



SKRIPSI

ADSORPSI PEWARNA SINTETIK *REMAZOL BRILLIANT BLUE R* MENGGUNAKAN DAUN BIDARA ARAB (*Ziziphus spina-christi*)

**AFIL QURROTA A'YUNI
NRP. 0121164000044**

**Dosen Pembimbing
Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Suprato, Ph.D**

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



SCRIPT

**ADSORPTION OF REMAZOL BRILLIANT BLUE R
SYNTHETIC DYE USING THE LEAVES OF BIDARA
ARAB (*Ziziphus spina-christi*)**

**Afil Qurrota A'yuni
NRP.0121164000044**

**Advisor lecturer
Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Suprpto, Ph.D**

**CHEMISTRY DEPARTMENT
FACULTY OF SCIENCE AND DATA ANALYTICS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

**ADSORPSI PEWARNA SINTETIK *REMAZOL BRILLIANT*
BLUE R MENGGUNAKAN DAUN BIDARA ARAB
(*Ziziphus spina-christi*)**

SKRIPSI

Disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan mata kuliah skripsi
program S-1 Departemen Kimia
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

Afil Qurrota A'yuni
NRP. 0121164000044

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN
ADSORPSI PEWARNA SINTETIK *REMAZOL BRILLIANT*
***BLUE R* MENGGUNAKAN DAUN BIDARA ARAB**
(Ziziphus spina-christi)

SKRIPSI

Oleh:

AFIL QURROTA A'YUNI
NRP. 0121164000044

Surabaya, 19 Agustus 2020

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
NIP. 19840524 200812 2 006



Suprpto, Ph.D
NIP. 19720919 199802 1 002

Mengetahui,
Kepala Departemen Kimia



Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si.
NIP. 19740428 199802 1 001

**ADSORPSI PEWARNA SINTETIK *REMAZOL BRILLIANT BLUE R* MENGGUNAKAN DAUN BIDARA ARAB
(*Ziziphus spina-christi*)**

Nama : Afil Qurrota A'yuni
NRP. : 0121164000044
Departemen : Kimia FSAD ITS
Dosen Pembimbing 1 : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Dosen Pembimbing 2 : Suprpto, Ph.D

ABSTRAK

Adsorpsi Pewarna Sintetik *Remazol Brilliant Blue R* untuk batik dengan adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) yang telah dikarbonasi telah dilakukan. Pewarna batik apabila langsung dibuang ke saluran air dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang untuk mengurangi konsentrasinya. Metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang efektif dalam penurunan konsentrasi pewarna batik *Remazol Brilliant Blue R*. Beberapa parameter yang dipelajari dalam penelitian ini adalah variasi waktu kontak (10, 20, 30, 40, 45 dan 50 menit), variasi massa adsorben (20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 dan 55 mg), variasi konsentrasi awal (30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 dan 110 ppm) serta variasi pH larutan (1, 2, 4, 6, 8, 10 dan 12). Hasil adsorpsi diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 595 nm. Kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada waktu kontak 45 menit, massa adsorben 45 mg, konsentrasi awal 100 ppm serta pada pH 1 dengan %dekolorisasi masing-masing sebesar 91,11%; 83,92%; 83,71% dan 98,94%. Metode adsorpsi yang diterapkan menghasilkan %dekolorisasi maksimum sebesar 99,57% dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 49,68 mg/g. Pada penelitian ini menggunakan tipe isoterm Freundlich dengan nilai R^2 sebesar 0,9943.

Kata Kunci: Adsorpsi, Remazol Brilliant Blue R, Spektrofotometer UV-Vis, Ziziphus spina-christi.

**ADSORPTION OF REMAZOL BRILLIANT BLUE R
SYNTHETIC DYE USING THE LEAVES OF BIDARA
ARAB (*Ziziphus spina-christi*)**

Name : Afil Qurrota A'yuni
NRP : 01211640000044
Departement : Kimia FSAD ITS
Advisor lecturer 1 : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Advisor lecturer 2 : Suprpto, Ph.D

ABSTRACT

Adsorption of *Remazol Brilliant Blue R* synthetic dyes for batik with adsorbents bidara arab's leaf (*Ziziphus spina-christi*) was carbonized has been carried out. Batik dyes when discharged directly into waterways can cause environmental pollution so it must be treated before being discharged to reduce its concentration. The adsorption method is one of the effective methods in reducing the concentration of *Remazol Brilliant Blue R*. batik. Some parameters studied in this study are variations in contact time (10, 20, 30, 40, 45 and 50 minutes), variations in the mass of adsorbent (20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 and 55 mg), variations in initial concentration (30, 40, 50, 60, 70, 80, 100 and 110 ppm) and variations in the pH of the solution (1, 2, 4, 6, 8, 10 and 12). The adsorption results are measured using UV-Vis spectrophotometer at maximum wavelength of 595 nm. The optimum conditions of adsorption were obtained at 45 minutes contact times, mass of adsorbent 45 mg, initial concentration of solution of 100 ppm and at pH 1 with % decolorization respectively 91,11%; 83,92%; 83,71% dan 98,94%. The adsorption method applied produces a maximum % decolorization of 99.57% with a maximum adsorption capacity of 49,68 mg/ g. This study using a Freundlich isotherm type with R^2 value of 0.9943.

Keywords: Adsorption, Remazol Brilliant Blue R, Spektrofotometer UV-Vis, Ziziphus spina-christi.

*Karya ini saya persembahkan untuk
Bapak dan Ibu tercinta,
Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D dan Bapak Suprpto, Ph.D selaku
dosen pembimbing saya,
Enggar, Firda, Nabila, Annisa, Agresya, Arini
Teman seperjuangan saya
Dan teruntuk Magnum Opus Tercinta*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamiin. Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah yang berjudul “**Adsorpsi Pewarna Sintetik Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Daun Bidara Arab (*Ziziphus spina-christi*)**” dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan, doa dan dukungan dari semua pihak. Untuk itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses pengerjaan penelitian dan penyusunan naskah Skripsi ini.
2. Bapak Suprpto, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses pengerjaan penelitian dan penyusunan naskah Skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si., selaku Kepala Departemen Kimia dan dosen wali yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan serta fasilitas yang telah diberikan selama proses perkuliahan hingga naskah Skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Ibu Dra. Ita Ulfin, M.Si. Selaku Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik Departemen Kimia yang telah memberikan fasilitas selama pengerjaan skripsi.
5. Bapak Abdul Hakim, Ibu Aini Muksonah, kakak-kakak dan adik saya yang tidak henti-hentinya memberikan kepercayaan, semangat, perhatian, doa dan menjadi motivasi pengerjaan skripsi ini.
6. Teman Cantik Sholehah Enggar, Nabila, Firda, Annisa, Arini, dan Agresya yang selalu ada dalam suka dan duka serta menyemangati dan memberikan dukungan pada penulis dalam pengerjaan skripsi.
7. Teman-teman S1 di Laboratorium ISA, Enggar, Annisa, Agresya, Dwi, Hida, Puput, Gardini, Vivi, Febri, Azizi, Bagas, Inbay, Syafiq, Gayu, Rifda, Roroh, Putri, Dinda,

Ria, Rio, Kiki, dan Yessy atas bantuan dan bertukar pikiran atas skripsi ini.

8. Teman-teman Magnum Opus Kimia 2016 atas kebersamaan dalam susah dan senang selama masa kuliah.

Saya menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan naskah Skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Oleh karena itu, saya terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga Skripsi ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 20 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	1
DAFTAR ISI	3
DAFTAR GAMBAR	5
DAFTAR TABEL	6
BAB I PENDAHULUAN	7
1.1 Latar Belakang	7
1.2 Rumusan Masalah	9
1.3 Tujuan Penelitian	10
1.4 Batasan Penelitian	10
1.5 Manfaat Penelitian	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Adsorpsi	5
2.1.1 Jenis Adsorpsi	6
2.1.2 Isoterm Adsorpsi	6
2.2 <i>Remazol Brilliant Blue R</i>	9
2.3 Bidara Arab (<i>Ziziphus spina-christi</i>)	9
2.3.1 Penelitian Sebelumnya Bidara Arab (<i>Ziziphus spina-christi</i>) sebagai bioadsorben	11
2.4 Metode <i>Batch</i>	12
2.5 Spektrofotometri UV-Vis	13
2.6 Kurva Kalibrasi	15
2.7 FTIR (Fourier Transform Infra Red)	17
2.8 <i>Paired Sample t-Test</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Alat dan Bahan	21
3.1.1 Alat	21
3.1.2 Bahan	21
3.2 Prosedur Penelitian	21

3.2.1 Preparasi Adsorben	21
3.2.2 Karakterisasi Bio-Adsorben	21
3.2.2.1 <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	22
3.2.3 Pembuatan Larutan Induk Remasol Biru 1000 ppm.	22
3.2.4 Pembuatan Larutan Kerja Remasol Biru 100 ppm ...	22
3.2.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Remasol Biru	22
3.2.6 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Remasol Biru..	22
3.2.7 Penentuan Waktu Kontak Adsorpsi Optimum.....	23
3.2.8 Penentuan Dosis Adsorben Adsorpsi Optimum	23
3.2.9 Penentuan Konsentrasi Awal Adsorpsi Optimum	24
3.2.10 Penentuan pH Adsorpsi Optimum	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Remasol Biru.	25
4.2 Kurva Kalibrasi	26
4.3 Karakterisasi Adsorben.....	28
4.4 Studi Adsorpsi	30
4.4.1 Penentuan Waktu Kontak Adsorpsi Optimum	30
4.4.2 Pengaruh Variasi Massa Adsorben	33
4.4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal Remasol Biru..	35
4.4.4 Pengaruh Variasi pH Remasol Biru	37
4.5 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi.....	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	55
BIODATA PENULIS	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kurva isoterm Freundlich (Yuningsih, 2020)	7
Gambar 2. 2 Kurva isoterm Langmuir (Yuningsih, 2020).....	8
Gambar 2. 3 Struktur <i>Senyawa Remazol Brilliant Blue R</i>	9
Gambar 2. 4 Tanaman <i>Ziziphus spina-christi</i> (a), daun tanaman <i>Ziziphus spina-christi</i> (b) (Allan, 2012).....	10
Gambar 2. 5 Proses metode <i>batch</i> (Berk, 2013)	13
Gambar 2. 6 Skema alat Spektrofotometer UV-Vis <i>single-beam</i> (Dachriyanus, 2004)	15
Gambar 2. 7 Contoh kurva kalibrasi (Barwick, 2003)	16
Gambar 2. 8 Skema alat FTIR (Tahid, 1994)	18
Gambar 2. 9 Spektra FTIR <i>Ziziphus spina-christi</i>	18
Gambar 4. 1 Kurva panjang gelombang maksimum larutan remazol biru 100 ppm.....	26
Gambar 4. 2 Kurva kalibrasi larutan remazol biru	28
Gambar 4. 3 Spektra FTIR <i>Ziziphus spina-christi</i>	29
Gambar 4. 4 Hubungan %dekolorisasi terhadap variasi waktu kontak adsorpsi	31
Gambar 4. 5 Hubungan %dekolorisasi terhadap variasi massa adsorben.....	34
Gambar 4. 6 Hubungan %dekolorisasi terhadap variasi konsentrasi	36
Gambar 4. 7 Hubungan %dekolorisasi terhadap variasi pH	38
Gambar 4. 8 Kurva isoterm Langmuir.....	40
Gambar 4. 9 Kurva isoterm Freundlich	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spektrum tampak dan warna-warna komplementer....	14
Tabel 2. 2 Jenis ikatan dan bilangan gelombang pada FTIR.....	17
Tabel 4. 1 Data absorban larutan remasol biru.....	27
Tabel 4. 2 Perbandingan indikasi gugus fungsi pada adsorben <i>Ziziphus spina-christi</i> dari hasil penelitian dan literatur.....	29

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan zat warna dalam industri tekstil, kertas, plastik, dan kosmetik saat ini berkembang secara pesat (Embaby dkk., 2018). Jumlah penggunaan zat warna pada industri tekstil mencapai 700.000 ton per tahun dan limbah yang dihasilkan mayoritas dibuang ke dalam badan sungai (Yang dkk., 2018). Salah satu industri tekstil di Indonesia yang menggunakan zat warna sintetik yaitu Rumah Batik Putat Jaya di Surabaya yang hadir sebagai dampak dari penutupan kawasan Dolly (salah satu hotspot bisnis prostitusi terbesar di Asia Tenggara). Rumah Batik Putat Jaya memproduksi kain batik dengan berbagai macam motif dan jenis dengan menggunakan beberapa jenis pewarna dalam proses pewarnaan batik, yaitu: remasol, indigosol dan naftol. Rumah Batik Putat Jaya ini belum melakukan proses pengolahan limbah pewarna batik yang dihasilkan secara optimal sehingga dapat menimbulkan permasalahan lingkungan.

Pembuangan limbah zat warna dalam industri tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Limbah zat warna bersifat karsinogenik, memiliki toksisitas tinggi, dan bersifat mutagenik sehingga dapat mengganggu ekosistem flora fauna yang ada disekitarnya (Uzun, 2006). Lingkungan perairan yang tercemar limbah tersebut menjadi keruh sehingga menghambat penetrasi sinar matahari ke dalam air. Hal ini dapat mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis dan akan mengganggu aktivitas biologi dari mikroba yang ada di dalam air. Data dari lingkungan hidup menjelaskan terdapat banyak kasus penyakit kulit disekitar lingkungan yang terdapat limbah tekstil (Irvan, 2004). Zat warna yang bersifat karsinogenik tersebut masuk ke dalam tubuh manusia maka dapat menyebabkan tumbuhnya kanker. Selain itu, struktur aromatik pada zat warna sulit mengalami biodegradasi sehingga limbah zat warna sukar diuraikan pada kondisi aerob (Franck, 1995).

Remazol Brilliant Blue R atau *Reactive Blue 19* merupakan zat warna yang memiliki gugus kromofor yang mudah memberikan

warna-warna cerah serta tidak mudah luntur. Selain itu, *Remazol Brilliant Blue R* sangat tahan terhadap proses oksidasi kimia karena kestabilan struktur aromatik antrakuinon (Palegrini dkk., 1999). Limbah zat warna *Remazol Brilliant Blue R* bersifat merangsang tumbuhnya kanker, dapat membahayakan bagi kesehatan, mempengaruhi kandungan oksigen dalam air mempengaruhi pH air lingkungan yang menjadikan gangguan bagi mikroorganisme dan hewan air (Mufrodi dkk., 2008).

Metode secara fisik, kimia maupun biologi telah digunakan untuk mengurangi limbah zat warna seperti elektrooksidasi (Costa dkk., 2010), elektrokoagulasi (Saprykina, 2012), membran penukar ion (Welgemoed dkk., 2005), dan degradasi fotokatalitik. Namun, metode-metode tersebut memiliki kekurangan seperti elektrooksidasi yang masih menghasilkan senyawa yang berbahaya bagi kesehatan manusia (Wiratini dkk., 2012). Proses elektrokoagulasi yang hanya mampu mengolah limbah secara fisik, tetapi belum mampu mengolah limbah secara kimia, seperti mendegradasi senyawa organik (Wiratini dkk., 2016). Membran penukar ion tidak mampu menyeleksi komponen-komponen tak bermuatan (Strathman dkk., 2013). Selain itu, semua proses tadi tergolong mahal dan tidak dapat digunakan oleh industri kecil untuk menangani berbagai limbah cair zat warna. Adsorpsi dikenal sebagai metode yang menguntungkan karena memiliki proses yang sederhana, selektif, memiliki efektifitas dan kapasitas adsorpsi tinggi, biaya operasional yang rendah, dan tidak memberikan dampak negatif bagi lingkungan (Li dkk, 2016).

Karbon aktif merupakan adsorben yang paling banyak digunakan. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki luas permukaan yang lebih besar dari adsorben lainnya, sehingga dapat menyerap lebih banyak molekul. Namun, penggunaan karbon aktif sebagai adsorben zat warna masih memiliki kekurangan yaitu memerlukan biaya produksi dan biaya regenerasi tinggi karena proses desorpsi yang tidak mudah dicapai (Srivastava dkk., 2005). Oleh karena itu, penggunaan adsorben alternatif yang murah, ramah lingkungan dan mempunyai daya adsorpsi besar menjadi pilihan yang tepat. Daun bidara arab (*Zizhipus spina-christi*) dapat

digunakan sebagai alternatif bahan baku adsorben karena memiliki kelebihan biaya produksi rendah, ramah lingkungan, merupakan sumber terbarukan yang melimpah di dunia, dan mudah diregenerasi (Nguyen dkk., 2013). Studi pendahuluan telah dilakukan dengan menggunakan *Zizhipus spina-christi* untuk adsorpsi menurunkan kadar Cr(VI) pada larutan *aqueous*. *Zizhipus spina-christi* dimanfaatkan untuk adsorpsi pewarna *triphenylmethane* telah dilakukan oleh Khani dkk., (2018). Bashanaeni (2019) juga telah memanfaatkan *Zizhipus spina-christi* untuk adsorpsi pewarna *Malachite Green Dye*.

Pada penelitian ini, adsorben *Zizhipus spina-christi* dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar zat warna *Remazol Brilliant Blue R* dengan optimasi waktu kontak, massa adsorben, konsentrasi awal, dan pH. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini diharapkan akan dapat diterapkan pada pengolahan limbah pewarna batik Rumah Batik Putat Jaya maupun industri batik lainnya yang menggunakan jenis pewarna remasol biru sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan pewarna saat dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan terlebih dahulu.

