H	Alkanes	(stretch)	3000–2850	s
	$-CH_3$	(bend)	1450 and 1375	m
	$-CH_2-$	(bend)	1465	m
	Alkenes	(stretch)	3100–3000	m
		(out-of-plane bend)	1000–650	s
	Aromatics	(stretch)	3150–3050	s
		(out-of-plane bend)	900–690	s
	Alkyne	(stretch)	ca. 3300	s
	Aldehyde		2900–2800	w
			2800–2700	w
C—C	Alkane		not interpretatively useful	
C=C	Alkene		1680–1600	m-w
	Aromatic		1600 and 1475	m-w
C≡C	Alkyne		2250–2100	m-w
C=C	Aldehyde		1740–1720	s
	Ketone		1725–1705	s
	Carboxylic acid		1725–1700	s
	Ester		1750–1730	s
	Amide		1670–1640	s
	Anhydride		1810 and 1760	s
	Acid chloride		1800	s
C—C	Alcohols, ethers, esters, carboxylic acids, anhydrides		1300–1000	s
O—H	Alcohols, phenols			
	Free		3650–3600	m
	H-bonded		3500–3200	m
	Carboxylic acids		3400–2400	m
N—H	Primary and secondary amines and amides			
	(stretch)		3500–3100	m
	(bend)		1640–1550	m-s
C—N	Amines		1350–1000	m-s
C=C	Imines and oximes		1690–1640	w-s
C≡N	Nitriles		2260–2240	m
X=C=Y	Allenes, ketenes, isocyanates, isothiocyanates		2270–1950	m-s
N=O	Nitro ($R-NO_2$)		1550 and 1350	s
S—H	Mercaptans		2550	w
S=O	Sulfoxides		1050	s
	Sulfones, sulfonyl chlorides		1375–1300 and	s
	Sulfates, sulfonamides		1200–1140	s
C—X	Fluoride		1400–1000	s
	Chloride		800–600	s
	Bromide, iodide		<667	s

*Data from Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S. 1979. *Introduction to Spectroscopy: A Guide for Students of Organic Chemistry.*
†s = strong, m = medium, w = weak.

TABLE 7-3 A Numerical Listing of Wavenumber Ranges in Which Some Functional Groups and Classes of Compounds Absorb in the Infrared

Range (cm^{-1}) and Intensity[a]	Group and Class	Assignment and Remarks
3700–3600 (s)	—OH in alcohols and phenols	OH stretch (dil soln)
3520–3320 (m–s)	$-NH_2$ in aromatic amines, primary amines and amides	NH stretch (dil soln)
3420–3250 (s)	—OH in alcohols and phenols	OH stretch (solids & liquids)
3360–3340 (m)	$-NH_2$ in primary amides	NH_2 antisym stretch (solids)
3320–3250 (m)	—OH in oximes	O—H stretch
3300–3250 (m–s)	≡CH in acetylenes	≡CH—H stretch
3300–3280 (s)	—NH in secondary amides	NH stretch (solids); also in polypeptides and proteins
3200–3180 (s)	$-NH_2$ in primary amides	NH_2 sym stretch (solids)
3200–3000 (v br)	$-NH_3^+$ in amino acids	NH_3^+ antisym stretch
3100–2400 (v br)	—OH in carboxylic acids	H-bonded OH stretch
3100–3000 (m)	=CH in aromatic and unsaturated hydrocarbons	=C—H stretch
2990–2850 (m–s)	$-CH_3$ and $-CH_2-$ in aliphatic compounds	CH antisym and sym stretching
2850–2700 (m)	$-CH_3$ attached to O or N	CH stretching modes
2750–2650 (w–m)	—CHO in aldehydes	overtone of CH bending (Fermi resonance)
2750–2350 (br)	$-NH_3^+$ in amine hydrohalides	NH stretching modes
2720–2560 (m)	—OH in phosphorus oxyacids	associated OH stretching
2600–2540 (w)	—SH in alkyl mercaptans	S—H stretch; strong in Raman
2410–2280 (m)	—PH in phosphines	P—H stretch; sharp peak
2300–2230 (m)	N≡N in diazonium salts	N≡N stretch, aq soln
2285–2250 (s)	N=C=O in isocyanates	N=C=O antisym stretch
2260–2200 (m–s)	C≡N in nitriles	C≡N stretch
2260–2190 (w–m)	C≡C in alkynes (disubst)	C≡C stretch; strong in Raman
2190–2130 (m)	C≡N in thiocyanates	C≡N stretch
2175–2115 (s)	N≡C in isonitriles	N≡C stretch
2160–2080 (m)	$N=\overset{+}{N}=\overset{-}{N}$ in azides	N=N=N antisym stretch
2140–2100 (w–m)	C≡C in alkynes (monosubst)	C≡C stretch
2000–1650 (w)	substituted benzene rings	several bands from overtone and combination bands
1980–1950 (s)	C=C=C in allenes	C=C=C antisym stretch
1870–1650 (vs)	C=O in carbonyl compounds	C=O stretch
1870–1830 (s)	C=O in β-lactones	C=O stretch
1870–1790 (vs)	C=O in anhydrides	C=O antisym stretch; part of doublet
1820–1800 (s)	C=O in acid halides	C=O stretch; lower for aromatic acid halides
1780–1760 (s)	C=O in γ-lactones	C=O stretch
1765–1725 (vs)	C=O in anhydrides	C=O sym stretch; part of doublet
1760–1740 (vs)	C=O in α-keto esters	C=O stretch; enol form
1750–1730 (s)	C=O in δ-lactones	C=O stretch
1750–1740 (vs)	C=O in esters	C=O stretch; 20 cm^{-1} lower if unsaturated
1740–1720 (s)	C=O in aldehydes	C=O stretch; 30 cm^{-1} lower if unsaturated
1720–1700 (s)	C=O in ketones	C=O stretch; 20 cm^{-1} lower if unsaturated
1710–1690 (s)	C=O in carboxylic acids	C=O stretch; fairly broad
1690–1640 (s)	C=N in oximes	C=N stretch; also imines
1680–1620 (s)	C=O and NH_2 in primary amides	two bands from C=O stretch and NH_2 deformation
1680–1635 (s)	C=O in ureas	C=O stretch; broad band
1680–1630 (m–s)	C=C in alkenes, etc.	C=C stretch
1680–1630 (vs)	C=O in secondary amides	C=O stretch (Amide I band)

