



SKRIPSI

ADSORPSI PEWARNA *REMAZOL BRILLIANT BLUE R* DENGAN LIMBAH PELEBURAN ALUMINIUM HASIL PELINDIAN SEBAGAI ADSORBEN

**PUTRI AUGISTA NUR AZIZAH
NRP. 0121164000061**

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

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



SCRIPT

**THE ADSORPTION OF REMAZOL BRILLIANT
BLUE R DYE USING LEACHING ALUMINUM
SMELTING WASTE AS ADSORBENT**

**PUTRI AUGISTA NUR AZIZAH
NRP. 0121164000061**

**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 *REMAZOL BRILLIANT BLUE R*
DENGAN LIMBAH PELEBURAN ALUMINIUM HASIL
PELINDIAN SEBAGAI ADSORBEN**

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:

Putri Augista Nur Azizah
NRP. 0121164000061

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

2020

iii

LEMBAR PENGESAHAN

**ADSORPSI PEWARNA *REMAZOL BRILLIANT BLUE R*
DENGAN LIMBAH PELEBURAN ALUMINIUM HASIL
PELINDIAN SEBAGAI ADSORBEN**

SKRIPSI

Oleh:

Putri Augista Nur Azizah
NRP. 0121164000061

Surabaya, 31 Juli 2020

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

Suprpto, Ph.D.
NIP. 19720919 198802 1 002

Mengetahui,
Kepala Departemen Kimia



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

ADSORPSI PEWARNA *REMAZOL BRILLIANT BLUE R* DENGAN LIMBAH PELEBURAN ALUMINIUM HASIL PELINDIAN SEBAGAI ADSORBEN

Nama : Putri Augista Nur Azizah
NRP. : 0121164000061
Departemen : Kimia FSAD ITS
Dosen Pembimbing 1 : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D.
Dosen Pembimbing 2 : Suprpto, Ph.D.

ABSTRAK

Adsorpsi pewarna *Remazol Brilliant Blue R* dengan limbah peleburan aluminium hasil pelindian sebagai adsorben telah dilakukan. Limbah hasil peleburan aluminium mengandung aluminium dan beberapa logam berat dengan konsentrasi yang relatif tinggi. Proses pelindian limbah peleburan aluminium mengakibatkan kadar logam-logam pengotor seperti kalsium, besi, dan seng menurun namun tidak dengan aluminium sehingga kadar aluminium dalam limbah peleburan aluminium setelah pelindian meningkat dari 46,46% menjadi 52,90%. Limbah peleburan aluminium yang sebagian besar mengandung aluminium oksida digunakan untuk adsorpsi zat pewarna *Remazol Brilliant Blue R*. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* pada variasi dosis adsorben 4-28 mg, waktu kontak 10-120 menit, konsentrasi awal 5-40 ppm, dan pH 4-10. Larutan hasil adsorpsi diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Kondisi adsorpsi optimum pewarna *Remazol Brilliant Blue R* terjadi pada dosis adsorben 24 mg, waktu kontak 30 menit, konsentrasi awal 20 ppm, dan pH 9 dengan persentase *removal* sebesar 98,96%.

Kata Kunci: Adsorpsi, Limbah Peleburan Aluminium, Remazol Brilliant Blue R.

THE ADSORPTION OF REMAZOL BRILLIANT BLUE R DYE USING LEACHING ALUMINUM SMELTING WASTE AS ADSORBENT

Name : Putri Augista Nur Azizah
NRP. : 0121164000061
Department : 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 dye using leaching aluminum smelting as adsorbent has been investigated. Aluminum smelting waste contains aluminum and some heavy metals with relatively high concentrations. The aluminum smelting waste leaching process caused the content of impurity metals such as calcium, iron, and zinc are decreased but not with aluminum so that the aluminum content in the aluminum smelting waste after leaching increased from 46.46% to 52.90%. Aluminum smelting waste, which mainly contains aluminum oxide, is used for the adsorption of Remazol Brilliant Blue R. The adsorption process in this study used a batch method with variations in the adsorbent dose of 4-28 mg, contact time of 10-120 minutes, initial concentration of 5-40 ppm, and pH of 4-10. The absorbance of adsorption solution was measure using a UV-Vis spectrophotometer at maximum wavelength. Optimal adsorption conditions of Remazol Brilliant Blue R occurred at adsorbent dose of 24 mg, contact time of 30 minutes, initial concentration of 20 ppm and pH 9 with removal percentage of 98.96%.

Keywords: Adsorption, Aluminum Smelting Waste, Remazol Brilliant Blue R.