1.2 Rumusan Masalah

Rumah Batik Putat Jaya dapat membantu meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat di sekitar Kawasan Dolly sebagai tempat eks prostitusi. Namun, adanya produksi batik tersebut dapat memberikan masalah pencemaran lingkungan akibat pewarna batik remasol biru yang dalam proses pembuangannya tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai permasalahan penggunaan pewarna remasol biru yaitu melalui metode adsorpsi pewarna remasol biru dengan menggunakan daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) sebagai adsorben dengan kondisi optimum selama adsorpsi yaitu kondisi waktu kontak, massa adsorben, konsentrasi awal dan pH optimum untuk mengetahui %dekolorisasi remasol biru sehingga hasil tersebut dapat

diterapkan untuk pengolahan limbah pewarna batik di Rumah Batik Putat Jaya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi optimum adsorpsi (waktu kontak, massa adsorben, konsentrasi awal, dan pH) dan tipe isotherm pewarna remazol biru serta untuk mengetahui %dekolorisasi melalui metode adsorpsi dengan menggunakan daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) sebagai adsorben.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian kondisi optimum adsorpsi yang diteliti adalah kondisi waktu kontak (10; 20; 30; 40; 45 dan 50 menit), massa adsorben yang digunakan (20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; dan 55 mg), konsentrasi awal dari larutan Remazol Brilliant Blue R (30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100 dan 110 ppm), serta pH larutan (1; 2; 4; 6; 8; 10 dan 12) untuk mendapatkan %dekolorisasi yang maksimum. Volume larutan yang digunakan adalah 20 mL dengan kecepatan pengadukan 450 rpm. Hasil adsorpsi yang dihasilkan diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang tertentu.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Membantu Rumah Batik Putat Jaya dalam menyelesaikan permasalahan limbah pewarna yang digunakan
2. Mengurangi dampak pencemaran dari penggunaan pewarna *Remazol Brilliant Blue R*
3. Mengetahui kondisi optimum adsorpsi (waktu kontak, massa adsorben, konsentrasi awal dan pH) dan %dekolorisasi yang dihasilkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain yang diikat secara kimia atau fisika. Adsorpsi terjadi antara zat padat-cair atau zat padat-gas dan zat cair-cair atau zat gas-cair (Castellan, 1982).

Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi pada molekul adsorbat dengan permukaan kemungkinan diikuti lebih dari satu interaksi, tergantung pada struktur kimia masing-masing komponen (Nurhasni dkk., 2014). Molekul yang terikat pada bagian antarmuka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben (Apriliani, 2010). Adsorpsi juga merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam (Apriliani, 2010).

Adsorpsi merupakan salah satu metode efektif yang digunakan dalam pengolahan limbah industri untuk mengurangi polutan anorganik dan organik (Kant, 2012). Jenis adsorben yang paling banyak digunakan dalam adsorpsi adalah alumina, silika (Josefa dkk., 2003), hidroksida logam (Wu dkk., 2006), dan karbon aktif (Malik dkk., 2002).

Karbon aktif merupakan adsorben yang paling banyak digunakan. Hal ini dikarenakan karbon aktif memiliki luas permukaan yang lebih besar dari adsorben lainnya, sehingga dapat menyerap lebih banyak molekul. Namun, penggunaan karbon aktif sebagai adsorben zat warna masih memiliki kekurangan yaitu memerlukan biaya produksi dan biaya regenerasi tinggi karena proses desorpsi yang tidak mudah dicapai (Srivastava dkk., 2005). Oleh karena itu, penggunaan adsorben alternatif yang murah, ramah lingkungan dan mempunyai daya adsorpsi besar menjadi pilihan yang tepat.

Daun bidara arab (*Zizhipus spina-christi*) dapat digunakan sebagai alternatif bahan baku adsorben karena memiliki kelebihan biaya produksi rendah, ramah lingkungan, merupakan sumber terbarukan yang melimpah di dunia, dan mudah diregenerasi (Nguyen dkk., 2013). Studi pendahuluan telah dilakukan dengan menggunakan *Zizhipus spina-christi* untuk adsorpsi menurunkan kadar Cr(VI) pada larutan *aqueous*. *Zizhipus spina-christi* dimanfaatkan untuk adsorpsi pewarna *triphenylmethane* telah dilakukan oleh Khani (2018) (Khani dkk., 2018). Bashanaeni (2019) juga telah memanfaatkan *Zizhipus spina-christi* sebagai untuk adsorpsi pewarna *Malachite Green Dye* (Bashanaeni dkk., 2019).

2.1.1 Jenis Adsorpsi

Atkins (1999) mengelompokkan adsorpsi menjadi dua macam, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisik adalah adsorpsi yang terjadi karena gaya tarik menarik Van der Waals yang kekuatannya relatif kecil, dimana molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar dari pada gaya tarik substansi terlarut dan larutan sehingga substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media. Lapisan yang terbentuk pada permukaan adsorbat berbentuk monolayer maupun multilayer (Castellan, 1982). Adsorpsi kimia meliputi pembentukan ikatan kimia. Pada adsorpsi ini, ikatan yang terjadi semakin kuat sehingga spesies asli tidak bisa ditemukan lagi. Bentuk lapisannya merupakan monolayer (Atkins, 1999). Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi antara lain: jenis adsorben, jenis adsorbat, konsentrasi masing-masing zat, luas permukaan, tekanan, daya larut terhadap adsorben, koadsorpsi pengadukan (Widayatno dkk., 2017).

2.1.2 Isoterm Adsorpsi

Persamaan adsorpsi isoterm menggambarkan proses adsorpsi. Adsorpsi isoterm menjelaskan proses distribusi adsorbat antara fase cair dan fase padat (Nwabanne & Igbokwe, 2008). Melalui adsorpsi isoterm dapat diketahui sifat dari gugus aktif pada

adsorben (Kusuma dkk., 2014). Adsorpsi isoterm yang umum digunakan adalah isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir (Nwabanne & Igbokwe, 2008).

a) Adsorpsi isoterm Freundlich

Adsorpsi isoterm Freundlich merupakan adsorpsi akibat terbentuknya lapisan tunggal molekul (*monolayer*) dari molekul adsorbat di permukaan adsorben. Persamaan isoterm Freundlich menjelaskan bahwa permukaan adsorben bersifat heterogen, bahwa setiap gugus aktif di permukaan adsorben memiliki kemampuan adsorpsi yang berbeda-beda (Bird, 1985). Parameter Freundlich ditentukan oleh Persamaan 2.1 (Rashidi dkk., 2010).

$$q_e = Kf + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2.1)$$

Dimana :

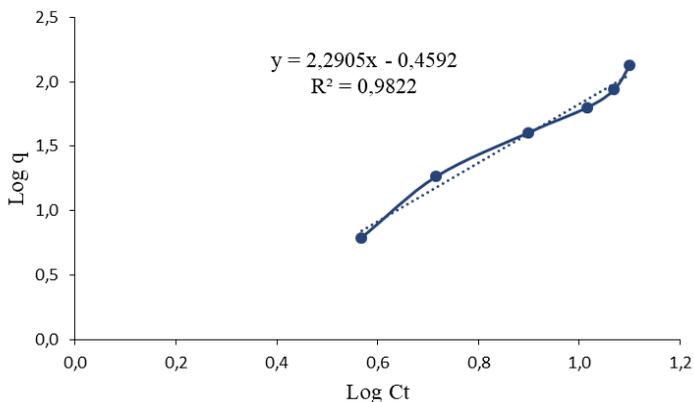
q_e = jumlah adsorbat yang teradsorpsi (mg/cm^3)

C_e = konsentrasi adsorbat saat kesetimbangan (mg/L)

Kf = faktor kapasitas Freundlich

$\frac{1}{n}$ = parameter intensitas Freundlich

Model isoterm adsorpsi Freundlich dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Kurva isoterm Freundlich (Yuningsih, 2020)

b) Adsorpsi isotherm Langmuir

Isoterm Langmuir menjelaskan bahwa suatu adsorpsi didasarkan atas beberapa hal, yaitu: (a) adsorben dan adsorbat membentuk lapisan tunggal (*monolayer*), (b) kalor adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan, (c) semua situs bersifat sama dan permukaan adsorben bersifat homogen. Persamaan Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadi kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi (adsorbat) dengan molekul-molekul zat yang masih bebas (Bird, 1985). Persamaan isotherm Langmuir dituliskan dapat pada Persamaan 2.2 (Langmuir, 1918).

$$q_e = \frac{q_{\max} K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (2.2)$$

Dimana :

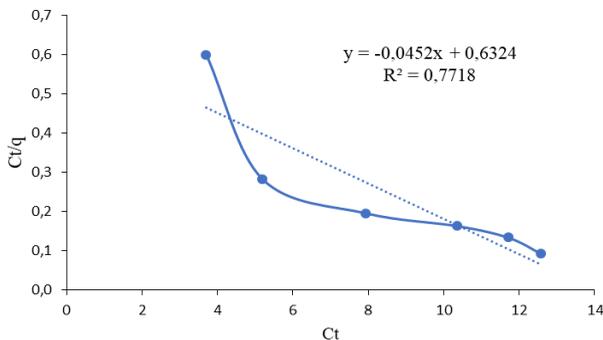
q_e =kapasitas kesetimbangan adsorpsi (mg/g)

C_e =konsentrasi kesetimbangan dalam larutan (mg/L)

q_{\max} =kapasitas maksimum adsorpsi pada permukaan adsorben (mg/g)

K_L =konstanta adsorpsi Langmuir (L/mg)

Model isotherm adsorpsi Langmuir dapat dilihat pada Gambar 2.2

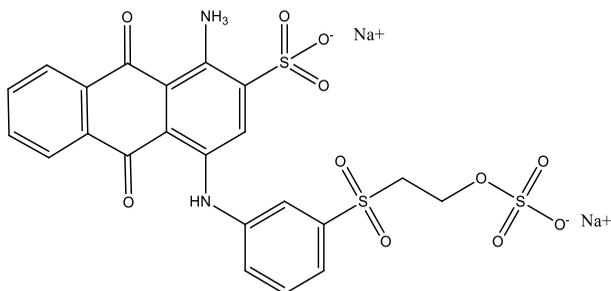


Gambar 2. 2 Kurva isotherm Langmuir (Yuningsih, 2020)

2.2 *Remazol Brilliant Blue R*

Remasol merupakan salah satu pewarna yang termasuk ke dalam jenis pewarna reaktif. Pewarna reaktif merupakan suatu pewarna yang dapat mengadakan reaksi dengan serat sehingga pewarna tersebut menjadi bagian dari serat tersebut (Rakhmawati, 2007). Remasol banyak digunakan sebagai pewarna tekstil dikarenakan mudah untuk diaplikasikan, memiliki warna yang stabil dan tidak mudah luntur (Trevino dkk., 2013).

Pewarna reaktif mengandung gugus fungsi elektrofilik yang dapat bereaksi dengan nukleofilik untuk membentuk ikatan kovalen satu sama lain melalui reaksi adisi atau pertukaran. Nukleofilik pada serat yang secara khusus bereaksi dengan pewarna adalah gugus hidroksil pada selulosa, gugus tiol pada wool, dan gugus amino pada poliamida (Rakhmawati, 2007). *Remazol Brilliant Blue R* merupakan salah satu jenis remasol, dimana menurut Amin (2017), larutan remasol biru memiliki panjang gelombang maksimum sebesar 595 nm. Struktur dari *Remazol Brilliant Blue R* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Struktur Senyawa *Remazol Brilliant Blue R*

2.3 Bidara Arab (*Ziziphus spina-christi*)

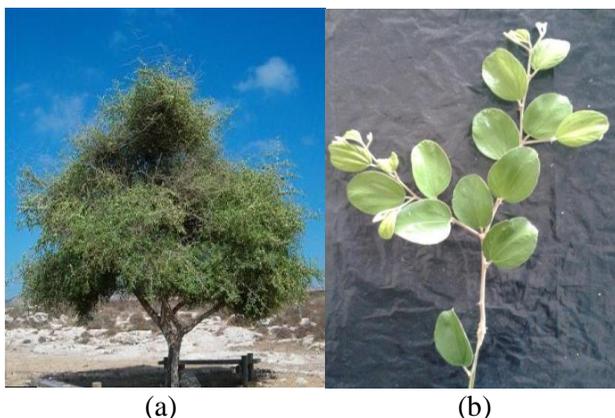
Bidara yang memiliki nama latin *Ziziphus spina-christi* dikenal dengan beberapa nama daerah yaitu Widara (Jawa, Sunda), Rangga (Bima), Kalangga (Sumba) dan Bekul (Bali)

(Heyne, 1987). Adapun klasifikasi dari tanaman ini adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Bangsa : Rosales
Suku : Rhamnaceae
Marga : Ziziphus
Jenis : *Ziziphus spina-christi*

(Adzu, 2007)

Ziziphus spina-christi adalah semak atau pohon berduri dengan tinggi hingga 15 m, diameter batang 40 cm atau lebih. Kulit batang abu-abu gelap atau hitam, pecah- pecah tidak beraturan. Daun tunggal dan berselang-seling, memiliki panjang 4-6 cm dan lebar 2,5-4,5 cm. Tangkai daun berbulu dan pada pinggiran daun terdapat gigi yang sangat halus. Buah berbiji satu, bulat sampai bulat telur, ukuran kira- kira 6x4 cm, kulit buah halus atau kasar, mengkilap, berwarna kekuningan sampai kemerahan atau kehitaman, daging buah putih, renyah, agak asam hingga manis (Goyal dkk., 2013). Tanaman *Ziziphus spina-christi* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Tanaman *Ziziphus spina-christi* (a), daun tanaman *Ziziphus spina-christi* (b) (Allan, 2012)

Ziziphus spina-christi tumbuh liar di seluruh Jawa dan Bali pada ketinggian di bawah 400 meter dari permukaan laut. Tanaman ini tumbuh pada daerah dengan suhu ekstrim dan tumbuh subur pada daerah dengan kondisi kering (Steenis dkk., 2005; Heyne, 1987).

2.3.1 Penelitian Sebelumnya Bidara Arab (*Ziziphus spina-christi*) sebagai bioadsorben

Abshirini dkk (2018) melakukan penelitian menggunakan daun bidara (*Ziziphus spina-christi*) sebagai bioadsorben dengan cara diubah terlebih dahulu menjadi karbon. Karbon dipreparasi terlebih dahulu dengan proses karbonasi dengan cara daun bidara dikeringkan terlebih dahulu kemudian dicuci dengan aquades dan dioven pada suhu 100°C lalu difurnace vakum pada suhu 600°C selama 3 jam. Selanjutnya karbon yang dihasilkan digerus dengan penggiling listrik hingga menjadi serbuk dan diaplikasikan sebagai bioadsorben untuk menurunkan kadar Cr(IV) pada larutan.

Penelitian Abshirini dkk (2018) dilakukan menggunakan ion Cr(IV) pada larutan dengan optimasi adsorpsi waktu kontak (5; 10; 15; 20; 30; 40; 60; 80; 100; 150 menit), massa adsorben (0,25; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; dan 5 g/L), konsentrasi awal larutan (10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; dan 100 ppm), serta pH larutan (2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; dan 11) untuk mendapatkan %dekolorisasi yang maksimum. Hasil adsorpsi yang dihasilkan diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang tertentu.

Pada penelitian Abshirini dkk (2018) disimpulkan kondisi optimum untuk adsorpsi ion Cr(IV) dalam larutan menggunakan *Ziziphus spina-christi* optimum dengan kapasitas adsorpsi 97,22% dengan waktu kontak 55 menit, massa adsorben 5 g/L, konsentrasi awal larutan 100 mg/L, dan pada pH 2 (Abshirini dkk., 2018)

Bashanaini dkk (2019) juga melakukan penelitian menggunakan kulit biji bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) sebagai bioadsorben dengan cara diubah terlebih dahulu menjadi karbon. Kulit biji bidara arab diaktifasi dengan H₂SO₄. Kulit biji bidara arab dipreparasi terlebih dahulu dengan cara kulit biji bidara arab dicuci

dengan aquadest untuk menghilangkan zat pengotor pada permukaan kulit biji bidara arab, selanjutnya dicampur dengan H₂SO₄ dengan perbandingan berat 3:1. Selanjutnya campuran dikarbonasi pada suhu 150-200°C selama 4 jam dengan menggunakan laju pemanasan 10°C/menit, kemudian didinginkan dengan aliran udara, lalu dicuci dengan aquadest pada suhu ruang hingga nilai pH larutan menjadi 5-6. Selanjutnya, sampel dikeringkan pada suhu 100°C hingga tercapai berat konstan dan dihitung %rendemen yang diperoleh dan diaplikasikan sebagai adsorben untuk adsorpsi pewarna Malachite Green Dye pada larutan.

Penelitian Bashanaini dkk (2019) dilakukan menggunakan pewarna *Malachite Green Dye* pada larutan dengan optimasi adsorpsi waktu kontak selama 0-550 menit, massa adsorben 0,025-0,1375 g, pH larutan (2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; dan 9), ion pengganggu (CH₃COO⁻, C₂O₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻, Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Ba²⁺, Mg²⁺, dan Fe³⁺) dengan konsentrasi masing-masing 200 mg/L, kekuatan ion dengan menggunakan NaCl dan NaNO₃ pada larutan pewarna dengan konsentrasi garam yang digunakan dari 0-0,100 mol/L, serta suhu (25; 32; dan 45°C) untuk mendapatkan %dekolorisasi yang maksimum. Hasil adsorpsi yang dihasilkan diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang tertentu.