[a] v = very, s = strong, m = medium, w = weak, br = broad.

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm^{-1}) and Intensity[a]	Group and Class	Assignment and Remarks
1670–1640 (s–vs)	C=O in benzophenones	C=O stretch
1670–1650 (vs)	C=O in primary amides	C=O stretch (Amide I band)
1670–1630 (vs)	C=O in tertiary amides	C=O stretch
1655–1635 (vs)	C=O in β-ketone esters	C=O stretch; enol form
1650–1620 (w–m)	N—H in primary amides	NH deformation (Amide II band)
1650–1580 (m–s)	NH_2 in primary amines	NH_2 deformation
1640–1580 (s)	NH_3^+ in amino acids	NH_3 deformation
1640–1580 (vs)	C=O in β-diketones	C=O stretch; enol form
1620–1610 (s)	C=C in vinyl ethers	C=C stretch; doublet due to rotational isomerism
1615–1590 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch; sharp peak
1615–1565 (s)	pyridine derivatives	ring stretch; doublet
1610–1580 (s)	NH_2 in amino acids	NH_2 deformation; broad band
1610–1560 (vs)	COO^- in carboxylic acid salts	$-C(=O)-O^-$ antisym stretch
1590–1580 (m)	NH_2 primary alkyl amide	NH_2 deformation (Amide II band)
1575–1545 (vs)	NO_2 in aliphatic nitro compounds	NO_2 antisym stretch
1565–1475 (vs)	NH in secondary amides	NH deformation (Amide II band)
1560–1510 (s)	triazine compounds	ring stretch; sharp band
1550–1490 (s)	NO_2 in aromatic nitro compounds	NO_2 antisym stretch
1530–1490 (s)	NH_3^+ in amino acids or hydrochlorides	NH_3^+ deformation
1530–1450 (m–s)	N=N—O in azoxy compounds	N=N—O antisym stretch
1515–1485 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch, sharp band
1475–1450 (vs)	CH_3 in aliphatic compounds	CH_3 scissors vibration
1465–1440 (vs)	CH_3 in aliphatic compounds	CH_3 antisym deformation
1440–1400 (m)	OH in carboxylic acids	in-plane OH bending
1420–1400 (m)	C—N in primary amides	C—N stretch (Amide III band)
1400–1370 (m)	*t*-butyl group	CH_3 deformations (two bands)
1400–1310 (s)	COO^- group in carboxylic acid salts	$C(=O)-O^-$ sym stretch; broad band
1390–1360 (vs)	SO_2 in sulfonyl chlorides	SO_2 antisym stretch
1380–1370 (s)	CH_3 in aliphatic compounds	CH_3 sym deformation
1380–1360 (m)	isopropyl group	CH_3 deformations (two bands)
1375–1350 (s)	NO_2 in aliphatic nitro compounds	NO_2 sym stretch
1360–1335 (vs)	SO_2 in sulfonamides	SO_2 antisym stretch
1360–1320 (vs)	NO_2 in aromatic nitro compounds	NO_2 sym stretch
1350–1280 (m–s)	N=N—O in azoxy compounds	N=N—O sym stretch
1335–1295 (vs)	SO_2 in sulfones	SO_2 antisym stretch
1330–1310 (m–s)	CF_3 attached to a benzene ring	CF_3 antisym stretch
1300–1200 (vs)	$\overset{+}{N}-\overset{-}{O}$ in pyridine *N*-oxides	N—O stretch
1300–1175 (vs)	P=O in phosphorus oxyacids and phosphates	P=O stretch
1300–1000 (vs)	C—F in aliphatic fluoro compounds	C—F stretch
1285–1240 (vs)	Ar—O in alkyl aryl ethers	C—O stretch
1280–1250 (vs)	$Si-CH_3$ in silanes	CH_3 sym deformation
1280–1240 (m–s)	C—C in epoxides	C—O stretch
1280–1180 (s)	C—N in aromatic amines	C—N stretch
1280–1150 (vs)	C—O—C in esters, lactones	C—O—C antisym stretch