*Karya ini saya persembahkan untuk
Ayah, Ibu, dan kakak tercinta,
Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D. dan Bapak Suprpto. Ph.D. selaku
dosen pembimbing saya,
serta Magnum Opus keluarga saya selama di Surabaya.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah yang berjudul **“Adsorpsi Pewarna *Remazol Brilliant Blue R* dengan Limbah Peleburan Aluminium Hasil Pelindian sebagai Adsorben”** 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 I yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah skripsi.
2. Bapak Suprpto, Ph.D. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah skripsi.
3. Bapak Prof. Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, S.Si., M.Si. selaku Kepala Departemen Kimia yang telah memberikan pengarahan serta fasilitas hingga naskah skripsi ini dapat terselesaikan.
4. Ibu Nurul Widiastuti, Ph.D. selaku dosen wali yang telah memberikan arahan serta bimbingannya selama proses perkuliahan berlangsung.
5. Ibu Dra. Ita Ulfin, M.Si. selaku Kepala Laboratorium Instrumentasi Sains dan Analitik yang telah menyediakan segala fasilitas laboratoium untuk mendukung proses penyelesaian skripsi.
6. Bapak-bapak dan ibu-ibu dosen Departemen Kimia FSAD ITS yang telah memberikan banyak ilmu yang bermanfaat selama perkuliahan berlangsung.
7. Ayah Moh, Norekan, Ibu Suhartatik, dan Kakak Dayu Ardhiyatmita N. A. yang tidak pernah berhenti untuk memberikan kasih, sayang, doa, dan semangat untuk menyelesaikan skripsi
8. Teman-teman terdekat yaitu Dinda dan Retha yang selalu mendengarkan keluh kesah selama berkuliah serta memberikan semangat dalam pengerjaan skripsi.

9. Teman-teman yang selalu siap untuk diajak diskusi, Gayu, Rio, Nabila, Kiki, Alvin dan Cipta.
10. Teman-teman S1 dan S2 di Laboratorium Instrumentasi Metode dan Analitik yang telah memberikan banyak bantuan serta semangat pada pengerjaan skripsi ini.
11. Teman-teman Magnum Opus Kimia 2016 atas kebersamaan dalam susah dan senang selama masa perkuliahan.

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, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Adsorpsi.....	7
2.1.1 Adsorpsi Kimia.....	7
2.1.2 Adsorpsi Fisika.....	7
2.2 Limbah Peleburan Aluminium.....	9
2.3 Zat Warna.....	11
2.3.1 Zat Warna Anionik.....	12
2.3.2 Zat Warna Kationik.....	12
2.4 <i>Remazol Brilliant Blue R</i>	13
2.5 Karakterisasi.....	14
2.5.1 Spektrofotometer UV-Vis.....	14
2.5.2 Kurva Kalibrasi.....	18
2.5.3 <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	20
2.5.4 <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	22
2.6 Penelitian Sebelumnya.....	25
2.7 Uji t.....	27

BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Alat dan Bahan	31
3.1.1 Alat.....	31
3.1.2 Bahan	31
3.2 Prosedur Penelitian	31
3.2.1 Preparasi Adsorben	31
3.2.2 Pembuatan Larutan Induk 1000 ppm.....	32
3.2.3 Pembuatan Larutan Kerja 100 ppm	32
3.2.4 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	32
3.2.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	32
3.2.6 Pengaruh Variasi Dosis Adsorben	33
3.2.7 Pengaruh Variasi Waktu Kontak	33
3.2.8 Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal	33
3.2.9 Pengaruh Variasi pH	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Pelindian Limbah Peleburan Aluminium	35
4.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	38
4.3 Kurva Kalibrasi.....	39
4.4 Studi Adsorpsi	40
4.4.1 Variasi Dosis Adsorben.....	40
4.4.2 Variasi Waktu Kontak	42
4.4.3 Variasi Konsentrasi Awal	44
4.4.4 Variasi pH	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran.....	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	65
BIODATA PENULIS	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Slag</i> Aluminium.....	11
Gambar 2.2 Struktur Kimia <i>Remazol Brilliant Blue R</i>	13
Gambar 2.3 Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis (Harvey, 2000).....	15
Gambar 2.4 Mekanisme Kerja Spektrofotometer UV-Vis.....	17
Gambar 2.5 Spektrum UV-Vis Dekolorisasi RBBR oleh Lakase Amobil dari <i>T. pubescens</i> (Osma dkk., 2010).....	18
Gambar 2.6 Kurva Kalibrasi Besi(III) Fenantrolin (Rachmasari dan Sugiarto, 2017).....	19
Gambar 2.7 Prinsip Kerja XRD.....	21
Gambar 2.8 Difraktogram <i>Dross</i> Aluminium (Saravanakumar dkk., 2018)	22
Gambar 2.9 Prinsip Kerja XRF	23
Gambar 2.10 Terbentuknya $K\alpha$ dan $K\beta$	24
Gambar 4.1 Hasil XRD Limbah Peleburan Aluminium Sebelum Pelindian	36
Gambar 4.2 Hasil XRD Limbah Peleburan Aluminium Setelah Pelindian.....	37
Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum <i>Remazol Brilliant Blue R</i>	38
Gambar 4.4 Kurva Kalibrasi Larutan <i>Remazol Brilliant Blue R</i>	40
Gambar 4.5 Grafik Penentuan Dosis Adsorben Optimum.....	41
Gambar 4.6 Grafik Penentuan Waktu Kontak Optimum	43
Gambar 4.7 Grafik Penentuan Konsentrasi Awal Optimum.....	45
Gambar 4.8 Grafik Penentuan pH Optimum	47