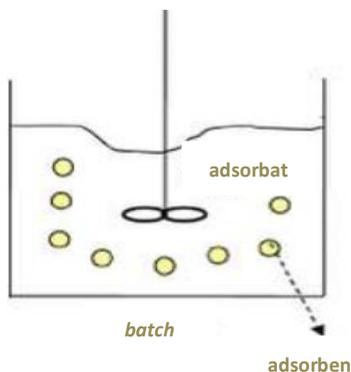
Pada penelitian Bashanaini dkk (2019) disimpulkan kondisi optimum untuk adsorpsi pewarna *Malachite Green Dye* pada larutan menggunakan *Ziziphus spina-christi* optimum pada waktu kontak 360 menit, massa adsorben 0,100 g, pH 6, ion pengganggu Mg²⁺ dan Fe³⁺, pada efek kekuatan ion berpengaruh pada konsentrasi garam, dan suhu 25°C (Bashanaini dkk., 2019)

2.4 Metode Batch

Metode *batch* merupakan salah satu metode adsorpsi dimana sejumlah adsorben dicampur menjadi satu dengan sejumlah larutan adsorbat dan melakukan pengadukan pada sistem selama periode waktu tertentu. Hasil adsorpsi dengan metode *batch* ini harus dilakukan penyaringan untuk memisahkan larutan dengan

adsorben yang telah bercampur selama proses adsorpsi berlangsung (Loebenstein, 1962).

Metode *batch* akan memberikan gambaran kemampuan dari adsorben dengan cara mencampurkannya dengan larutan yang tetap jumlahnya dan mengamati perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu (Nurfitriyani dkk., 2013). Metode *batch* merupakan salah satu metode yang cukup baik digunakan karena dapat menurunkan konsentrasi pencemar yang terkandung dalam limbah cair (Subarman dkk., 2011). Gambar proses metode *batch* dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Proses metode *batch* (Berk, 2013)

Metode adsorpsi *batch* memiliki keunggulan diantaranya murah dan sederhana, mudah untuk dioperasikan sehingga banyak digunakan untuk proses skala kecil dan menengah seperti skala laboratorium, tidak memerlukan perawatan khusus hanya perlu perawatan kecil pada volume larutan. Metode *batch* juga memiliki keuntungan lain yakni sistem, parameter larutan seperti waktu kontak, pH, kekuatan ion, suhu, dll dapat dikontrol atau disesuaikan (Crini dkk., 2019).

2.5 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis umumnya digunakan untuk:

- a. Menentukan jenis kromofor, ikatan rangkap yang terkonjugasi dan auksokrom dari suatu senyawa organik.
- b. Menjelaskan informasi dari struktur berdasarkan panjang gelombang maksimum suatu senyawa
- c. Mampu menganalisis senyawa organik secara kuantitatif dengan menggunakan hukum Lambert-Beer

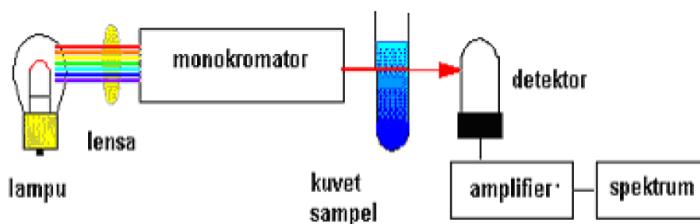
Spektrofotometer UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel. Sinar ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektrum ini berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer. Sinar ultraviolet berada pada panjang gelombang 200–400 nm sedangkan sinar tampak berada pada panjang gelombang 400–800 nm diukur (Dachriyanus, 2004). Daftar panjang gelombang spektrum tampak dan warna-warna yang terdeteksi dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Spektrum tampak dan warna-warna komplementer

Panjang Gelombang (nm)	Warna	Warna Komplementer
400 – 435	Ungu	Kuning-kehijauan
435 – 480	Biru	Kuning
480 – 490	Hijau-kebiruan	Oranye
490 – 500	Biru-kehijauan	Merah
500 – 560	Hijau	Merah-ungu
560 – 580	Kuning-kehijauan	Ungu
580 – 595	Kuning	Biru
595 – 610	Oranye	Hijau-kebiruan
610 – 750	Merah	Biru-kehijauan

(Suparno, 2010)

Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis adalah sinar tampak atau suatu sumber cahaya dipancarkan melalui monokromator. Monokromator menguraikan sinar yang masuk dari sumber cahaya tersebut menjadi pita-pita panjang gelombang yang diinginkan untuk pengukuran suatu zat tertentu. Cahaya/energi radiasi dari monokromator tersebut diteruskan dan diserap oleh suatu larutan yang dimasukkan di dalam kuvet. Kemudian jumlah cahaya yang diserap oleh larutan akan menghasilkan sinyal elektrik pada detektor, dimana sinyal elektrik ini sebanding dengan cahaya yang diserap oleh larutan tersebut. Besarnya sinyal elektrik yang dialirkan ke pencatat dapat dilihat sebagai angka Gambar 2.6 merupakan skema alat spektrofotometer UV-Vis yang memiliki sumber cahaya tunggal, dimana sinyal pelarut dihilangkan terlebih dahulu dengan mengukur pelarut tanpa sampel, setelah itu larutan sample dapat diukur (Dachriyanus, 2004).

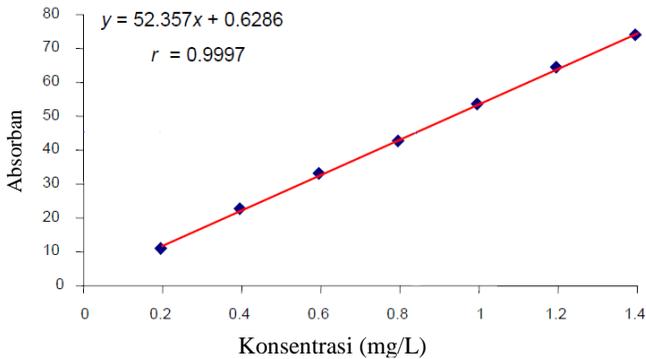


Gambar 2. 6 Skema alat Spektrofotometer UV-Vis *single-beam* (Dachriyanus, 2004)

2.6 Kurva Kalibrasi

Kalibrasi instrumen merupakan salah satu tahapan penting dalam suatu prosedur analisis. Kalibrasi instrumen ini merupakan suatu operasi yang dapat menunjukkan hubungan dari output sistem pengukuran (misalnya, respon dari instrumen) dan nilai-nilai standar kalibrasi yang dapat diterima (misalnya, jumlah analit). Sejumlah besar metode analitik membutuhkan kalibrasi dari sebuah instrumen. Hal ini biasanya melibatkan persiapan satu set standar yang mengandung sejumlah analit yang tidak diketahui,

mengukur respons instrumen untuk setiap standar dan membuat hubungan antara respons instrumen dan konsentrasi analit. Pada instrument Spektrofotometer UV-Vis respon instrumen yang diperoleh berupa absorbansi dari konsentrasi analit. Hasil tersebut kemudian dapat digambarkan dalam suatu kurva yang disebut kurva kalibrasi yang kemudian digunakan untuk mengubah pengukuran yang dilakukan pada sampel uji menjadi perkiraan jumlah analit yang terkandung di dalamnya (Barwick, 2003) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Contoh kurva kalibrasi (Barwick, 2003)

Persamaan regresi linier yang dihasilkan dari kurva kalibrasi tersebut menunjukkan hubungan antara absorbansi (sumbu y) dan juga konsentrasi larutan standar masing-masing pewarna (sumbu x) yang dapat dituliskan dalam Persamaan 2.3.

$$y = bx + c \quad (2.3)$$

Dimana :

y = nilai absorbansi

x = konsentrasi pewarna

b = *slope*

c = intersep

Persamaan regresi tersebut dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi masing-masing pewarna dalam campuran,

2.7 FTIR (Fourier Transform Infra Red)

Spektrofotometer FTIR merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengidentifikasi senyawa, khususnya senyawa organik, baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Analisis kualitatif dilihat dari puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Sedangkan analisa kuantitatif dilakukan dengan menggunakan senyawa standar yang dibuat dengan berbagai variasi konsentrasi (Griffiths, 1975). Untuk pengukuran IR biasanya berada pada daerah bilangan gelombang 400-4500 cm^{-1} . Tabel 2.2 menunjukkan jenis ikatan dan bilangan gelombang pada FTIR (Harjono, 1992).

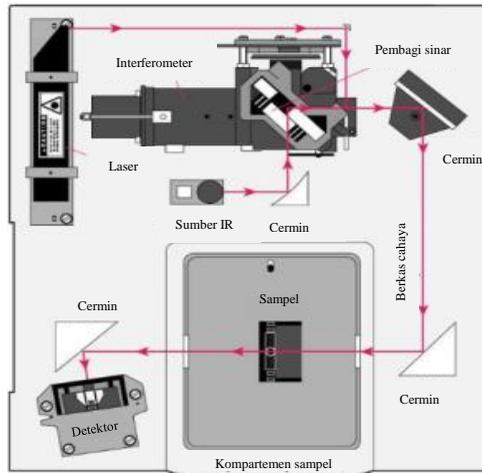
Tabel 2. 2 Jenis ikatan dan bilangan gelombang pada FTIR

Jenis Ikatan	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
C-H	3000-3850
=C-H	3100-3000
O=C-H	2800-2700
O-H	3400-3000
N-H	3450-3100
C=O	1630-1840
C=N	1690-1630
N=O	1510-1650
C=C	1675-1600
C-O, C-N	1400-1000

(Harjono, 1992)

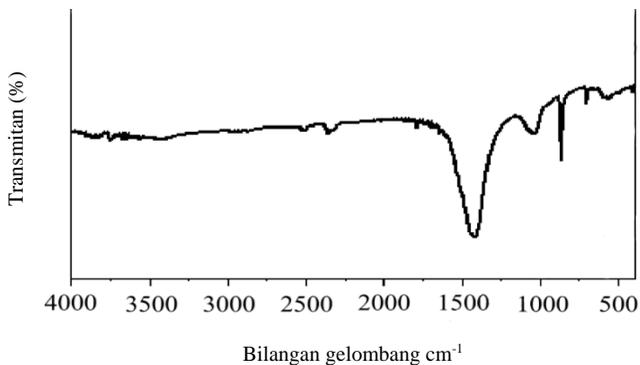
Prinsip kerja alat FTIR yaitu sinar yang datang dari sumber sinar akan diteruskan, dan kemudian akan dipecah oleh pemecah sinar menjadi dua bagian sinar yang saling tegak lurus. Sinar ini kemudian dipantulkan oleh dua cermin yaitu cermin diam dan cermin bergerak. Sinar hasil pantulan kedua cermin akan dipantulkan kembali menuju pemecah sinar untuk saling berinteraksi. Dari pemecah sinar, sebagian sinar akan diarahkan menuju cuplikan dan sebagian menuju sumber. Gerakan cermin yang maju mundur akan menyebabkan sinar yang sampai pada detektor ini akan menghasilkan sinyal pada detektor yang disebut

interferogram. Interferogram ini akan diubah menjadi spektra IR dengan bantuan computer berdasarkan operasi matematika (Tahid, 1994). Penjelasan di atas merupakan penjelasan dari Gambar 2.8 yaitu skema alat kerja FTIR.



Gambar 2. 8 Skema alat FTIR (Tahid, 1994)

Contoh hasil karakterisasi dengan FTIR dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2. 9 Spektra FTIR *Ziziphus spina-christi* (Abshirini dkk., 2018)

Analisa menggunakan FTIR ini dilakukan dengan metode absorbansi dengan panjang gelombang 4000-400 cm^{-1} . Spektra FTIR menurut penelitian Abshirini dkk., (2018) memiliki puncak karakteristik pada bilangan gelombang antara 3437-3844 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi tarik -OH. Pada bilangan gelombang 2852 dan 2923 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C-H dari metilen. Pada bilangan gelombang 2516 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi $\text{C}\equiv\text{C}$ dan $-\text{C}\equiv\text{N}$ (atau $\text{C}=\text{C}=\text{C}-$ dan $-\text{N}=\text{C}=\text{O}$) dalam struktur karbon. Pada bilangan gelombang 900 dan 1300 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C-O. Pada bilangan gelombang 1979, 1427, dan 1048 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C=O. Selain itu, puncak lebar terlihat di 873, 711 dan 573 cm^{-1} disebabkan oleh getaran tarik -CN, S= O, C-H, dan O-H (Abshirini dkk., 2018).

2.8 Paired Sample t-Test

Paired sample t-Test (Uji beda dua sampel berpasangan) merupakan analisis dengan melibatkan dua pengukuran pada subjek yang sama terhadap suatu pengaruh atau perlakuan tertentu. Pada uji beda *Paired sample t-Test*, peneliti biasanya menggunakan sampel yang sama, tetapi pengujian terhadap sampel dilakukan sebanyak dua kali (Montolalu dkk, 2018). Rumus perhitungan uji-t berpasangan dapat ditunjukkan pada Persamaan 2.4.

$$t_{\text{hit}} = \frac{\bar{D}}{\frac{SD}{\sqrt{n}}} \quad (2.4)$$

dimana $SD = \sqrt{\text{varian}}$

$$\text{varian } (s^2) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \frac{t}{D} &= \text{nilai t hitung} \\ \frac{t}{D} &= \text{rata-rata selisih pengukuran 1 dan 2} \end{aligned}$$

SD = standar deviasi selisih pengukuran 1 dan 2
 n = jumlah sampel (Remini dkk., 2016).

Uji *Paired Sample t-Test* menunjukkan apakah sampel berpasangan mengalami perubahan yang signifikan. Hasil uji *Paired Sample t-Test* ditentukan oleh nilai signifikansinya. Nilai ini kemudian menentukan keputusan yang diambil dalam penelitian.

- Nilai signifikansi t hitung $>$ t tabel menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara variabel awal dengan variabel akhir. Hal ini berarti tidak terdapat pengaruh yang bermakna terhadap perbedaan perlakuan yang diberikan pada masing-masing variabel
- Nilai signifikansi t hitung $<$ t tabel menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara variabel awal dengan variabel akhir. Hal ini berarti terdapat pengaruh yang bermakna terhadap perbedaan perlakuan yang diberikan pada masing-masing variabel.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaca arloji, spatula, neraca analitik, labu ukur volume 100 mL; 250 mL; dan 1000 mL, gelas kimia volume 50 mL, 100 mL dan 250 mL pipet ukur 25 mL, pipet volume 10 mL, bola hisap, *magnetic stirrer*, kertas saring Whatman, corong, erlenmeyer, pH Meter (Hanna), *crucible* 250 mL, oven, *furnace*, mortar, alu, *Sieve* 25 μm , FTIR Shimadzu, spektrofotometer UV-Vis (Genesys 10S), dan kuvet kuarsa.

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*), aqua DM (demineralisasi), pewarna *Remazol Brilliant Blue R*, NaOH (Merck) dan HCl (Merck).

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Preparasi Adsorben

Daun Bidara Arab (*Ziziphus spina-christi*) dijemur di bawah sinar matahari hingga berwarna kuning kecoklatan. Daun dicuci dengan aquademin PA kemudian dimasukkan ke *crucible* 250 mL, dioven selama 24 jam dengan suhu 80⁰C hingga kering. Setelah itu, daun kering dipanaskan dengan *furnace* dengan suhu 700⁰C selama 3 jam untuk dikarbonasi. Selanjutnya, karbon dihaluskan dengan mortar dan alu hingga menjadi serbuk. Lalu diayak menggunakan *Sieve* 25 μm (No. 500), dan siap digunakan sebagai bioadsorben (Yegeneh dkk., 2019).

3.2.2 Karakterisasi Bio-Adsorben

Hasil adsorben dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengidentifikasi gugus fungsi

3.2.2.1 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisa FTIR digunakan untuk menganalisis gugus fungsi pada Bio-Adsorben. Sebelum dikarakterisasi, Bio-Adsorben dicampur dengan KBr dengan perbandingan 1:9. Campuran digerus hingga halus dan merata. Campuran kemudian dimasukkan dalam *press holder* dan ditekan dengan penekan hidrolik hingga terbentuk pelet. Selanjutnya, pelet diletakkan pada *sample holder* untuk dikarakterisasi pada bilangan gelombang 400 hingga 4000 cm^{-1} . Hasil karakterisasi yang diperoleh berupa data kurva antara bilangan gelombang dan transmittan (Abshirini dkk., 2018).

3.2.3 Pembuatan Larutan Induk Remasol Biru 1000 ppm

Pewarna remasol biru ditimbang sebanyak 0,250 g menggunakan neraca analitik, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL. Aqua DM ditambahkan sampai tanda batas dan dihomogenkan.

3.2.4 Pembuatan Larutan Kerja Remasol Biru 100 ppm

Larutan induk remasol biru sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 1 L, kemudian ditambahkan aqua DM sampai tanda batas dan dihomogenkan.

3.2.5 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Remasol Biru

Larutan kerja remasol biru 100 ppm diukur absorbansi maksimumnya pada panjang gelombang 400-800 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan aqua DM sebagai blanko (Abshirini dkk., 2018).

3.2.6 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Remasol Biru

Larutan induk remasol biru 100 ppm diencerkan menjadi 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80 dan 90 ppm dalam labu ukur 10 mL. Masing-masing variasi konsentrasi kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 595 nm (panjang gelombang maksimum remasol biru yang telah didapatkan), kemudian diplot masing-

masing variasi konsentrasi terhadap absorbansi yang diperoleh untuk membuat kurva kalibrasi larutan remasol biru (Abshirini dkk., 2018).