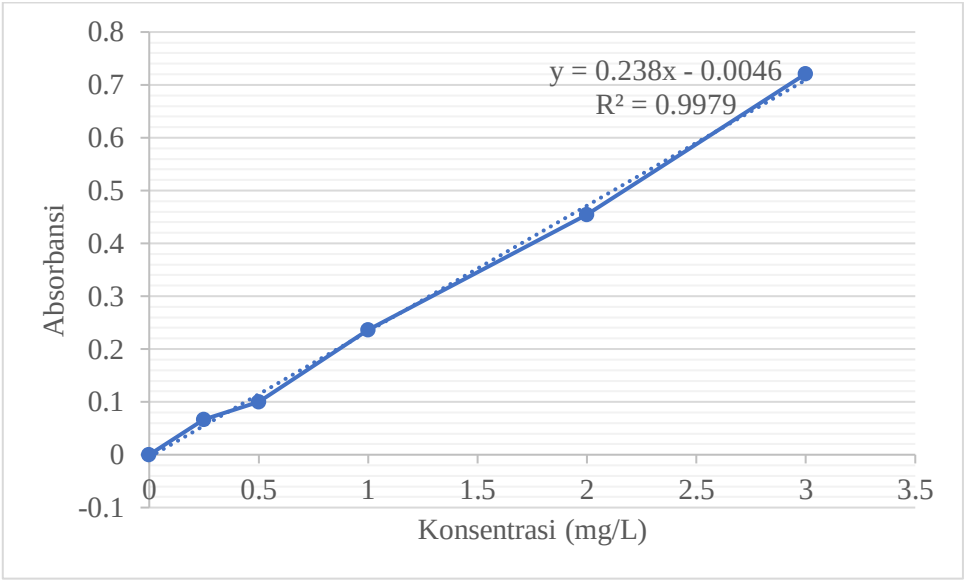
TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm^{-1}) and Intensity*	Group and Class	Assignment and Remarks
1255–1240 (m)	*t*-butyl in hydrocarbons	skeletal vibration; second band near 1200 cm^{-1}
1245–1155 (vs)	SO_3H in sulfonic acids	S=O stretch
1240–1070 (s–vs)	C—O—C in ethers	C—O—C stretch; also in esters
1230–1100 (s)	C—C—N in amines	C—C—N bending
1225–1200 (s)	C—O—C in vinyl ethers	C—O—C antisym stretch
1200–1165 (s)	SO_2Cl in sulfonyl chlorides	SO_2 sym stretch
1200–1015 (vs)	C—OH in alcohols	C—O stretch
1170–1145 (s)	SO_2NH_2 in sulfonamides	SO_2 sym stretch
1170–1140 (s)	SO_2— in sulfones	SO_2 sym stretch
1160–1100 (m)	C=S in thiocarbonyl compounds	C=S stretch; strong in Raman
1150–1070 (vs)	C—O—C in aliphatic ethers	C—O—C antisym stretch
1120–1080 (s)	C—O—H in secondary or tertiary alcohols	C—O stretch
1120–1030 (s)	C—NH_2 in primary aliphatic amines	C—N stretch
1100–1000 (vs)	Si—O—Si in siloxanes	Si—O—Si antisym stretch
1080–1040 (s)	SO_3H in sulfonic acids	SO_3 sym stretch
1065–1015 (s)	CH—O—H in cyclic alcohols	C—O stretch
1060–1025 (vs)	CH_2—O—H in primary alcohols	C—O stretch
1060–1045 (vs)	S=O in alkyl sulfoxides	S=O stretch
1055–915 (vs)	P—O—C in organophosphorus compounds	P—O—C antisym stretch
1030–950 (w)	carbon ring in cyclic compounds	ring breathing mode; strong in Raman
1000–950 (s)	CH=CH_2 in vinyl compounds	=CH out-of-plane deformation
980–960 (vs)	CH=CH— in trans disubstituted alkenes	=CH out-of-plane deformation
950–900 (vs)	CH=CH_2 in vinyl compounds	CH_2 out-of-plane wag
900–865 (vs)	$CH_2=C(R)(R')$ in vinylidenes	CH_2 out-of-plane wag
890–805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
860–760 (vs, br)	R—NH_2 primary amines	NH_2 wag
860–720 (vs)	Si—C in organosilicon compounds	Si—C stretch
850–830 (vs)	1,3,5-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
850–810 (vs)	Si—CH_3 in silanes	Si—CH_3 rocking
850–790 (m)	CH=$C(R)(R')$ in trisubst alkenes	CH out-of-plane deformation
850–550 (m)	C—Cl in chloro compounds	C—Cl stretch
830–810 (vs)	*p*-disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
825–805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
820–800 (s)	triazines	CH out-of-plane deformation
815–810 (s)	CH=CH_2 in vinyl ethers	CH_2 out-of-plane wag
810–790 (vs)	1,2,3,4-tetrasubst benzenes	CH out-of-plane deformation
800–690 (vs)	*m*-disubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
785–680 (vs)	1,2,3-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
775–650 (m)	C—S in sulfonyl chlorides	C—S stretch; strong in Raman
770–690 (vs)	monosubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
760–740 (s)	*o*-disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
760–510 (s)	C—Cl alkyl chlorides	C—Cl stretch
740–720 (w–m)	—$(CH_2)_n$— in hydrocarbons	CH_2 rocking in methylene chains; intensity depends on chain length
730–665 (s)	CH=CH in cis disubst alkenes	CH out-of-plane deformation
720–600 (s, br)	Ar—OH in phenols	OH out-of-plane deformation