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spektrum Tampak dan Warna-Warna Komplementer	15
Tabel 2.2 Hasil Absorbansi Besi(III) Fenantrolin (Rachmasari dan Sugiarto, 2017)	20
Tabel 2.3 Hasil XRF Pasir Sambera (Muliawan, 2017).....	25
Tabel 4.1 Hasil XRF Limbah Peleburan Aluminium.....	35
Tabel 4.2 Data Absorbansi Larutan <i>Remazol Brilliant Blue R</i> ...	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki banyak sekali aset budaya, salah satunya adalah batik. Menurut Menteri Perindustrian (Menperin) MS Hidayat, usaha produksi batik telah mencapai nilai penjualan Rp732,67 miliar pada tahun 2010 atau meningkat 13% dibandingkan pada tahun 2009 (Kemenperin.go.id, 2011). Banyak kota-kota di Indonesia tergolong sebagai kota industri batik yang populer, termasuk Surabaya. Salah satu usaha pembuatan batik di Surabaya adalah Rumah Batik Putat Jaya. Rumah Batik Putat Jaya berada di Kecamatan Sawahan, kawasan ekslokalisasi Gang Dolly. Pengolahan limbah pewarna batik yang digunakan oleh para pengrajin batik di sana belum dapat diolah dengan baik karena minimnya pengetahuan. Limbah cair hasil pengolahan batik termasuk limbah yang sulit untuk didegradasi karena mengandung banyak zat kimia seperti zat warna nitroso, nitro dan azo (Putri, 2018).

Salah satu pewarna yang digunakan oleh Rumah Batik Putat Jaya adalah *Remazol Brilliant Blue R*. Zat warna ini mempunyai gugus kromofor yang mudah memberikan warna-warna cerah pada kain batik serta mempunyai kelebihan tidak mudah luntur (Hidayati dkk., 2016). Limbah zat warna *Remazol Brilliant Blue R* sebelum dibuang ke lingkungan harus diolah terlebih dahulu karena bersifat karsinogenik, yaitu dapat memicu tumbuhnya kanker, mempengaruhi kandungan oksigen serta pH dalam air, sehingga dapat mengganggu mikroorganisme dan hewan air (Nirmasari, 2008).

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* sebelum dibuang ke lingkungan, seperti koagulasi, filtrasi, elektrodekolorisasi dan adsorpsi. Metode yang paling banyak digunakan yaitu metode adsorpsi (Setyaningtyas dan Roy, 2007). Metode adsorpsi mempunyai banyak kelebihan karena prosesnya

yang sederhana, mempunyai efektifitas dan kapasitas adsorpsi tinggi, selektif, biaya operasional yang tidak mahal, dan tidak memberikan efek samping berupa zat beracun (Volesky dan Naja, 2005). Beberapa jenis adsorben yang digunakan untuk proses adsorpsi yaitu limbah daun ketapang (Sukarta dan Lusiani, 2016), zeolit dari abu layang batu bara (Maghfiroh, 2016), nata de coco (Hidayati dkk., 2016), organo-silan terfungsionalisasi amin (Saputra dkk., 2017), kulit rambutan (Alrozi dkk., 2012) dan tongkol jagung (Purnama dan Kurnianto, 2016). Jenis adsorben lain yang dapat digunakan untuk adsorpsi limbah pewarna tekstil *Remazol Brilliant Blue R* adalah limbah peleburan aluminium.