3.2.7 Penentuan Waktu Kontak Adsorpsi Optimum

Adsorben *Ziziphus spina-christi* ditimbang sebanyak 40 mg menggunakan neraca analitik, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL. Larutan remasol biru 100 ppm dipipet sebanyak 20 mL menggunakan pipet ukur, kemudian ditambahkan ke dalam gelas kimia yang telah berisi adsorben *Ziziphus spina-christi*. Campuran tersebut diaduk selama 10 menit menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 450 rpm, kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan campuran dengan adsorben *Ziziphus spina-christi*. Filtrat diambil dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum pewarna menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Aqua DM digunakan sebagai blanko untuk mengukur absorbansi remasol biru. Perlakuan tersebut diulangi sebanyak 2 kali untuk mendapatkan data triplo. Perlakuan dilakukan dengan cara yang sama untuk variasi waktu lainnya yaitu 20, 30, 40, 45 dan 50 menit (Abshirini dkk., 2018).

3.2.8 Penentuan Dosis Adsorben Adsorpsi Optimum

Adsorben *Ziziphus spina-christi* ditimbang sebanyak 20 mg menggunakan neraca analitik, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL. Larutan remasol biru 100 ppm dipipet sebanyak 20 mL menggunakan pipet ukur, kemudian ditambahkan ke dalam gelas kimia yang telah berisi adsorben *Ziziphus spina-christi*. Campuran tersebut diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 450 rpm selama 45 menit (waktu kontak optimum yang telah diperoleh sebelumnya). Campuran yang telah diaduk kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan campuran dengan adsorben *Ziziphus spina-christi*. Filtrat diambil dan diukur absorbansi masing-masing pewarna dalam campuran pada panjang gelombang maksimum pewarna menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan dilakukan dengan cara yang

sama untuk variasi massa adsorben lainnya yaitu 25; 30; 35; 40; 45; 50; dan 55 mg (Abshirini dkk., 2018).

3.2.9 Penentuan Konsentrasi Awal Adsorpsi Optimum

Larutan remasol biru 30 ppm dipipet sebanyak 20 mL menggunakan pipet ukur, kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL dan ditambahkan bio-adsorben *Ziziphus spina-christi* sebanyak 45 mg (massa adsorben optimum yang telah diperoleh sebelumnya). Campuran diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 450 rpm selama 45 menit (waktu kontak optimum yang telah diperoleh sebelumnya). Campuran yang telah diaduk kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman untuk memisahkan campuran dengan adsorben *Ziziphus spina-christi*. Filtrat diambil dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum pewarna menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan dilakukan dengan cara yang sama untuk variasi konsentrasi awal lainnya yaitu 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 dan 110 ppm (Abshirini dkk., 2018).

3.2.10 Penentuan pH Adsorpsi Optimum

Larutan kerja remasol biru 100 ppm diukur pH-nya menggunakan pH meter. Larutan kerja remasol biru 100 ppm dipipet sebanyak 20 mL menggunakan pipet ukur, ditambahkan HCl atau NaOH untuk mengatur nilai pH 1 dengan bantuan pH meter. Sebanyak 45 mg (massa adsorben optimum yang telah diperoleh sebelumnya) kemudian dilakukan adsorpsi. Larutan pewarna diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 450 rpm selama 45 menit (waktu kontak optimum yang telah diperoleh sebelumnya). Larutan yang telah diaduk kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan larutan pewarna dengan adsorben *Ziziphus spina-christi*. Filtrat diambil dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum pewarna menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Perlakuan dilakukan dengan cara yang sama untuk variasi pH lainnya yaitu 2, 4, 6, 8, 10 dan 12 (Abshirini dkk., 2018).

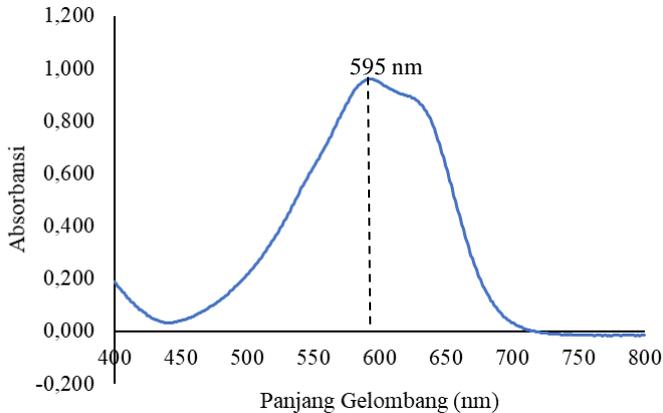
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Remasol Biru

Tahap awal pada penelitian ini adalah penentuan panjang gelombang maksimum zat warna sintesis remasol biru. Panjang gelombang maksimum dipilih untuk mengetahui pada serapan berapa zat yang dibaca oleh spektrofotometer UV-Vis secara optimum. Pada prinsipnya, untuk mengetahui besarnya serapan oleh larutan yang bukan analat digunakan blanko. Blanko sendiri memiliki pengertian yaitu larutan yang berisi selain komponen yang akan dianalisis (Torowati dkk., 2014). Blanko yang digunakan pada penelitian ini adalah air DM. Air DM dipilih karena memenuhi syarat sebagai pelarut yang baik yaitu mampu melarutkan sampel dengan sempurna, tidak mengandung ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur molekulnya, tidak berwarna, dan memiliki kemurnian yang tinggi (Khotimah dkk., 2017).

Pengukuran panjang gelombang maksimum dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Genesys 10S) pada rentang panjang gelombang 400-800 nm (Amin, 2017). Pengukuran ini bertujuan agar dapat memperoleh panjang gelombang maksimum masing-masing pewarna yang dapat digunakan untuk pengukuran absorbansi pada tahap selanjutnya. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan diperoleh data berupa nilai absorbansi dan panjang gelombang untuk larutan remasol biru yang diukur. Hasil pengukuran berupa kurva hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang remasol biru digambarkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Kurva panjang gelombang maksimum larutan remasol biru 100 ppm

Gambar 4.1 menunjukkan panjang gelombang pewarna remasol biru adalah 595 nm. Panjang gelombang maksimum yang dihasilkan tersebut memiliki persamaan dengan panjang gelombang maksimum pada penelitian-penelitian sebelumnya yang juga menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Panjang gelombang larutan remasol biru berdasarkan penelitian Amin (2017) adalah sebesar 595 nm.

4.2 Kurva Kalibrasi

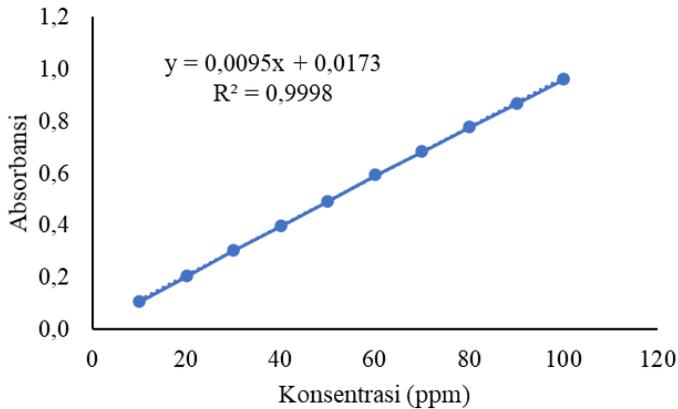
Kurva kalibrasi dibuat dengan mengukur nilai absorbansi larutan remasol biru dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 ppm. Nilai absorbansi yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.1. Selanjutnya nilai absorbansi yang diperoleh tersebut diplot terhadap konsentrasi larutan standar dimana nilai absorbansi sebagai sumbu y dan konsentrasi larutan standar sebagai sumbu x, sehingga dapat diperoleh kurva kalibrasi larutan remasol biru (Skoog dan West, 2013). Kurva kalibrasi larutan remasol biru yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.2 dengan persamaan regresi linier dan nilai koefisien regresinya.

Persamaan regresi linier yang dihasilkan dari kurva kalibrasi tersebut menunjukkan hubungan antara absorbansi (sumbu y) dan

juga konsentrasi larutan standar masing-masing pewarna (sumbu x) dalam persamaan $y = bx + c$. Persamaan regresi linier yang dihasilkan dari kurva kalibrasi tersebut adalah $y = 0,0095x + 0,0173$. Persamaan regresi tersebut dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi pewarna, dimana konsentrasi pewarna sebagai x, nilai absorbansi sebagai y, b merupakan *slope*, dan c merupakan intersep.

Tabel 4. 1 Data absorbansi larutan remasol biru

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
10	0,107
20	0,205
30	0,305
40	0,398
50	0,494
60	0,593
70	0,684
80	0,778
90	0,869
100	0,962



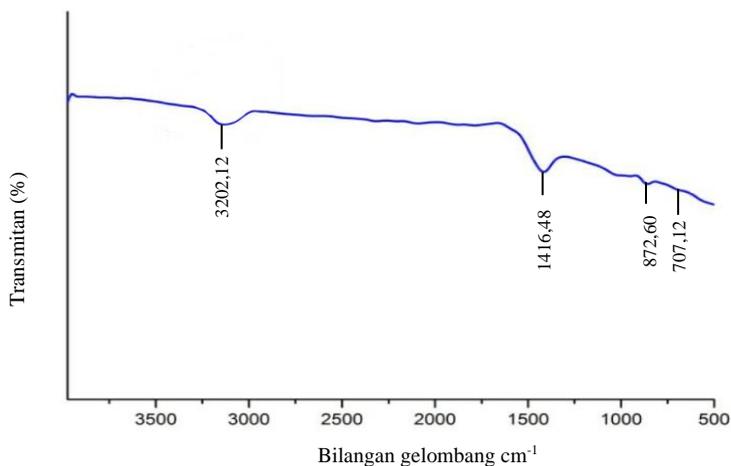
Gambar 4. 2 Kurva kalibrasi larutan remasol biru

Koefisien regresi (R^2) yang diperoleh sebesar 0,9998 artinya terdapat hubungan yang linear antara variabel bebas x (konsentrasi) dengan variabel y (absorbansi). Nilai koefisien korelasi yang mendekati satu menunjukkan bahwa kurva regresi yang dibuat memiliki tingkat kesalahan yang kecil dan sangat baik untuk standar pengukuran dalam dekolorisasi sampel zat warna (Febiyanto dkk., 2016).

4.3 Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) yang telah dikarbonasi. Karakterisasi FTIR dilakukan pada rentang bilangan gelombang 400 cm^{-1} hingga 4000 cm^{-1} . Karakterisasi dengan FTIR didasarkan pada penyerapan radiasi inframerah oleh suatu molekul pada energi (frekuensi) tertentu sehingga menyebabkan inti-inti atom untuk bervibrasi dan terjadi perubahan momen dipol. Spektrum FTIR suatu material ditampilkan dalam bentuk kurva bilangan gelombang (cm^{-1}) terhadap transmitan (%).

Hasil karakterisasi dengan FTIR ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Spektra FTIR *Ziziphus spina-christi*

Analisa menggunakan FTIR ini dilakukan pada panjang gelombang 4000-400 cm^{-1} . Spektra FTIR *Ziziphus spina-christi* berdasarkan Gambar 4.3 memiliki puncak karakteristik pada bilangan gelombang 3202,12 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus -OH *stretching*. Pita serapan pada bilangan gelombang 1416,48 cm^{-1} dikaitkan dengan pembentukan gugus fungsi oksigen seperti pada ikatan konjugasi C=O pada gugus karboksilat. Puncak pada daerah 872,60 cm^{-1} merupakan gugus C=C *bending*. Dan puncak pada daerah 707,12 cm^{-1} disebabkan oleh S=O *stretching*.

Tabel 4. 2 Perbandingan indikasi gugus fungsi pada adsorben *Ziziphus spina-christi* dari hasil penelitian dan literatur

Bilangan Gelombang (cm^{-1})		Gugus Fungsi
Penelitian	Referensi	
3202,12	3420	-OH <i>stretching</i>
1416,48	1427	C=O
872,60	873	C=C <i>bending</i>
707,12	711	S=O <i>stretching</i>

(Abshirini dkk., 2018)

4.4 Studi Adsorpsi

Adsorpsi pada penelitian ini dilakukan dengan metode *batch* menggunakan adsorbat yang berupa larutan remasol biru dengan adsorben berupa daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) yang telah dikarbonasi. Pewarna yang digunakan dalam penelitian ini bukan merupakan pewarna P.A (*pro analysis*) yang memiliki kemurnian yang tinggi, hal ini dikarenakan penelitian ini menyesuaikan dengan jenis pewarna yang digunakan di Rumah Batik Putat Jaya. Pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi adsorpsi optimum (variasi waktu kontak, variasi massa adsorben, variasi konsentrasi awal, dan pH) dari remasol biru menggunakan adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) yang telah dikarbonasi, sehingga dapat memudahkan proses pengolahan limbah pewarna di Industri Batik Putat Jaya.

Proses adsorpsi dilakukan dengan volume adsorbat 20 ml dengan kecepatan pengadukan 450 rpm. Proses adsorpsi dilakukan dengan pengulangan sebanyak dua kali (triplo) dengan standar deviasi $< 2\%$ untuk menunjukkan bahwa prosedur yang dilakukan telah presisi (Harmita, 2004). Setelah proses adsorpsi selesai dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan campuran dengan adsorben. Proses pemisahan ini mengakibatkan terdapatnya beberapa pewarna yang menempel di permukaan kertas saring, sehingga nilai konsentrasi akhir dan %dekolorisasi yang dihasilkan akan sedikit dipengaruhi oleh peristiwa menempelnya pewarna pada permukaan kertas saring.

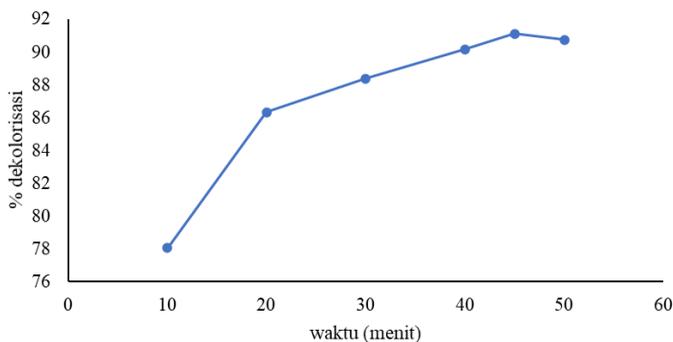
4.4.1 Penentuan Waktu Kontak Adsorpsi Optimum

Variasi waktu kontak adsorpsi dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak yang diperlukan selama adsorpsi dan juga untuk mendapatkan waktu optimum adsorpsi remasol biru. Waktu kontak merupakan salah satu faktor penting dalam adsorpsi, dimana semakin lama waktu diberikan maka akan semakin banyak kontak yang terjadi antara adsorben dan adsorbat.

Variasi waktu kontak adsorpsi dilakukan pada 10, 20, 30, 40, 45 dan 50 menit dengan massa adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) yang telah dikarbonasi sebesar 40 mg, dengan

volume larutan remasol biru 20 ml dengan konsentrasi 100 ppm, dan kecepatan pengadukan 450 rpm. Penelitian dilakukan secara triplo yang menunjukkan standar deviasi kurang dari 2% sehingga prosedur yang dilakukan telah presisi.

Perhitungan konsentrasi akhir remasol biru dilakukan dengan memasukkan nilai absorbansi yang diperoleh dari pengukuran spektrofotometer UV-Vis ke dalam persamaan regresi linier yang diperoleh dari kurva kalibrasi. Perhitungan konsentrasi akhir dan %dekolorisasi remasol biru dapat dilihat pada Lampiran C. Data %dekolorisasi yang dihasilkan terhadap variasi waktu kontak ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Hubungan %dekolorisasi terhadap variasi waktu kontak adsorpsi

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa %dekolorisasi remasol biru terhadap variasi waktu kontak mengalami kenaikan pada menit ke-10 hingga menit ke-45. Peningkatan %dekolorisasi terhadap waktu kontak ini diakibatkan karena adsorben yang digunakan masih banyak memiliki sisi aktif, sehingga sisi aktif adsorben akan semakin banyak mengadsorpsi adsorbat dengan meningkatnya waktu kontak yang diberikan (Jayalakshmi dkk., 2014). Pada menit ke-50 terjadi penurunan %dekolorisasi terhadap waktu kontak, hal ini disebabkan karena seluruh sisi aktif dari adsorben telah jenuh oleh adsorbat sehingga menyebabkan terjadinya penurunan

adsorpsi dan terjadi desorpsi atau pelepasan kembali adsorbat yang telah diadsorpsi (Haironi dkk., 2018). Menurut Sinaga dkk., (2015), proses desorpsi terjadi akibat adsorben tidak mampu lagi menyerap adsorbat.

Penentuan waktu kontak optimum dalam proses adsorpsi menggunakan uji statistik berupa uji-t “*Paired Two Sample for Means*” antara dua waktu kontak sebelum dan sesudah waktu kontak yang diduga optimum. Uji-t dilakukan untuk menguji apakah pada masing-masing parameter adsorpsi yaitu waktu kontak pada 10 sampai 50 menit menghasilkan perbedaan %dekolorisasi rata-rata adsorpsi remasol biru. Pada uji statistik dibuat hipotesis dimana H_0 diterima apabila tidak terdapat perbedaan secara signifikan (terjadi jika $t_{hitung} < t_{kritis}$), sedangkan H_1 diterima apabila terdapat perbedaan secara signifikan (terjadi jika $t_{hitung} > t_{kritis}$). Uji-t *Paired Two Sample for Means* dilakukan pada waktu kontak adsorpsi 40, 45, dan 50 menit. Dari hasil uji-t didapatkan nilai t_{hitung} pada waktu kontak 40 dan 45 menit sebesar -11,47. Sedangkan, untuk waktu 45 dan 50 menit memberikan hasil nilai t_{hitung} sebesar 1,19 dengan nilai t_{kritis} yang sama yaitu 4,30. Hal ini membuktikan bahwa $t_{hitung} < t_{kritis}$ artinya antara data waktu kontak 35, 40, dan 45 menit tidak terdapat perbedaan signifikan (H_0 diterima). Sehingga, waktu kontak optimum yakni 45 menit dengan %dekolorisasi maksimum sebesar 91,11%. Hasil uji-t terlampir pada Lampiran D.