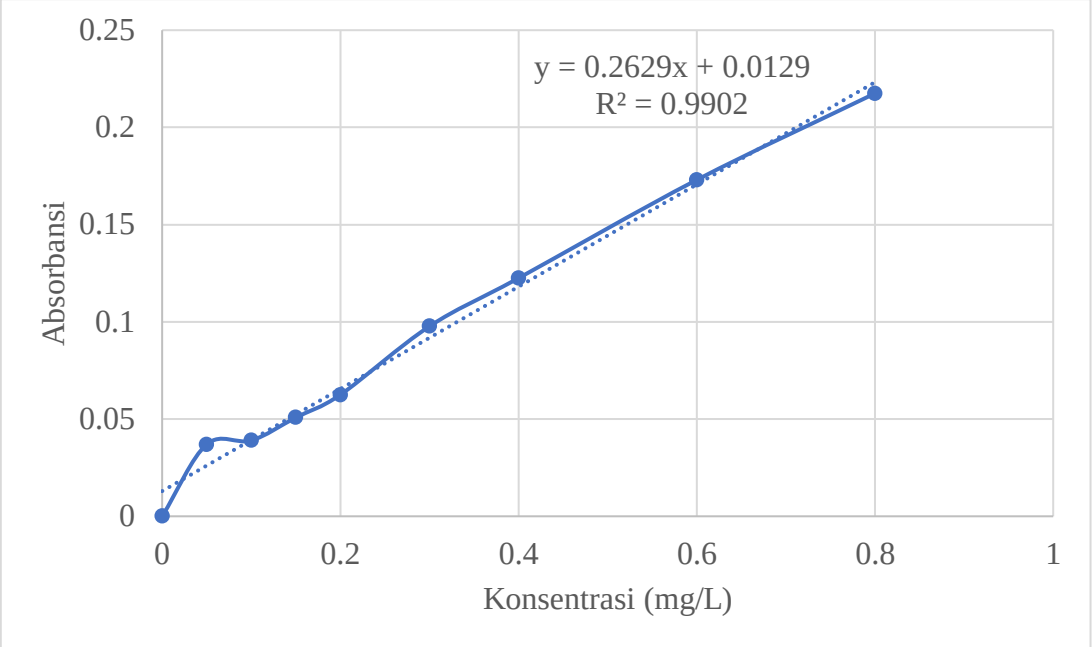
TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm^{-1}) and Intensity[a]	Group and Class	Assignment and Remarks
710–570 (m)	C—S in sulfides	C—S stretch; strong in Raman
700–590 (s)	O—C=O in carboxylic acids	O—C=O bending
695–635 (s)	C—C—CHO in aldehydes	C—C—CHO bending
680–620 (s)	C—OH in alcohols	C—O—H bending
680–580 (s)	C≡C—H in alkynes	C≡C—H bending
650–600 (w)	S—C≡N in thiocyanates	S—C stretch; strong in Raman
650–600 (s)	NO_2 in aliphatic nitro compounds	NO_2 deformation
650–500 (s)	Ar—CF_3 in aromatic trifluoro-methyl compounds	CF_3 deformation (two or three bands)
650–500 (s)	C—Br in bromo compounds	C—Br stretch
645–615 (m–s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
645–575 (s)	O—C—O in esters	O—C—O bend
640–630 (s)	$=CH_2$ in vinyl compounds	$=CH_2$ twisting
635–605 (m–s)	pyridines	in-plane ring deformation
630–570 (s)	N—C=O in amides	N—C=O bend
630–565 (s)	C—CO—C in ketones	C—CO—C bend
615–535 (s)	C=O in amides	C=O out-of-plane bend
610–565 (vs)	SO_2 in sulfonyl chlorides	SO_2 deformation
610–545 (m–s)	SO_2 in sulfones	SO_2 scissoring
600–465 (s)	C—I in iodo compounds	C—I stretch
580–530 (m–s)	C—C—CN in nitriles	C—C—CN bend
580–520 (m)	NO_2 in aromatic nitro compounds	NO_2 deformation
580–430 (s)	ring in cycloalkanes	ring deformation
580–420 (m–s)	ring in benzene derivatives	in-plane and out-of-plane ring deformations (two bands)
570–530 (vs)	SO_2 in sulfonyl chlorides	SO_2 rocking
565–520 (s)	C—C=O in aldehydes	C—C=O bend
565–440 (w–m)	C_nH_{2n+1} in alkyl groups	chain deformation modes (two bands)
560–510 (s)	C—C=O in ketones	C—C=O bend
560–500 (s)	 in amino acids	 rocking
555–545 (s)	$=CH_2$ in vinyl compounds	$=CH_2$ twisting
550–465 (s)	C—C=O in carboxylic acids	C—C=O bend
545–520 (s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
530–470 (m–s)	NO_2 in nitro compounds	NO_2 rocking
520–430 (m–s)	C—O—C in ethers	C—O—C bend
510–400 (s)	C—N—C in amines	C—N—C bend
490–465 (variable)	naphthalenes	out-of-plane ring bending
440–420 (s)	Cl—C=O in acid chlorides	Cl—C=O in-plane deformation
405–400 (s)	S—C≡N in thiocyanates	S—C≡N bend