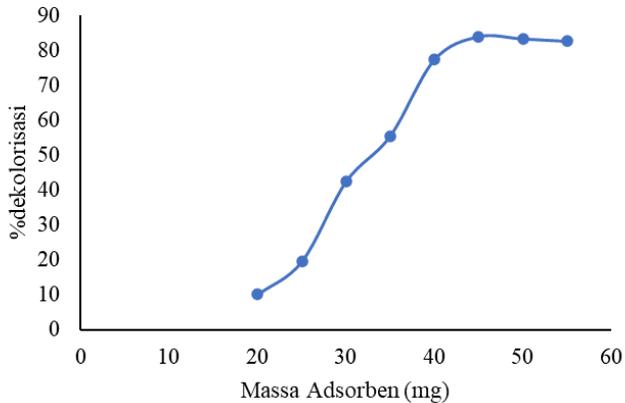
Penambahan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat selanjutnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan zat warna. Kapasitas adsorpsi (q_e) merupakan jumlah zat warna yang diadsorpsi per satuan massa adsorben. Kapasitas adsorpsi berbanding lurus dengan hasil %dekolorisasi. Kapasitas adsorpsi terus meningkat seiring bertambahnya waktu kontak sama halnya dengan %dekolorisasi. Berdasarkan nilai %dekolorisasi pada Gambar 4.4 tersebut, waktu kontak optimum adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) untuk mengadsorpsi remasol biru terjadi pada menit ke-45 dengan sebesar 91,11% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 45,35 mg/g.

4.4.2 Pengaruh Variasi Massa Adsorben

Variasi massa adsorben dilakukan untuk mengetahui pengaruh massa adsorben yang diperlukan sehingga dapat menghasilkan proses adsorpsi remasol biru yang optimum. Pengaruh variasi massa adsorben dapat memberikan gambaran kemampuan adsorpsi pewarna oleh adsorben dalam jumlah terkecil, sehingga dapat diketahui kemampuan adsorben dalam menyerap pewarna (Yagub dkk., 2014). Secara umum, %dekolorisasi adsorpsi pewarna akan meningkat dengan meningkatnya massa adsorben yang diberikan. Hal ini diakibatkan jumlah sisi aktif pada permukaan adsorben akan meningkat dengan meningkatnya jumlah massa (Yagub dkk., 2014).

Variasi massa adsorben dilakukan pada 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50 dan 55 mg dengan waktu kontak optimum yang telah diperoleh yaitu 45 menit, dengan volume larutan remasol biru 20 ml dengan konsentrasi 100 ppm, dan kecepatan pengadukan 450 rpm. Penelitian dilakukan secara triplo yang menunjukkan standar deviasi kurang dari 2% sehingga prosedur yang dilakukan telah presisi.

Perhitungan konsentrasi akhir remasol biru dilakukan dengan memasukkan nilai absorbansi yang diperoleh dari pengukuran spektrofotometer UV-Vis ke dalam persamaan regresi linier yang diperoleh dari kurva kalibrasi. Perhitungan konsentrasi akhir dan %dekolorisasi remasol biru dilihat pada Lampiran C. Hasil pengaruh variasi massa adsorben ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hubungan %dekolorisasi terhadap variasi massa adsorben

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa %dekolorisasi remasol biru terhadap variasi massa adsorben mengalami kenaikan pada massa adsorben 20 sampai 45 mg. Kenaikan %dekolorisasi tersebut diakibatkan karena penambahan massa adsorben yang semakin besar. Penambahan massa adsorben akan menyebabkan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben sehingga efisiensi penyerapan adsorbat juga akan meningkat (Nurhasni dkk., 2014). Pada massa adsorben 50 mg, %dekolorisasi sudah mulai mengalami penurunan sebesar 83,29%. Semakin banyak massa adsorben yang ditambahkan, maka luas permukaan juga akan bertambah, sehingga sisi aktif pada adsorben bertambah banyak untuk menyerap adsorbat dan efisiensi penyerapan sampai pada titik optimum. Penurunan %dekolorisasi ini diakibatkan disebabkan partikel adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) yang mengalami agregasi pada dosis lebih besar dan volume larutan yang tidak sesuai dengan porsinya sehingga menyebabkan penurunan luas permukaan pada adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) (Pathania dkk., 2013). Jika luas permukaan kecil maka adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) memiliki kemampuan yang kecil juga dalam mengadsorpsi zat zat warna remasol biru dalam larutan (Aljeboree dkk., 2017).

Penentuan massa adsorben optimum dalam proses adsorpsi menggunakan uji statistik berupa uji-t “*Paired Two Sample for Means*” antara dua massa adsorben sebelum dan sesudah massa adsorben yang diduga optimum. Uji-t dilakukan untuk menguji apakah pada masing-masing parameter adsorpsi yaitu massa adsorben 20 sampai 55 mg menghasilkan perbedaan %dekolorisasi rata-rata adsorpsi remasol biru. Pada uji statistik dibuat hipotesis dimana H_0 diterima apabila tidak terdapat perbedaan secara signifikan (terjadi jika $t_{hitung} < t_{kritis}$), sedangkan H_1 diterima apabila terdapat perbedaan secara signifikan (terjadi jika $t_{hitung} > t_{kritis}$). Uji-t *Paired Two Sample for Means* pada massa adsorben 45, 50, dan 55 mg. Dari hasil uji-t didapatkan nilai t_{hitung} pada massa adsorben 45 dan 50 mg sebesar 0,76. Sedangkan, untuk massa adsorben 50 dan 55 mg memberikan hasil nilai t_{hitung} sebesar 1,45 dengan nilai t_{kritis} yang sama yaitu 4,30. Hal ini membuktikan bahwa $t_{hitung} < t_{kritis}$ artinya antara data massa adsorben 45, 50, dan 55 mg tidak terdapat perbedaan signifikan (H_0 diterima). Sehingga, massa adsorben optimum yakni 45 mg dengan %dekolorisasi sebesar 83,92%. Hasil uji-t terlampir pada Lampiran D.

Pada penelitian ini juga dihitung kapasitas adsorpsi terhadap variasi massa adsorben. Kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 41,77 mg/g. Semakin banyak massa adsorben maka semakin turun kapasitas adsorpsi. Hal ini dikarenakan adsorpsi telah mencapai keadaan setimbang pada massa adsorben optimum, sehingga penambahan massa adsorben tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan dan menyebabkan sisi aktif menjadi tidak jenuh (Bernard dkk., 2013).

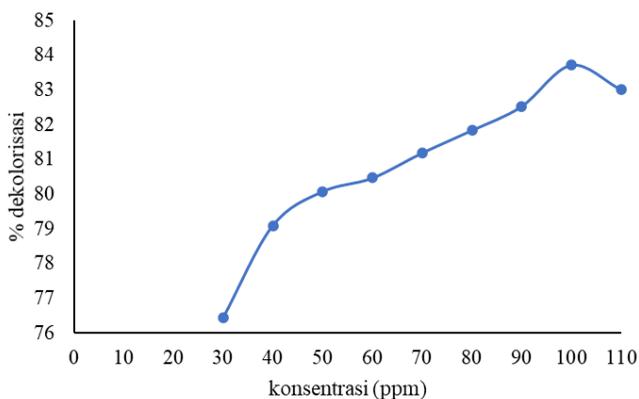
4.4.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal Remasol Biru

Variasi konsentrasi awal dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal yang dibutuhkan untuk mencapai adsorpsi optimum larutan. %dekolorisasi sangat tergantung pada konsentrasi awal pewarna. Konsentrasi awal pewarna tersebut berhubungan dengan sisi aktif adsorpsi yang tersedia pada permukaan adsorben. Secara umum, persentase pengurangan zat warna (%dekolorisasi) akan berkurang dengan peningkatan

konsentrasi awal pewarna yang disebabkan oleh kejenuhan sisi aktif adsorpsi pada permukaan adsorben (Yagub dkk., 2014).

Variasi konsentrasi dilakukan pada 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; dan 110 ppm dengan waktu kontak optimum yang telah diperoleh yaitu 45 menit, massa adsorben 45 mg, volume larutan remasol biru 20 ml, dan kecepatan pengadukan 450 rpm. Penelitian dilakukan secara triplo yang menunjukkan standar deviasi kurang dari 2% sehingga prosedur yang dilakukan telah presisi.

Perhitungan konsentrasi akhir remasol biru dilakukan dengan memasukkan nilai absorbansi yang diperoleh dari pengukuran spektrofotometer UV-Vis ke dalam persamaan regresi linier yang diperoleh dari kurva kalibrasi. Perhitungan konsentrasi akhir dan %dekolorisasi larutan dapat dilihat pada Lampiran C. Hasil pengaruh variasi konsentrasi awal larutan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Hubungan %dekolorisasi terhadap variasi konsentrasi

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa %dekolorisasi remasol biru terhadap variasi konsentrasi awal mengalami peningkatan pada konsentrasi 30 sampai 100 ppm, akan tetapi %dekolorisasi mengalami penurunan pada saat konsentrasi 110 ppm. Pada penelitian ini %dekolorisasi paling tinggi sebesar 83,64% pada konsentrasi 100 ppm. Sedangkan pada 110 ppm mengalami

penurunan %dekolorisasi sebesar 81,43%. Hal ini dikarenakan masing-masing pori pada adsorben mempunyai kekuatan afinitas yang berbeda. Pada konsentrasi kecil, peluang bertumbukan dengan adsorben lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih besar sehingga semakin besar konsentrasi maka peluang tumbukan menuju pori adsorben juga semakin besar.

Penentuan konsentrasi awal larutan optimum dalam proses adsorpsi menggunakan uji statistik berupa uji-t “*Paired Two Sample for Means*” antara konsentrasi sebelum atau sesudah konsentrasi awal yang diduga optimum. Uji-t dilakukan untuk menguji apakah pada masing-masing parameter adsorpsi yaitu konsentrasi awal larutan 30 sampai 110 ppm menghasilkan perbedaan %dekolorisasi rata-rata adsorpsi remasol biru. Hasil uji-t terlampir pada Lampiran D. Pada uji statistik dibuat hipotesis dimana H_0 diterima apabila tidak terdapat perbedaan secara signifikan (terjadi jika $t_{hitung} < t_{kritis}$), sedangkan H_1 diterima apabila terdapat perbedaan secara signifikan (terjadi jika $t_{hitung} > t_{kritis}$). Uji-t *Paired Two Sample for Means* pada konsentrasi larutan awal 100 dan 110 ppm. Dari hasil uji-t didapatkan nilai t_{hitung} pada konsentrasi awal larutan 100 dan 110 ppm sebesar 1,10 dengan nilai t_{kritis} 4,30. Hal ini membuktikan bahwa $t_{hitung} < t_{kritis}$ artinya antara data konsentrasi awal larutan 100 dan 110 ppm tidak terdapat perbedaan signifikan (H_0 diterima). Sehingga, konsentrasi awal larutan yang optimum yaitu pada 100 ppm dengan %dekolorisasi 83,71%.

Pada penelitian ini juga dihitung kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 41,93 mg/g. Kapasitas adsorpsi mengalami peningkatan sampai pada konsentrasi 110 ppm. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi yang tinggi, jumlah kapasitas zat yang diadsorp semakin besar. Oleh karena itu, dihasilkan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 41,93 mg/g pada konsentrasi awal 110 ppm.

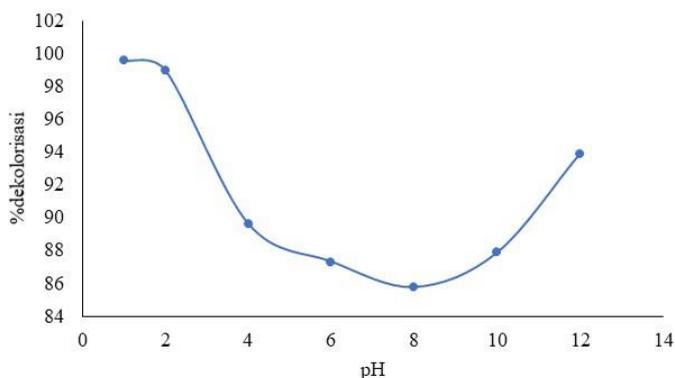
4.4.4 Pengaruh Variasi pH Remasol Biru

Salah satu hal yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah pH. pH berpengaruh terhadap pengukuran absorbansi. Pengaruh pH

larutan bertujuan untuk mencapai adsorpsi optimum larutan remasol biru oleh adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spinachristi*). pH larutan yang dikondisikan berkisar pada pH 7 yakni pH netral tanpa penambahan larutan lain.

Variasi pH adsorpsi dilakukan pada pH 1, 2, 4, 6, 8, 10 dan 12, pada waktu kontak optimum 45 menit, massa adsorben optimum yaitu 45 mg, serta pada konsentrasi awal 100 ppm, dengan volume tetap 20 mL. Penelitian dilakukan secara triplo yang menunjukkan standar deviasi kurang dari 2% sehingga prosedur yang dilakukan telah presisi.

Perhitungan konsentrasi akhir remasol biru dilakukan dengan memasukkan nilai absorbansi yang diperoleh dari pengukuran spektrofotometer UV-Vis ke dalam persamaan regresi linier yang diperoleh dari kurva kalibrasi. Perhitungan konsentrasi akhir dan %dekolorisasi larutan dapat dilihat pada Lampiran C. Hasil pengaruh variasi konsentrasi awal larutan dapat ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Hubungan %dekolorisasi terhadap variasi pH

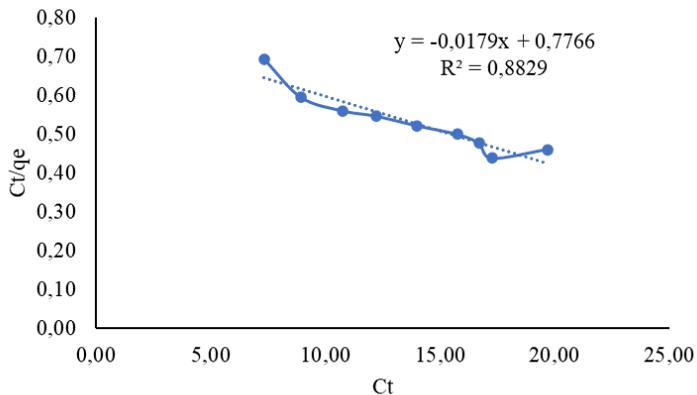
Gambar 4.7 menunjukkan bahwa %dekolorisasi cenderung mengalami peningkatan disekitar pH basa kuat maupun asam kuat. Ketika pH larutan di bawah 7 permukaan adsorben didominasi oleh muatan negatif, sedangkan ketika pH larutan di atas 7 permukaan adsorben akan bermuatan positif sehingga kondisi permukaan

adsorben menjadi lebih baik untuk adsorpsi zat warna anionik. Pada Gambar 4.7, perubahan hasil yang diperoleh tidak berbeda secara signifikan. Hal ini dikarenakan adsorben selain memiliki gugus karboksil (COOH) juga terdapat gugus hidroksil (OH⁻) yang melimpah. %dekolorisasi mengalami kenaikan pada pH 1 dan 12 yakni sebesar 99,57% dan 93,90%. Kapasitas adsorpsi maksimum pada pH 1 sebesar 49,68 mg/g. Pewarna anionik dapat meningkatkan %dekolorisasi pada suasana asam. Hal ini dikarenakan jumlah ion H⁺ pada larutan menjadi lebih banyak dan memprotonasi gugus OH⁻ pada adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) yang sudah dikarbonasi yang kemudian berperan dalam proses adsorpsi melalui interaksi *van der waals*. Pada larutan encer zat warna akan terlarut dan terdisosiasi membentuk anion berupa gugus sulfonat (-SO₃⁻). Gugus sulfonat terdisosiasi (-SO₃⁻) akan berikatan dengan H₂O⁺ dari adsorben dan menyebabkan anion gugus sulfonat tertarik ke permukaan adsorben (Irawati dkk., 2018).