Lampiran 6. Kurva Kalibrasi MB



Lampiran 7. Kurva Kalibrasi Zn



Lampiran 8. Hasil Uji Variasi Suhu Pada MB

Variasi Suhu(C)	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)
	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)	Total (mg/L)
0	8	3,55	55,6
300	8	3,15	60,6
500	8	3,71	53,6
800	8	1,8	77,5

Lampiran 9. Hasil Uji Variasi Suhu Pada Zn

Variasi Suhu (C)	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)
	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)	Total (mg/L)
0	5	1,19	76,2
300	5	1,4	72,0
500	5	1,39	72,2
800	5	0,39	92,2

Lampiran 10. Hasil Uji Variasi Massa MB

AR	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Variasi (mg)	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
50	8	5,03	37,125	2,97
100	8	4,14	48,25	1,93
200	8	4,02	49,75	0,995
300	8	4,19	47,625	0,635
400	8	4,52	43,5	0,435
Blanko	8	4,22	47,25	

ATF	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Variasi (mg)	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
50	8	6	25,0	2
100	8	5,3	33,8	1,35
200	8	5	37,5	0,75
300	8	4,1	48,8	0,65
400	8	3,6	55,0	0,55
Blanko	8	4,31	46,1	

Lampiran 11. Hasil Uji Variasi pH pada MB

AR	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Variasi	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
3	8	5,36	33,0	1,32
4	8	6,5	18,8	0,75
5	8	5,45	31,9	1,275
6	8	4,98	37,8	1,51
7	8	5,49	31,4	1,255
8	8	5,15	35,6	1,425

ATF	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Variasi	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
3	8	6,24	22,0	0,88
4	8	6,12	23,5	0,94
5	8	5,7	28,8	1,15
6	8	4,27	46,6	1,865
7	8	4,4	45,0	1,8
8	8	4,1	48,8	1,95

Lampiran 12. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak pada MB

AR	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Variasi (Menit)	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
15	8	4,18	47,8	1,91
30	8	4,6	42,5	1,7
60	8	4,1	48,8	1,95
90	8	5,24	34,5	1,38
120	8	5,49	31,4	1,255

ATF	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Variasi (Menit)	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
15	8	3,34	58,3	2,33
30	8	3,97	50,4	2,015
60	8	4,82	39,8	1,59
90	8	5,07	36,6	1,465
120	8	4,89	38,9	1,555

Lampiran 13. Hasil Uji Variasi Konsentrasi pada MB

AR	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Variasi (Menit)	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
10	8	3,6	55,0	2,2
25	25,89	11,18	56,8	7,355
50	47,73	15,8	66,9	15,965
100	93,53	48,57	48,1	22,48
250	209,5	115,38	44,9	47,06

ATF	Konsentrasi		Efisiensi Removal (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Variasi (mg/L)	Sebelum (mg/L)	Sesudah (mg/L)		
10	8	3,13	60,9	2,435
25	25,89	16,64	35,7	4,625
50	47,73	31,76	33,5	7,985
100	93,53	37,23	60,2	28,15
250	209,5	101,93	51,3	53,785

Lampiran 14. Perhitungan

1. Pembuatan Larutan Kerja MB

$$C1.V1 = C2.V2$$

Dimana:

C1 : Konsentrasi larutan awal

C2 : Konsentrasi larutan akhir

V1 : Volume air awal

V2 : Volume air akhir

Larutan Kerja 10 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

$V_1 = \frac{10\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

$V_1 = 1\ mL$

Larutan Kerja 25 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

$V_1 = \frac{25\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

$V_1 = 2{,}5\ mL$

Larutan Kerja 50 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

$V_1 = \frac{50\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

V_1 = 5 mL

Larutan Kerja 100 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

V_1 = $\frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

V_1 = $\frac{100\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

V_1 = 10 mL

Larutan Kerja 250 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

V_1 = $\frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

V_1 = $\frac{250\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

V_1 = 25 mL

2. Pembuatan Larutan Kerja Seng (Zn)

$$C1.V1 = C2.V2$$

Dimana:

C1 : Konsentrasi larutan awal

C2 : Konsentrasi larutan akhir

V1 : Volume air awal

V2 : Volume air akhir

Larutan Kerja 10 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

V_1 = $\frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

$V_1 = \frac{10\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

$V_1 = 1\ mL$

Larutan Kerja 25 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

$V_1 = \frac{25\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

$V_1 = 2{,}5\ mL$

Larutan Kerja 50 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

$V_1 = \frac{50\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

$V_1 = 5\ mL$

Larutan Kerja 100 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

$V_1 = \frac{100\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

$V_1 = 10\ mL$

Larutan Kerja 250 mg/L

$$C1.V1 = C2.V2$$

$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1}$

$V_1 = \frac{250\ mg/L \times 100\ mL}{1000\ mg/L}$

V_1 = 25 mL

3. Perhitungan Efisiensi Removal (%)

$$persen\ removal\ (\%) = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\%$$

Dimana:

C_{awal} : Konsentrasi larutan sebelum adsorpsi

C_{akhir} : Konsentrasi larutan setelah adsorpsi

a. Variasi Suhu Aktivasi Sampel MB

%Removal = $\frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$

%Removal = $\frac{8\ mg/L - 3{,}55\ mg/L}{8\ mg/L}$

%Removal = 55,6 %

b. Variasi Suhu Aktivasi Sampel Zn

%Removal = $\frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$

%Removal = $\frac{5\ mg/L - 1{,}19\ mg/L}{5\ mg/L}$

%Removal = 76,2 %

c. Variasi Massa AR Sampel MB

%Removal = $\frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$

%Removal = $\frac{8\ mg/L - 5{,}03\ mg/L}{8\ mg/L}$

%Removal = 37,1 %

d. Variasi Massa ATF Sampel MB

$$\%\text{Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$$

$$\%\text{Removal} = \frac{8\ mg/L - 6\ mg/L}{8\ mg/L}$$

$$\%\text{Removal} = 25\ \%$$

e. Variasi pH AR Sampel MB

$$\%\text{Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$$

$$\%\text{Removal} = \frac{8\frac{mg}{L} - 5\ ,36 mg/L}{8\ mg/L}$$

$$\%\text{Removal} = 33\ \%$$

f. Variasi pH ATF Sampel MB

$$\%\text{Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$$

$$\%\text{Removal} = \frac{8\ mg/L - 6{,}24\ mg/L}{8\ mg/L}$$

$$\%\text{Removal} = 22\ \%$$

g. Variasi Waktu Kontak AR Sampel MB

$$\%\text{Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$$

$$\%\text{Removal} = \frac{8\ mg/L - 4{,}18\ mg/L}{8\ mg/L}$$

$$\%\text{Removal} = 47{,}8\ \%$$

h. Variasi Waktu Kontak ATF Sampel MB

$$\%\text{Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$$

$$\%\text{Removal} = \frac{8\ mg/L - 3{,}34\ mg/L}{8\ mg/L}$$

$$\%\text{Removal} = 58{,}3\ \%$$

i. Variasi Konsentrasi AR Sampel MB

$$\%\text{Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$$

$$\%\text{Removal} = \frac{8\ mg/L - 3{,}6\ mg/L}{8\ mg/L}$$

$$\%\text{Removal} = 55\ \%$$

j. Variasi Konsentrasi ATF Sampel MB

$$\%\text{Removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}}$$

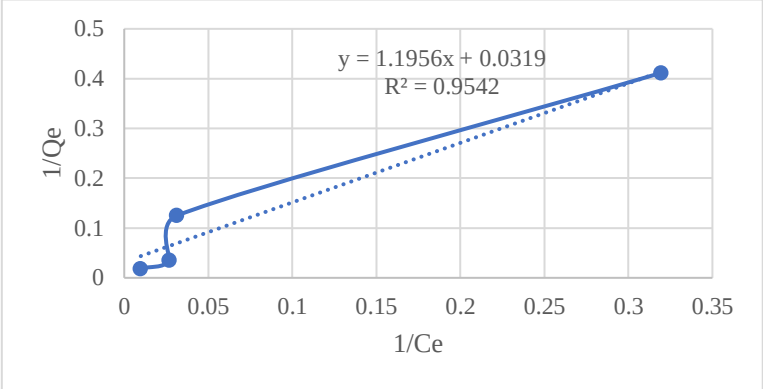
$$\%\text{Removal} = \frac{8\ mg/L - 3{,}13\ mg/L}{8\ mg/L}$$

$$\%\text{Removal} = 60{,}9\ \%$$

4. Perhitungan Model Isotherm Langmuir & Freundlich

Adsorben Teraktivasi							
Qe	**Log Qe**	**Co**	**Ce**	**Log Ce**	**Ce/Qe**	**1/Ce**	**1/Qe**
mg/g		**mg/L**	**mg/L**		**mg/L**		
2,43	0,385606	8	3,13	0,495544	1,288066	0,319489	0,411523
7,98	0,902003	47,73	31,76	1,50188	3,97995	0,031486	0,125313
28,15	1,449478	93,53	37,23	1,570893	1,322558	0,02686	0,035524
53,79	1,730702	209,5	101,93	2,008302	1,894962	0,009811	0,018591

1. Langmuir



Qmax $= \frac{1}{intercept}$

Qmax $= \frac{1}{0{,}0319}$

Qmax = 31,348 mg/g

$K_L = \frac{1}{slope \times Qmax}$

$K_L = \frac{1}{1{,}1956 \times 31{,}348}$

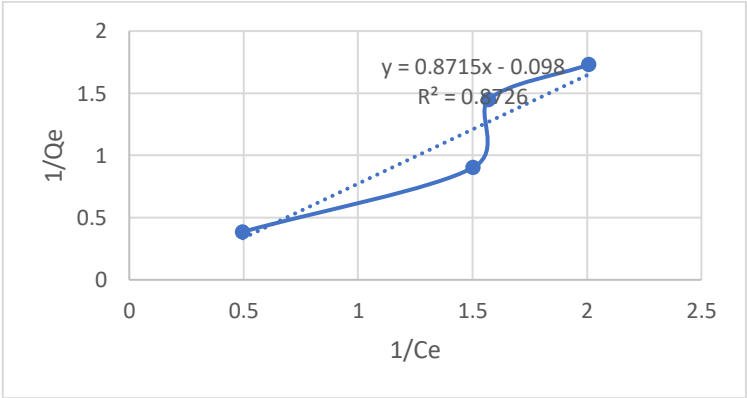
K_L = 0,027

$R_L = \frac{1}{1+Ci \times K_L}$

$R_L = \frac{1}{1+250 \times 0{,}027}$

R_L = 0,13

2. Freundlich



1/n = slope

1/n = 0,8715

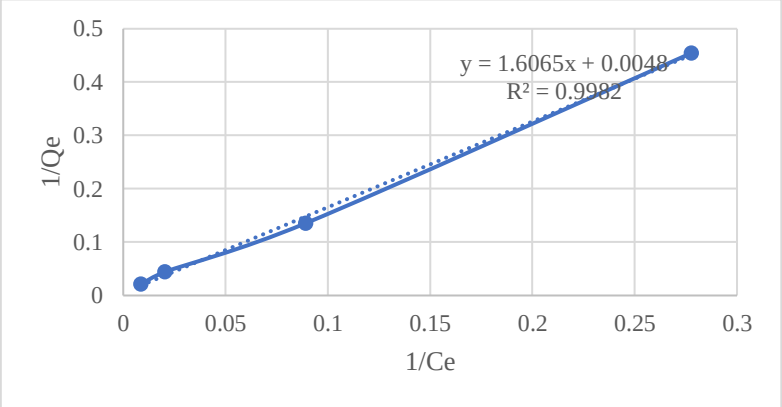
K_f = 10^intercept

Kf = $10^{0,098}$

K_f = 1,253

Adsorben Raw								
Qe	**Log Qe**	**Co**	**Ce**	**Log Ce**	**Ln Ce**	**Ce/Qe**	**1/Ce**	**1/Qe**
mg/g		**mg/L**	**mg/L**			**mg/L**		
2,2	0,342423	8	3,6	0,556303	1,280934	1,636364	0,277778	0,454545455
7,36	0,866878	25,89	11,18	1,048442	2,414126	1,519022	0,089445	0,135869565
22,48	1,351796	93,53	48,57	1,686368	3,883006	2,160587	0,020589	0,044483986
47,06	1,672652	209,5	115,38	2,062131	4,748231	2,451764	0,008667	0,021249469