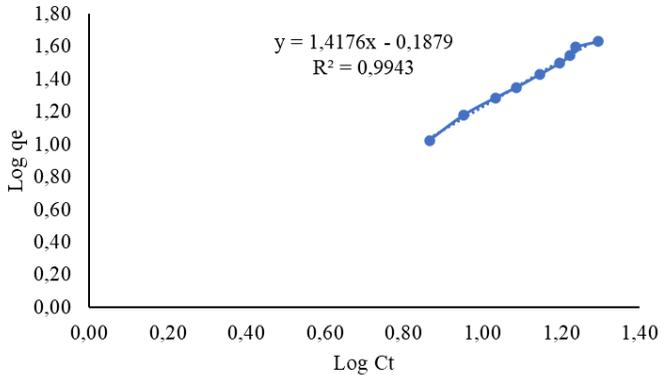
Pada kondisi basa masih mengalami proses adsorpsi dan mengalami peningkatan hingga pH 12, namun %dekolorisasi lebih rendah dibandingkan pada kondisi asam. Pada nilai pH yang lebih tinggi, permukaan adsorben menjadi bermuatan negatif dan tidak mendukung adsorpsi zat warna anionik karena akan mengakibatkan terjadinya tolakan elektrostatis antara zat warna dengan permukaan adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) yang juga bermuatan negatif sehingga adsorpsi yang terjadi relatif rendah. Namun, interaksi dispersi π - π antara adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) yang sudah dikarbonasi dan molekul remasol biru masih dapat terjadi (Zhu dkk., 2005). Hal ini sesuai dengan penelitian Kamal (2009), dimana proses adsorpsi zat warna anionik oleh karbon aktif terjadi pada nilai pH basa optimal 11 akibat terjadinya kesetimbangan antara zat warna dengan ion hidroksil didalam larutan. Adsorpsi tinggi pada pH asam dikarenakan meningkatnya protonasi oleh penetralan muatan negatif dari permukaan adsorben sehingga memudahkan proses difusi pada adsorben (Nasution dkk., 2015).

4.5 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Mekanisme perubahan konsentrasi adsorbat dalam proses adsorpsi dapat dipelajari dengan menentukan model isoterm adsorpsi. Pengujian model kesetimbangan dilakukan untuk menentukan model kesetimbangan yang sesuai digunakan pada suatu penelitian. Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan dengan merubah persamaan isoterm langmuir dan freundlich menjadi kurva kesetimbangan garis lurus. Penentuan model kesetimbangan tergantung pada harga koefisien determinan (R^2) dengan harga yang tinggi. Kesetimbangan adsorpsi merupakan suatu penjabaran matematika suatu kondisi isotermal yang khusus untuk setiap adsorben (Sanjaya dkk., 2015). Model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich pada remasol biru dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4. 8 Kurva isoterm Langmuir



Gambar 4. 9 Kurva isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich berlaku berdasarkan pada adsorpsi fisika atau fisisorpsi dan membentuk lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*). Adsorpsi fisika terjadi karena gaya *Van der Waals* dimana ketika gaya tarik molekul antara adsorbat dan permukaan adsorben lebih besar dan adsorbat akan diadsorpsi oleh permukaan adsorben. Akibatnya adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak menuju permukaan yang lain. Semakin besar luas permukaan, maka semakin banyak adsorbat yang melekat pada permukaan adsorben (Adinata, 2013). Pada penelitian ini menggunakan model isotherm Freundlich karena memiliki harga koefisien determinan (R^2) yang lebih tinggi yakni 0,9943.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* menggunakan adsorben daun bidara arab (*Ziziphus spina-christi*) optimum pada waktu kontak 45 menit, massa adsorben 45 mg, konsentrasi awal larutan 100 ppm dan pada pH 1 dengan %dekolorisasi masing-masing sebesar 91,11%; 83,92%; 83,71%; dan 99,57%. Persentase dekolorisasi maksimum yang didapatkan dari proses adsorpsi yaitu sebesar 99,57% dengan kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 49,68 mg/g. Pada penelitian ini tipe isotherm yang sesuai adalah Freundlich dengan nilai R^2 sebesar 0,9943 yang menunjukkan adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian ini selanjutnya dapat diaplikasikan untuk pengolahan limbah zat warna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* di Rumah Batik Putat Jaya, Surabaya sebelum dibuang ke lingkungan. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu melakukan pengolahan limbah pewarna industri batik dengan menggunakan metode lain dan adsorben jenis lain yang lebih efisien dan efektif.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abshirini, Y., Foroutan, R., & Hosseine, E. (2018). Cr (VI) removal from aqueous solution using activated carbon prepared from *Ziziphus spina-christi* leaf. *Materials Research Express*, 1-37.
- Adinata, M. (2013). *Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang sebagai Karbon Aktif, Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Pembagunan Nasional.
- Adzu, B., & Haruna, A. K. (2007). Studied on the use *Ziziphus spina-christi* against pain in rats and mice. *Afr. J. Bioetchnol*, 6(11), 1317-1324.
- Aljeboree, A. M., Alshirifi, A. N., & Alkaim, A. F. (2017). Kinetics and equilibrium study for the adsorption of textile dyes on coconut shell activated carbon. *Arabian J. Chem*, 10, 3381-3393.
- Allan, A. E. (2012). *Ziziphus spina-christi "Christ's Thorn" : In vitro Callus and Cell Culture, Qualitative Analysis of Secondary Metabolites and Bioassay*. Palestine: Palestine Polytechnic. University Deanship of Higher Studies and Scientific Research.
- Amin, I. Z. (2017). *Uji Dekolorisasi Remazol Brilliant Blue R (RBBR) oleh Enzim Ligninolitik Diproduksi dari InaCC Jamur F114 (Pleurotus Ostreatus) dan Jamur Shiitake (Lentinula Edodes) dengan Metode Solid-State Fermentation, Skripsi*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Apriliani, A. 2. (2010). *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air*

Limbah, Skripsi. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Atkins, P. (1999). *Kimia Fisika 2*. Jakarta: Erlangga.

Barwick, V. (2003). *Preparation of Calibration Curves, Valid Analytical Measurement*. LGC Limited.

Bashanaini, M. S., Al-Douh, M., & Al-Ameri, H. S. (2019). Removal of Malachite Green Dye from Aqueous Solution by Adsorption Using Modified and Unmodified Local Agriculture Waste. *Science Journal of Analytical Chemistry*, 7(2), 42-56.

Bernard, E., & Jimoh, A. (2013). Adsorption of Pb, Cu, Zn From Industrial Electroplating Wastewater by Orange Peel Activated Carbon. *International Journal of Engineering and Applied Science*, 4(2), 95-103.

Bird, T. (1985). *Physical Chemistry*. Jakarta: Gramedia.

Castellan, G. W. (1982). *Physical Chemistry*. London: Addison Wely Publishing Company.

Costa, C. R., Montilla, F., & Olivi, P. (2010). Electrochemical oxidation of synthetic tannery wastewater in chloride free aqueous media. *Journal of Hazardous Materials*, 180(1-3), 429-435.

Crini, G., Lichtfouse, E., Wilson, L., & Morin-Crini, N. (2018). Adsorption-oriented processes using conventional and non-conventional adsorbents for wastewater treatment. Green Adsorbents for. *Environmental Chemistry for a Sustainable World*, 18, 23-71.

Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. P Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK).

- Embaby, M. S., Elwany, S. D., Setyaningsih, W., & Saber, M. R. (2018). The adsorptive properties of UiO-66 towards organic dyes : A record adsorption capacity for the anionic dye Alizarin Red S. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 26(4), 731-739.
- Febiyanto, Soleh, A., & Afif, M. (2016). Elektrokolorisasi Limbah Cair Zat Warna Batik Dengan Memanfaatkan Batang Karbon Dari Limbah Baterai Bekas. *Jurnal MIPA*, 31(4), 135-142.
- Franck, C. L. (1995). *Toksikologi Dasar* (Edisi Kedua ed.). Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Goyal, M., Ghosh, M., Nagori, B. P., & Sasmal, D. (2013). Analgesic and anti-inflammatory studies of cyclopeptide alkaloid fraction of leaves of *Zizyphus nummularia*. *Saudi J. Biol. Sci*, 20, 365-371.
- Griffiths, P. R. (1975). *Chemical Infrared Fourier Transform Spectroscopy*. US: John Wiley & Sons.
- Haironi, Kurniawati, L., & Ismillayli, N. (2018). *Aplikasi Kitosan Teraktivasi Asam Askorbat Sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Yellow*, Skripsi. Mataram: Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram.
- Harjono, S. (1992). *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Yogyakarta: Liberty.
- Harmita. (2004). Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(3), 117-135.
- Hashem, A., Al-Anwar, A., Nagy, N. M., Hussein, D. M., & Eisa, S. (2016). Isotherms and kinetic studies on adsorption of

- Hg(II) ions onto *Ziziphus spina-christi* L. from aqueous solutions. *Green Process Synth*, 213-224.
- Heyne, K. (1987). *Tumbuhan Berguna Indonesia* (Jilid 3 ed.). Jakarta: Sarana Wana Jaya.
- Irawati, H. A. (2018). *Adsorpsi Zat Warna Kristal Violet Menggunakan Limbah Kulit Singkong (Manihot esculenta)*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Irvan, R. (2004). *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Jayalakshmi, L., Devadoss, Ananthakumar, K., & Kanthimanthi. (2014). Adsorption Efficiency of Natural Clay towards the Removal of Naphthol Green Dye from the Aqueous Solution: Equilibrium and Kinetic Studies. *International Research Journal of Environment*, 3(5).
- Josefa, S. M., & Oliveira, E. D. (2003). Heavy metals removal in industrial effluents by sequential adsorption treatment. *Journal of Environment*, 7, 263-272.
- Kamal, N. (2009). Pemakaian Adsorben Karbon Aktif Dalam Pengolahan Limbah Industri Batik. *Jurnal Teknologi Kimia*, 77-80.
- Kant, R. (2012). Adsorption of Dye Eosin From an Aqueous Solution On Two Different Samples Of Activated Carbon By Static Batch Method. *Journal of Water Resource*, 4(2), 93-98.
- Khani, R., Roostaei, B., Bagherzade, G., & Moudi, M. (2018). Green synthesis of copper nanoparticles by fruit extract of *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd.: Application for adsorption of triphenylmethane dye and antibacterial assay. *Journal of Molecular Liquids*, 255, 541-549.

- Khotimah, H., Anggraeni, E. W., & Setianingsih, A. (2017). Karakteristik Hasil Pengolahan Air Menggunakan Alat Destilasi. *Journal Chemurgy*, 01(2), 34-38.
- Kusuma, D. P., Wiratini, N. M., & Wirama, L. (2014). Isoterm Adsorpsi Cu²⁺ Oleh Biomassa Rumput Laut (*Eucheuma Spinosum*). *Jurusan Pendidikan Kimia*, 2.
- Langmuir, I. (1918). The Adsorption of Gases on Plane Surfaces of Glass, Mica and Platinum. *J. Am. Chem. Soc.*, 1361–1403.
- Li, Y., Zhou, K., He, M., & Yao, J. (2016). Microporous and Mesoporous Materials Synthesis of ZIF-8 and ZIF-67 using mixed-base and their dye adsorption. 234, 287-292.
- Loebenstein, W. V. (1962). Batch Adsorption From Solution. *Journal of Research of The National Bureau of Standards- A Physics and Chemistry*, 66A(6).
- Malik, D. J., Strelko, J. V., Streat, M., & Puziy, A. M. (2002). Characterization of Novel Modified Active Carbons and Marine Algal Biomass for the Selective Adsorption of Lead. *Journal of Water Resource*, 36, 1527-1538.
- Montolalu, C., & Langi, A. (2018). Pengaruh Pelatihan Dasar Komputer dan Teknologi Informasi bagi Guru-Guru dengan Uji-t Berpasangan (Paired Sample T-Test). *Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 7(1).
- Mufrodi, Z., Widiastuti, N., & Kardika, R. C. (2008). *Adsorpsi Zat Warna Tekstil dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan.

- Nasution, A. N., Amrina, Y., Zein, R., Azis, H., & Munaf, E. (2015). Biosorption characteristics of Cd(II) ions using herbal plant of mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*). *Journal of Chem and Pharm. Res*, 7(7), 189-196.
- Nguyen, T., Ngo, H. H., Guo, W. S., Zhang, J., Liang, S., Yue, Q. Y., & Nguyen, T. (2013). Applicability of agricultural waste and by-products for adsorptive removal of heavy metals from wastewater. *Bioresource Technology*, 148, 574.
- Nurfitriyani, A. W. (2013). Penentuan Efisiensi Penyisihan Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) dengan Adsorpsi Menggunakan Tempurung Kelapa Secara Kontinyu. *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 1(2).
- Nurhasni., H. N. (2014). *Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah*, Skripsi. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Nwabanne, J. T. (2008). Kinetics and Equilibrium Modeling of Adsorption By Cassava Peel. *J. of Engineering and Applied Sciences*, 829-834.
- Pathania, D. S. (2013). Removal Of Methylen Blue By Adsorption Onto Activated Carbon Developed From *Ficus carica bast*. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, 1445-1451.
- Pelegriani, R. P. (1999). Electrochemically Assisted Photocatalytic Degradation of Reactive Dyes. *Applied Catalysis B: Environmental*, 22, 83-90.
- Rakhmawati, E. (2007). *Pemanfaatan Kitosan Hasil Deasetilasi Kitin Cangkang Bekicot Sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Yellow*, Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

- Rashidi, F. S. (2010). Kinetic equilibrium and thermodynamic studies for the removal of lead (II) and copper (II) ions from aqueous solutions by nanocrystalline TiO₂. *Superlattices and Microstructures*, 557-591.
- Remini D., M. F. (2016). Effect of Ocular Movemnet during Eye Movement Desensitization and Reprocessing (EMDR) Therapy : A Near-Infrared Spectroscopy Study. *Pubmed*, 11(10).
- Sanjaya, A. d. (2015). Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif dari Kulit Pisang. *J.Konversi*, 4(1), 17-24.
- Saprykina, M. (2012). A New Design of the Electrocoagulation Apparatus for Removal of Micromycetes from Water. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 34(5), 240-245.
- Sinaga, R. S. (2015). Adsorpsi Seng (II) Oleh Biomassa Azolla microphylla Diesterifikasi dengan Asam Sitrat : Kajian Desorpsi Menggunakan Larutan HCl . *Kimia Student Journal*, 1, 629-635.
- Skoog, D. W. (2013). *Fundamentals of Analytical Chemistry* (Ninth Edition ed.). Brooks/Cole, Cengage Learning.
- Srivastava, V. C. (2005). Removal of Congo Red from Aqueous Solution by Bagasse Fly Ash and Activated Carbon: Kinetic Study and Equilibrium Isotherm Analyses. *Chemosphere*, 492-500.
- Steenis, V. C. (2005). *Flora*. Bandung: PT. Pradnya Paramita.
- Strathmann, H. K. (2013). The Formation Mechanism of Asymmetric Membranes. *Desalination*, 16, 179-203.

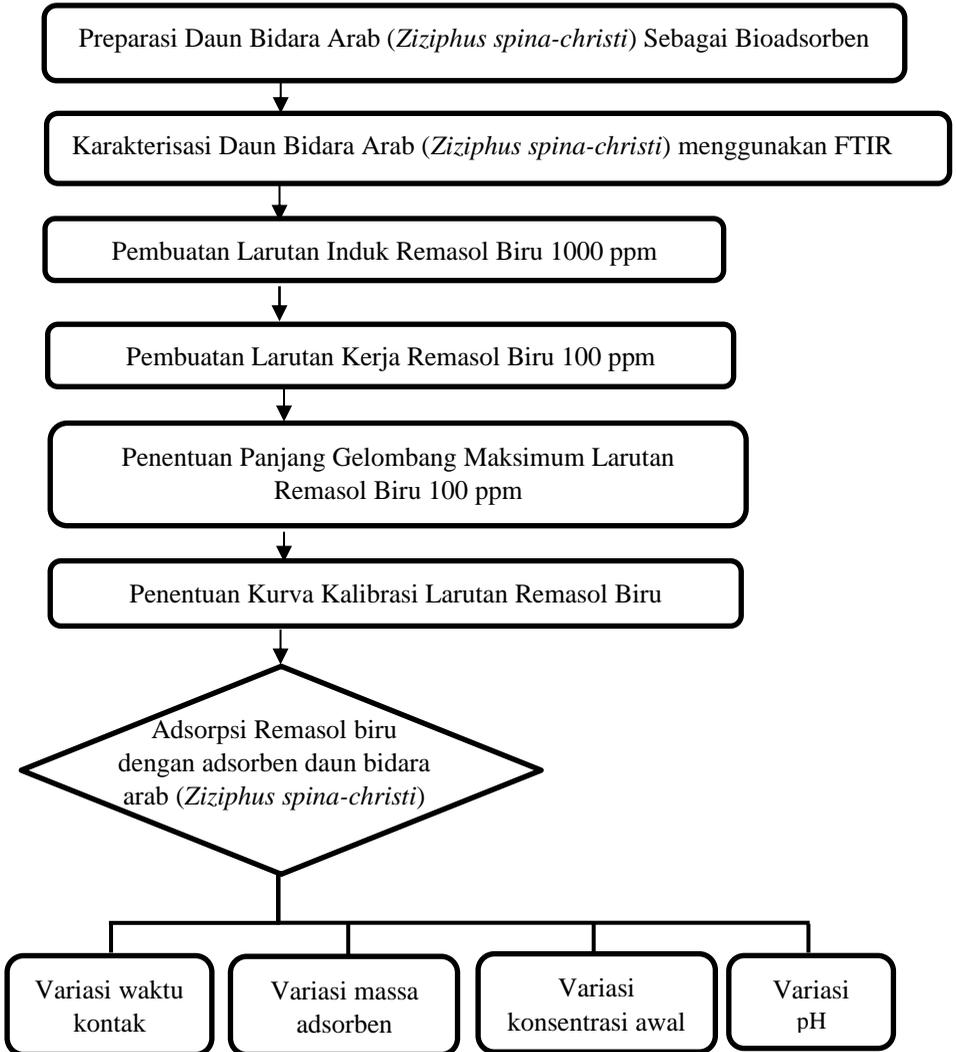
- Subarman, S. A. (2011). *Optimalisasi Biosorpsi terhadap Kalsium (Ca) dengan Menggunakan Metode Batch, Skripsi*. Makassar: UIN Alauddin Makassar.
- Suparno. (2010). *Degradasi Zat Warna Indigosol dengan Metode Oksidasi Katalitik Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi dan Ozonasi, Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Tahid. (1994). *Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier No II Th VIII*. Bandung: Warta Kimia Analitis.
- Torowati, G. B. (2014). *Penentuan Nilai Limit Deteksi dan Kuantitasi Alat Titrasi Potensiometer Untuk Analisis Uranium*. Serpong: Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Puspitek.
- Trevino, A. M. (2013). Removal of Remazol Yellow from Aqueous Solutions by Unmodified and Stabilized Iron Modified Clay. *Journal of Applied Clay Science*, 80-81, 219-225.
- Uzun, I. (2006). Kinetics of the adsorption of reactive dyes by chitosan. *Dyes and Pigments*. 70, 76-83.
- Welgemoed, T. S. (2005). Capacitive Deionization Technology™: An alternative desalination solution. *Desalination*, 183(1-3), 327-340.
- Widayatno, T. Y. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 2407-8476.
- Wiratini, N. N. (2016). Dampak Rangkaian Sel Elektroda Al-C dalam Elektrokimia untuk Mendegradasi Limbah Tekstil. *Jurnal Reaktor*, 16(2), 65-71.
- Wu, F. T. (2006). Preparation of Highly Porous Carbon from Fir Wood by KOH Etching and CO₂ Gasification for