1. Langmuir



Qmax = $\frac{1}{intercept}$

Qmax = $\frac{1}{0,0319}$

Qmax = 208,33 mg/g

K_L = $\frac{1}{slope \times Qmax}$

K_L = $\frac{1}{1,6065 \times 208,33}$

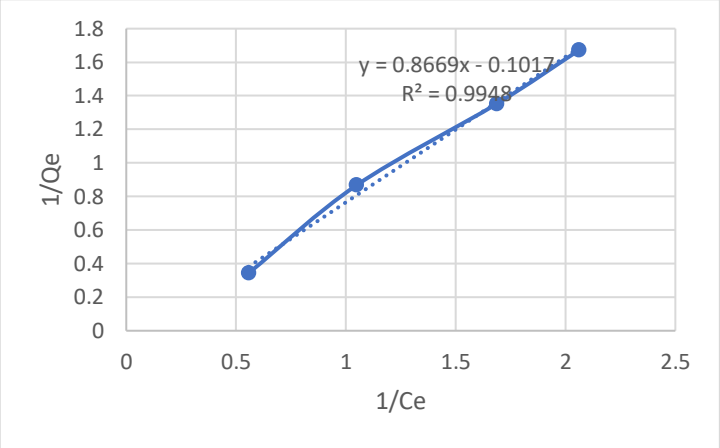
K_L = 0,003

$R_L = \frac{1}{1+Ci \times K_L}$

$R_L = \frac{1}{1+250 \times 0{,}027}$

$R_L = 0{,}572$

2. Freundlich



1/n = slope

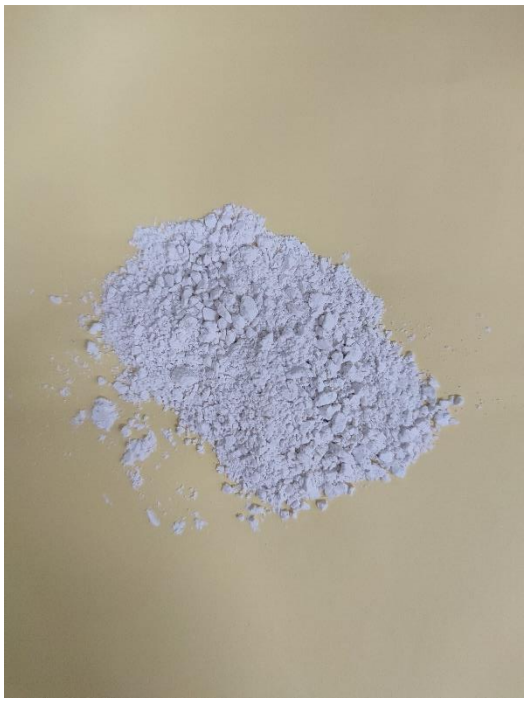
1/n = 0,8669

$K_f = 10^{\wedge intercept}$

$Kf = 10^{0,1017}$

$K_f = 1{,}264$

Lampiran 15. Dokumentasi



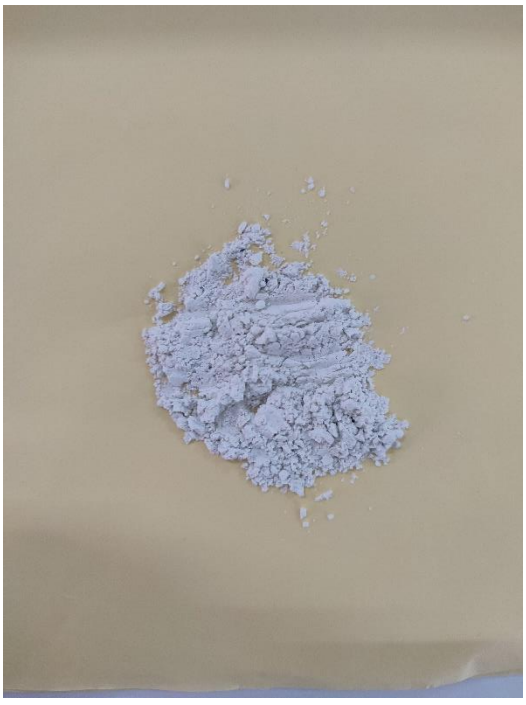
AR



ATF Suhu 500^{o} C



ATF Suhu 300^{o} C



ATF Suhu 800^{o} C



Pengadukan dengan orbital shaker
sampel MB



Pengadukan dengan orbital shaker
sampel seng (Zn)



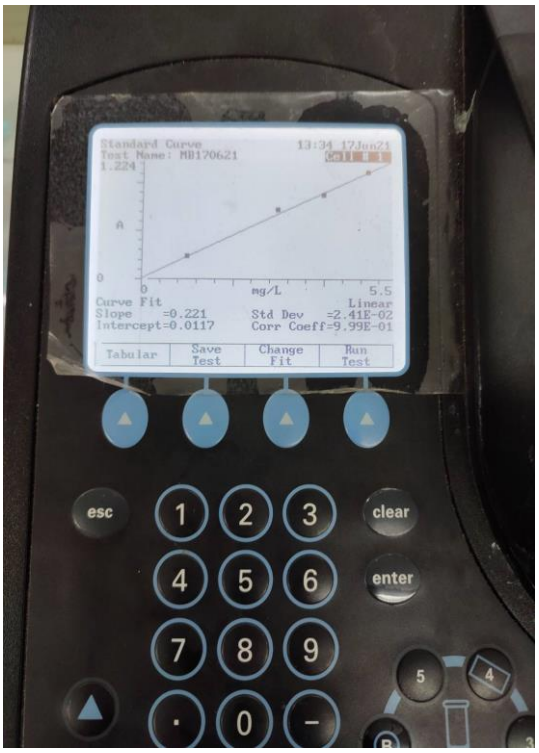
Penyimpanan
sampel sebelum dianalisis



Analisis Sampel MB
dengan Spektrofotometri UV-vis



Penyaringan Adsorbat



Pembuatan Kurva Kalibrasi



Adsorben yang mengendap
setelah proses adsorpsi