- Adsorption of Dyes and Phenols from Water. *Journal of Colloid Interface Science*, 294, 21-30.
- Yagub, M. T. (2014). Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 209, 172-184.
- Yang, J., Ying, R., Han, C., Hu, Q., Xu, H., Li, J., Zhang, W. (2018). Adsorptive removal of organic dyes from aqueous solution by a Zr-based metal-organic framework : effects of Ce (III) doping. *Royal Society of Chemistry*, 4, 3913-3920.
- Yegeneh, G., Ramavandi, B., Esmaili, H., & Tamjidi, S. (2019). Dataset of the aqueous solution and petrochemical wastewater treatment containing ammonia using low cost and efficient bio-adsorbents. *Data in brief*, 1-10.
- Yuningsih, N. E. (2020). Adsorpsi Pewarna Sintetik Remasol Brilliant Blue R Menggunakan Adsorben Karbon Aktif. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1-6.
- Zhu, D. P. (2005). Characterization of aromatic compound sorptive interactions with black carbon (charcoal) assisted by graphite as a model. *Environ. Sci. Technol*, 39, 2033-2041.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

A. Skema Kerja



A.1 Preparasi Bio-Adsorben

Daun Bidara Arab (*Ziziphus spina-christi*)

- Dijemur dibawah sinar matahari hingga kuning kecoklatan
- Dicuci dengan aquademin pa
- Dimasukkan ke *crucible* 250 ml
- Dipanaskan dengan oven dengan suhu 105⁰C selama 24 jam
- Dibakar dengan *furnace* dengan suhu 700⁰C selama 3 jam
- Dikarbonasi
- Dihaluskan karbon dengan mortar dan alu
- Diayak menggunakan *Sieve* 25 µm (No. 500)

Daun Bidara Arab (*Ziziphus spina-christi*) yang sudah dikarbonasi

- Dikarakterisasi FTIR

Hasil spektra FTIR

A.2 Pembuatan Larutan Induk Remasol Biru 1000 ppm

Remazol Brilliant Blue R _(s)

- Ditimbang sebanyak 0,25 g
- Dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL
- Ditambahkan aqua DM hingga tanda batas dan dihomogenkan

Larutan Induk Remasol Biru 1000 ppm _(aq)

A.3 Pembuatan Larutan Kerja Remazol Biru 100 ppm

Remazol Biru 1000 ppm_(aq)

- Diambil 100 mL
- Diencerkan dengan aqua DM dalam labu ukur 1 L sampai tanda batas.
- Dihomogenkan

Larutan Kerja Remazol Biru 100 ppm_(aq)

A.4 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Remazol Biru

Larutan Remazol Biru 100 ppm_(aq)

- Diambil beberapa mL dan dimasukkan dalam kuvet
- Diukur absorbansi maksimum pada rentang panjang gelombang 400-800 nm

Hasil λ_{maks} Larutan Remazol Biru (595 nm)

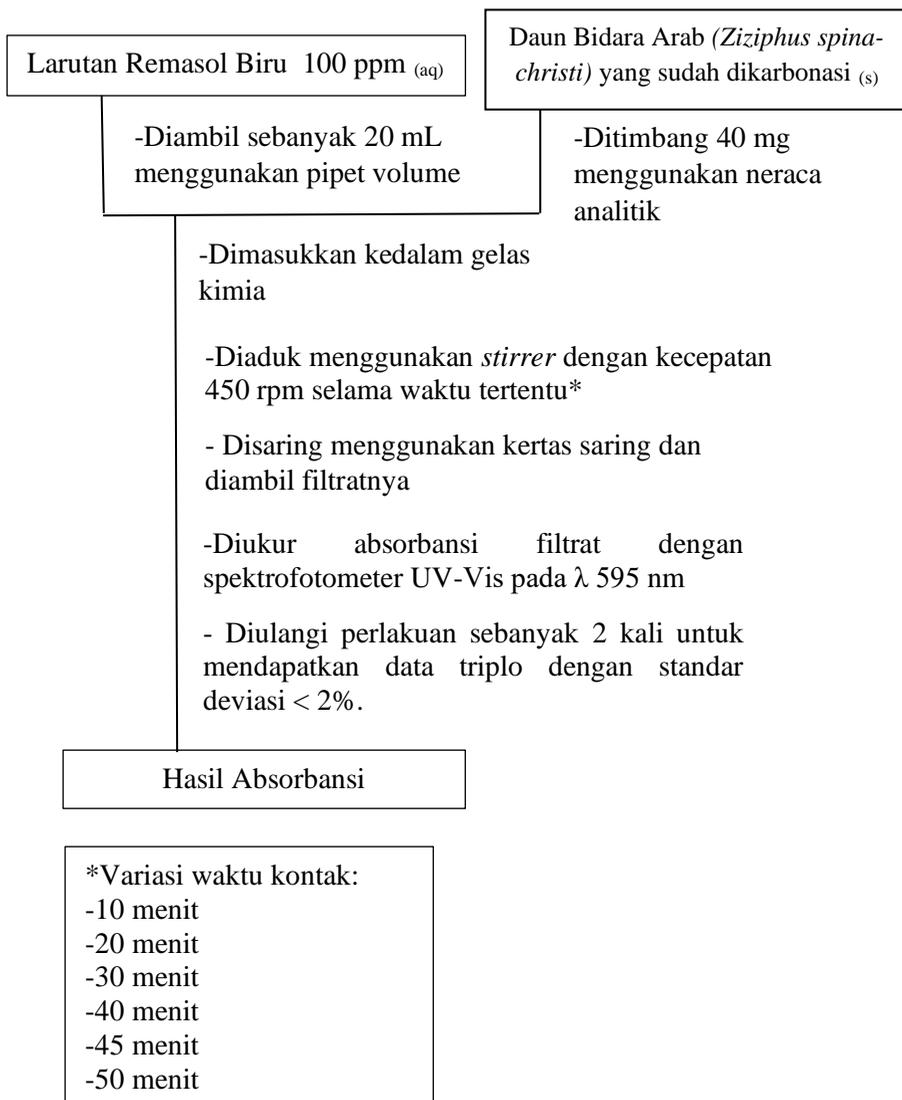
A.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Remasol Biru

Larutan Induk Remasol Biru 1000 ppm _(aq)

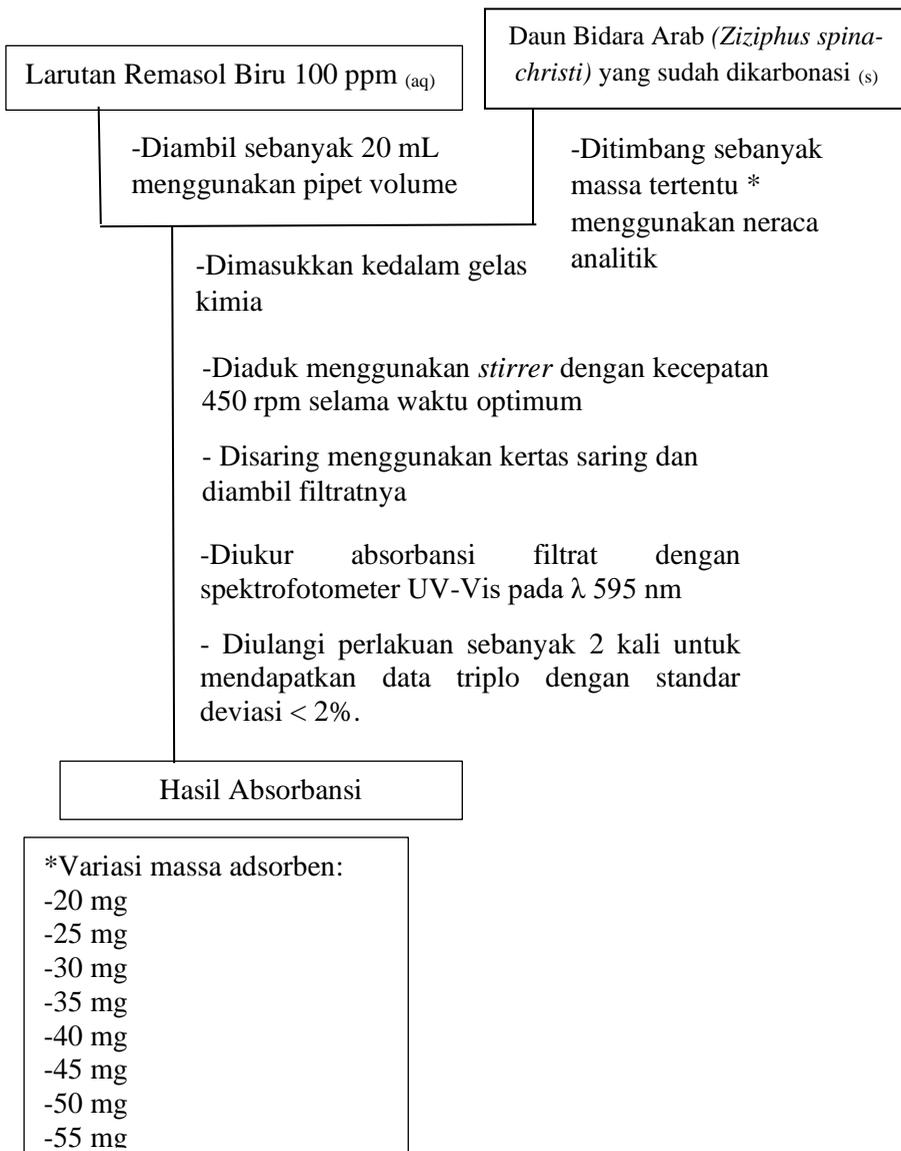
- Dipipet dengan pipet ukur berturut-turut 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dan 10 mL untuk membuat konsentrasi larutan standar 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 dan 100 ppm
- Dimasukkan masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL
- Ditambahkan air DM sampai tanda batas dan dihomogenkan
- Dianalisa dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 595 \text{ nm}$
- Dibuat kurva konsentrasi terhadap absorbansi

Kurva Kalibrasi Larutan Remasol Biru

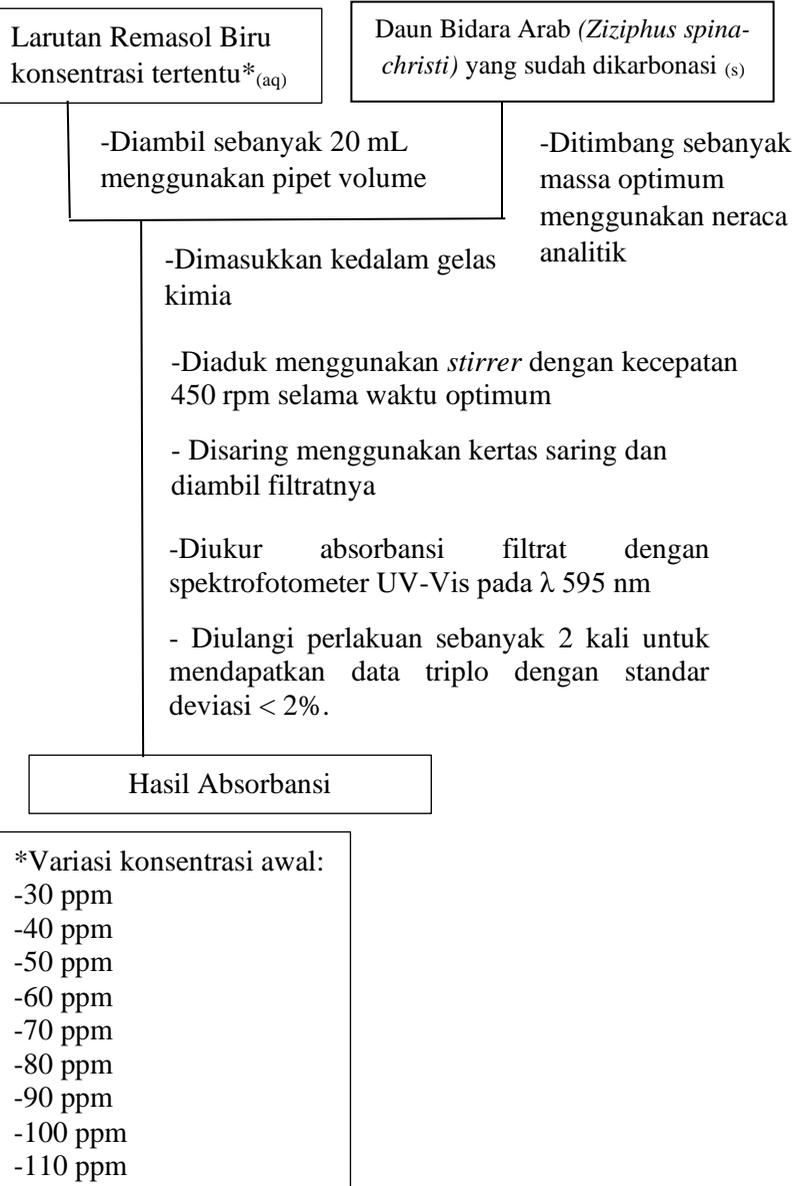
A.6 Penentuan Waktu Kontak Adsorpsi Optimum



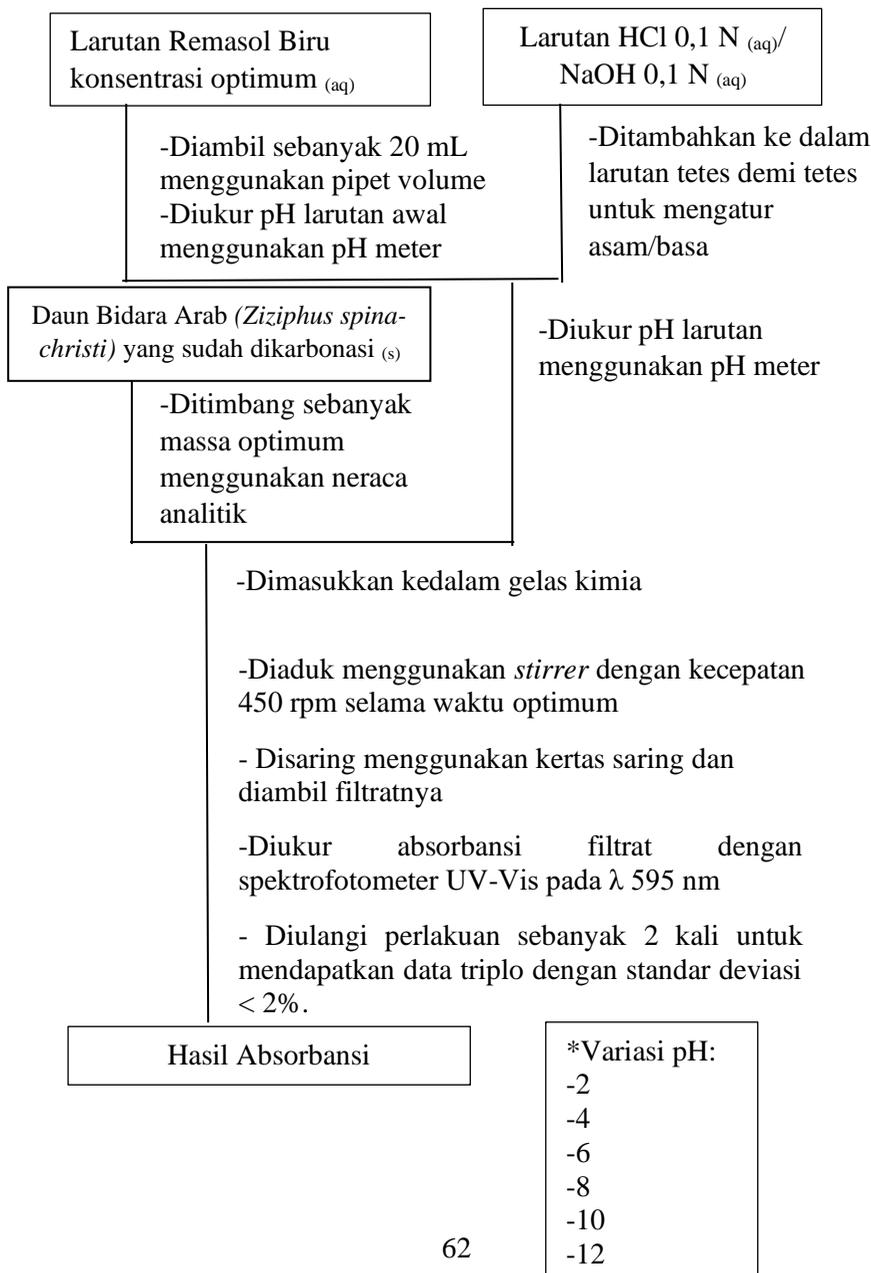
A.7 Penentuan Massa Adsorben Adsorpsi Optimum



A.8 Penentuan Konsetrasi Awal Adsorpsi Optimum



A.9 Penentuan pH Adsorpsi Optimum



B. Perhitungan

Massa Penimbangan Remasol Biru

$$\text{Massa} = \frac{\text{Konsentrasi}}{\text{Volume}}$$

Contoh:

$$\begin{aligned} \text{Massa (1000 ppm)} &= \frac{1000 \text{ mg/L}}{0.25 \text{ L}} \\ &= 250 \text{ mg} \\ &= 0,250 \text{ gr} \end{aligned}$$

Dekolorisasi dan Kapasitas Adsorpsi Remasol Biru dengan Adsorben Daun Bidara Arab (*Ziziphus spina-christi*)

Penentuan konsentrasi akhir remasol biru dapat dilakukan dengan memasukkan hasil absorbansi yang didapatkan pada masing-masing pengukuran spektrofotometer UV-Vis ke dalam persamaan regresi berdasarkan kurva kalibrasi.

Misalkan : Percobaan penentuan konsentrasi akhir remasol biru waktu kontak 45 menit dan massa adsorben 40 mg dalam 20 mL remasol biru, absorbansi terukur sebesar 0,178 dengan absorbansi awal sebesar 0,963, maka konsentrasi remasol biru sebelum dan setelah adsorpsi adalah

$$\begin{aligned} 0,963 &= 0,0095 x + 0,0173 \\ x &= 99,55 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,178 &= 0,0095 x + 0,0173 \\ x &= 9,29 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\% \text{dekolorisasi} = \frac{(\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir})}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

Contoh;

$$\begin{aligned} \% \text{dekolorisasi} &= \frac{(99,55 \text{ mg/L} - 9,29 \text{ mg/L})}{99,55 \text{ mg/L}} \times 100\% \\ &= 90,67\% \end{aligned}$$

Penentuan kapasitas adsorpsi ditentukan dengan menentukan konsentrasi akhir remasol biru. Penentuan konsentrasi akhir dengan memasukkan harga absorbansi ke dalam persamaan regresi berdasarkan kurva kalibrasi.

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)}{m} \times V$$

Dimana : C_o = konsentrasi awal pewarna (ppm)

C_e = konsentrasi akhir pewarna (ppm)

m = massa adsorben (g)

V = volume larutan (L)

Dengan menggunakan konsentrasi remasol biru akhir dan awal sebesar 27,17 dan 99,04 mg/L dengan massa adsorben 0,01 g maka hasil yang diperoleh, yaitu :

$$\begin{aligned} q_e &= \frac{(99,55 \text{ mg/L} - 9,29 \text{ mg/L})}{0,04 \text{ g}} \times 0,02 \text{ L} \\ &= 45,13 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

Sehingga kapasitas adsorpsi remasol biru dalam campuran adalah 45,13 mg/g.

C. Data Adsorpsi

C.1 Data Hasil Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* Variasi Waktu Kontak (konsentrasi awal 100ppm, volume larutan 20 ml, dosis adsorben 40mg, dan kecepatan pengadukan 450rpm).

Hasil Adsorpsi Variasi Waktu Kontak					
waktu kontak (menit)	Abs. Awal	Abs. Akhir	%Dekolorisasi	Std. dev	%Dekolorisasi rata-rata
10	0,963	0,398	77,89%	1,00%	78,05%
	0,963	0,377	79,11%		
	0,963	0,411	77,14%		
20	0,963	0,257	86,08%	1,04%	86,33%
	0,963	0,268	85,44%		
	0,963	0,233	87,48%		
30	0,963	0,215	88,52%	0,85%	88,38%
	0,963	0,233	87,48%		
	0,963	0,204	89,16%		
40	0,963	0,192	89,86%	0,41%	90,15%
	0,963	0,179	90,61%		

	0,963	0,190	89,97%		
45	0,963	0,178	90,67%	0,54%	91,11%
	0,963	0,160	91,71%		
	0,963	0,173	90,96%		
50	0,963	0,187	90,15%	0,53%	90,73%
	0,963	0,175	90,84%		
	0,963	0,169	91,19%		

C.2 Data Hasil Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* Variasi Dosis Adsorben (konsentrasi awal 100ppm, volume 20 ml, waktu kontak 45 menit, dan kecepatan pengadukan 450rpm).

Hasil Adsorpsi Variasi Massa Adsorben (mg)					
Dosis (mg)	Abs. Awal	Abs. Akhir	%Dekolorisasi	Std. dev	%Dekolorisasi rata-rata
20	0,963	0,861	10,79%	1,66%	10,05%
	0,963	0,886	8,14%		
	0,963	0,857	11,21%		
25	0,963	0,793	17,98%	1,65%	19,53%
	0,963	0,78	19,35%		
	0,963	0,762	21,25%		
30	0,963	0,573	41,24%	1,66%	42,40%
	0,963	0,544	44,31%		
	0,963	0,569	41,66%		
35	0,963	0,437	55,62%	1,96%	55,44%
	0,963	0,421	57,31%		
	0,963	0,458	53,40%		
40	0,963	0,242	76,24%	1,25%	77,30%
	0,963	0,235	76,98%		

	0,963	0,219	78,67%		
45	0,963	0,171	83,75%	0,70%	83,92%
	0,963	0,162	84,70%		
	0,963	0,175	83,32%		
50	0,963	0,189	81,84%	1,28%	83,29%
	0,963	0,171	83,75%		
	0,963	0,166	84,28%		
55	0,963	0,192	81,53%	1,06%	82,62%
	0,963	0,172	83,64%		
	0,963	0,181	82,69%		

C.3 Data Hasil Adsorpsi Remazol Brilliant Blue R Variasi Konsentrasi Awal Remazol Brilliant Blue R (waktu kontak 45 menit, dosis adsorben 45 mg, volume larutan 20 ml, dan kecepatan pengadukan 450rpm)

Hasil Adsorpsi Variasi Konsentrasi					
Konsentrasi (ppm)	Abs. Awal	Abs. Akhir	%dekolorisasi	Std. deviasi	%dekolorisasi rata-rata
30	0,313	0,083	77,78%	1,17%	76,43%
	0,313	0,089	75,75%		
	0,313	0,089	75,75%		
40	0,424	0,095	80,90%	1,73%	79,09%
	0,424	0,103	78,93%		
	0,424	0,109	77,45%		
50	0,531	0,129	78,26%	1,76%	80,07%
	0,531	0,111	81,76%		
	0,531	0,119	80,20%		
60	0,611	0,134	80,34%	1,86%	80,46%
	0,611	0,122	82,36%		
	0,611	0,144	78,66%		
70	0,724	0,152	80,94%	1,36%	81,18%

	0,724	0,14	82,64%		
	0,724	0,159	79,95%		
80	0,841	0,175	80,85%	0,88%	81,83%
	0,841	0,161	82,55%		
	0,841	0,165	82,07%		
90	0,925	0,176	82,52%	0,33%	82,52%
	0,925	0,173	82,85%		
	0,925	0,179	82,19%		
100	1,024	0,189	82,94%	0,68%	83,71%
	1,024	0,176	84,24%		
	1,024	0,179	83,94%		
110	1,118	0,199	83,49%	0,56%	83,01%
	1,118	0,203	83,13%		
	1,118	0,211	82,40%		

C.4 Data Hasil Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* Variasi pH Awal (konsentrasi awal 100 ppm, waktu kontak 45 menit, dosis adsorben 45 mg, volume larutan 20 ml, kecepatan pengadukan 450rpm)

Hasil Adsorpsi Variasi pH					
pH	Abs. Awal	Abs. Akhir	%dekolorisasi	Std. deviasi	%dekolorisasi rata-rata
1	0,963	0,019	99,82%	0,27%	99,57%
	0,963	0,024	99,29%		
	0,963	0,021	99,61%		
2	0,963	0,032	98,45%	0,60%	98,94%
	0,963	0,021	99,61%		
	0,963	0,029	98,76%		
4	0,963	0,106	90,62%	0,90%	89,60%
	0,963	0,122	88,93%		
	0,963	0,119	89,25%		
6	0,963	0,129	88,19%	1,03%	87,31%
	0,963	0,135	87,55%		
	0,963	0,148	86,18%		
8	0,963	0,151	85,86%	0,38%	85,76%

	0,963	0,156	85,33%		
	0,963	0,149	86,07%		
10	0,963	0,133	87,77%	0,48%	87,87%
	0,963	0,127	88,40%		
	0,963	0,136	87,45%		
12	0,963	0,082	93,16%	0,74%	93,90%
	0,963	0,068	94,64%		
	0,963	0,075	93,90%		

**C.5 Data Hasil Hubungan Model Isoterm Adsorpsi dari Adsorpsi Variasi Konsentrasi Awal
Remazol Brilliant Blue R**

Konsentrasi (ppm)	C₀ rata-rata (ppm)	C_t rata-rata (ppm)	%Dekolorisasi rata-rata	q_e rata-rata (mg/g)	C_t/q_e	log C_t	log q_e
30	31,13	7,34	76,43%	10,57	0,69	0,87	1,02
40	42,81	8,95	79,09%	15,05	0,59	0,95	1,18
50	54,07	10,78	80,07%	19,24	0,56	1,03	1,28
60	62,49	12,21	80,46%	22,35	0,55	1,09	1,35
70	74,39	14,00	81,18%	26,84	0,52	1,15	1,43
80	86,71	15,76	81,83%	31,53	0,50	1,20	1,50
90	95,55	16,71	82,52%	35,04	0,48	1,22	1,54
100	105,97	17,27	83,71%	39,42	0,44	1,24	1,60
110	115,86	19,69	83,01%	42,74	0,46	1,29	1,63

D. Uji-t

D.1 Uji-t Parameter Waktu Kontak Adsorpsi

	<i>t=40menit</i>	<i>t=45menit</i>		<i>t=45menit</i>	<i>t=50menit</i>
Mean	90,15%	91,11%	Mean	91,11%	90,73%
Variance	$1,65 \times 10^{-5}$	$2,91 \times 10^{-5}$	Variance	$2,91 \times 10^{-5}$	$2,83 \times 10^{-5}$
Observations	3	3	Observations	3	3
Pearson Correlation	0,99		Pearson Correlation	0,45	
Hypothesized Mean Difference	0		Hypothesized Mean Difference	0	
df	2		df	2	
t Stat	-11,47		t Stat	1,19	
P(T<=t) one-tail	0,00		P(T<=t) one-tail	0,18	
t Critical one-tail	2,92		t Critical one-tail	2,92	
P(T<=t) two-tail	0,01		P(T<=t) two-tail	0,36	
t Critical two-tail	4,30		t Critical two-tail	4,30	

Pada t=40 menit dan 45 menit

$$|t_{hitung}| > |t_{tabel}| = 11,47 < 4,30$$

H₀ Ditolak

Terdapat perbedaan secara signifikan

Pada t=45 menit dan 50 menit

$$|t_{hitung}| < |t_{tabel}| = 1,19 < 4,30$$

H₀ Diterima

Tidak terdapat perbedaan secara signifikan

D.2 Uji-t Parameter Massa Adsorben Adsorpsi

	<i>m</i> =45 mg	<i>m</i> = 50 mg		<i>m</i> = 50 mg	<i>m</i> = 55 mg
Mean	83,92%	83,29%	Mean	83,29%	82,62%
Variance	$4,96 \times 10^{-5}$	$1,64 \times 10^{-4}$	Variance	$1,64 \times 10^{-4}$	$1,12 \times 10^{-4}$
Observations	3	3	Observations	3	3
Pearson Correlation	0,01		Pearson Correlation	0,78	
Hypothesized Mean Difference	0		Hypothesized Mean Difference	0	
df	2		df	2	
t Stat	0,76		t Stat	1,45	
P(T<=t) one-tail	0,26		P(T<=t) one-tail	0,14	
t Critical one-tail	2,92		t Critical one-tail	2,92	
P(T<=t) two-tail	0,53		P(T<=t) two-tail	0,28	
t Critical two-tail	4,30		t Critical two-tail	4,30	

Pada *m*=45 mg dan 50 mg

$$|t_{hitung}| < |t_{tabel}| = 0,76 < 4,30$$

H₀ Diterima

Tidak terdapat perbedaan secara signifikan

Pada *m*=50 mg dan 55 mg

$$|t_{hitung}| < |t_{tabel}| = 1,45 < 4,30$$

H₀ Diterima

Tidak terdapat perbedaan secara signifikan

D.3 Uji-t Parameter Konsentrasi Awal Larutan

	<i>C = 100 ppm</i>	<i>C = 110 ppm</i>
Mean	0,84	0,83
Variance	$4,57 \times 10^{-5}$	$3,08 \times 10^{-5}$
Observations	3	3
Pearson Correlation	-0,59	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	1,10	
P(T<=t) one-tail	0,19	
t Critical one-tail	2,92	
P(T<=t) two-tail	0,39	
t Critical two-tail	4,30	

Pada C=100 ppm dan 110 ppm

$$|t_{hitung}| < |t_{tabel}| = 1,10 < 4,30$$

H₀ Diterima

Tidak terdapat perbedaan secara signifikan

D.4 Uji-t Parameter pH Larutan

	pH = 1	pH = 2
Mean	0,99	0,99
Variance	$5,03 \times 10^{-6}$	$3,58 \times 10^{-5}$
Observations	2	2
Pearson Correlation	-1	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	1	
t Stat	0,45	
P(T<=t) one-tail	0,36	
t Critical one-tail	6,31	
P(T<=t) two-tail	0,73	
t Critical two-tail	12,71	

Pada pH = 1 dan pH = 2

$$|t_{hitung}| < |t_{tabel}| = 0,36 < 12,71$$

H_0 Diterima

Tidak terdapat perbedaan secara signifikan

D. Dokumentasi Penelitian



Remazol Brilliant Blue R



Spektrofotometer UV-Vis
(Genesys 10S)



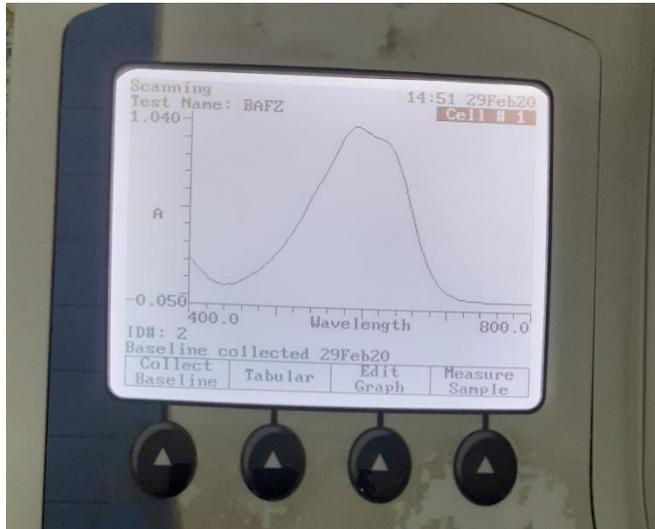
Penimbangan
*Remazol
Brilliant Blue R*



Daun bidara arab
(*Ziziphus spina-
christi*) yang sudah
dikeringkan



Larutan *Remazol
Brilliant Blue R* 1000
ppm dan 100 ppm



Scanning
 Test Name: BAFZ
 14:50 29Feb20
 Cell # 1

Wavelength	Abs
550.0	0.652
555.0	0.697
560.0	0.741
565.0	0.792
570.0	0.842
575.0	0.893
580.0	0.938
585.0	0.970
590.0	0.986
595.0	0.988

ID#: 2
 Baseline collected 29Feb20

Collect	Graph	Edit	Measure
Baseline		Data	Sample

Pembacaan Panjang Gelombang Maksimum



Pembuatan Larutan Kurva Kalibrasi



Massa Adsorben



Proses Penyaringan



Proses Pengadukan



Hasil Adsorpsi



Pembacaan pH Larutan

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Sidoarjo, 4 April 1998 dan merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di MINU Durung Bedug, SMPN 1 Candi, dan SMAN 2 Sidoarjo. Penulis diterima di Departemen Kimia FSAD Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2016 yang terdaftar dengan NRP 0121164000044. Selama menempuh pendidikan sebagai mahasiswa, penulis aktif mengikuti pelatihan, organisasi, dan kepanitiaan. Pelatihan pengembangan diri dan keprofesian yang pernah diikuti oleh penulis di antaranya ialah LKMM PRA TD FMIPA ITS 2016, LKMW TD HIMKA ITS 2017, dan pelatihan ISO 9001:2015, ISO 14001:2015. Selain pelatihan, penulis juga aktif diberbagai organisasi dan kepanitiaan di antaranya sebagai sie *Question and Answer* Chemistry Week 9 dan *technical team* SPEKTRONICS ITS Chem-E-Car Team. Di Departemen Kimia ITS, Penulis mengambil bidang Instrumentasi dan Sains Analitik dalam menyelesaikan Skripsi Jenjang S1 di bawah bimbingan ibu Yatim Lailun Ni'mah Ph.D. dan Bapak Suprpto Ph.D. Segala kritik dan saran bagi penulis atas naskah skripsi ini dapat disampaikan melalui afilayuni@gmail.com.