Limbah peleburan aluminium di Jombang berjumlah ratusan ton yang tersebar di 118 lokasi dengan volume tanah terkontaminasi sekitar 96.470 m³ atau 146.828 ton (Pslb3.menlhk.go.id, 2019). Lahan yang terkontaminasi di Kabupaten Jombang tersebar di Kecamatan Sumobito, Kecamatan Kesamben, Kecamatan Jogotero dan Kecamatan Peterongan. Limbah peleburan aluminium digunakan oleh masyarakat sebagai urukan jalan, tanggul sungai, urukan pematang sawah dan sebagian dibiarkan di sekitar tempat peleburan. Limbah peleburan aluminium termasuk dalam golongan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dengan karakteristik mudah terbakar, dapat menyebabkan iritasi pada kulit, menimbulkan gangguan kesehatan jika terhirup, berbau tidak sedap dan mudah terbawa aliran air sehingga dapat masuk ke dalam air tanah. Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah peleburan aluminium adalah dengan memanfaatkannya sebagai adsorben.

Limbah peleburan aluminium mengandung sekitar 80-85% alumina, 4-5% silika dan 1-1,5% besi sebagai oksida serta beberapa unsur minoritas seperti Mg, K, Na dan lain sebagainya (Tripathy dkk., 2019). Pengambilan kembali alumina dari limbah peleburan aluminium sekunder menghasilkan persentase *recovery* lebih dari 85% dengan pelarut asam sulfat (Dash dkk., 2008), 90% melalui proses piro-hidrometalurgi (Tripathy dkk., 2019) dan lebih dari 98% dengan pelarut asam klorida (Mahinroosta dan Allahverdi, 2018).

Alumina adalah logam oksida yang mempunyai luas permukaan dan sifat mekanik yang tinggi, amfoter, resistivitasnya baik terhadap termal degradasi serta terdapat dalam beberapa struktur (Malakootian dkk., 2015). Alumina dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai adsorben dan memiliki daya tahan yang baik terhadap korosi (Ghababazade dkk., 2007; Mirjalili dkk., 2011). Secara umum terdapat tiga fasa alumina, yaitu α , β dan γ -alumina. Fasa paling stabil dari alumina adalah α -alumina.

Penggunaan alumina sebagai adsorben zat pewarna dengan metode *batch*, beberapa telah diteliti. Malakototian dkk. pada tahun 2015 telah melakukan penelitian terkait pelapisan alumina pada *nanotube* karbon yang digunakan untuk mengadsorpsi zat pewarna Reaktif Merah dan Reaktif Biru dengan variasi kondisi pH (3-11), konsentrasi larutan (10-200 mg/L), waktu kontak (30-240 menit) dan dosis adsorben (0,1-0,6 gr/L). Pada penelitian tersebut diperoleh persentase *removal* maksimum berturut-turut 91,54% dan 93,51% pada kondisi optimum pH 3, konsentrasi awal 50 mg/L, waktu kontak 150 menit (Reaktif Merah) dan 180 menit (Reaktif Biru) serta dosis adsorben 0,5 gr/L (Reaktif Merah) dan 0,4 gr/L (Reaktif Biru). Nanopartikel alumina berukuran 30-35 nm digunakan untuk mengadsorpsi zat pewarna *Orange G* dari limbah perairan dengan persentase *removal* maksimum mencapai 98,40% (Banerjee dkk., 2019). Nanopartikel γ -alumina mesopori mempunyai kapasitas adsorpsi 655 mg/g terhadap zat pewarna *Congo Red* dengan waktu kontak optimum 360 menit (Renuka dkk., 2012). Penelitian lebih jauh terkait penggunaan alumina sebagai adsorben zat pewarna sintetik belum banyak dilakukan.

Pada adsorpsi zat warna dengan metode *batch*, semakin banyak dosis adsorben yang digunakan maka akan membuka kesempatan kontak yang semakin besar dengan adsorbat (Sembodo, 2006), semakin besar konsentrasi maka zat pewarna yang terlarut akan semakin besar (Haryadi, 2006), semakin lama waktu kontak maka proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik (Syauqiyah dkk.

2011) serta besarnya nilai pH dapat mempengaruhi daya adsorpsi karena terjadi ikatan antara gugus fungsi pada adsorbat dengan permukaan adsorben (Malakootian dkk., 2015).

Remazol Brilliant Blue R yang termasuk dalam zat pewarna golongan anionik serta memiliki gugus sulfonat akan saling tarik menarik dengan gugus fungsi yang terdapat pada permukaan limbah peleburan aluminium hasil pelindian sehingga zat pewarna akan mudah teradsorpsi. Proses pelindihan pada limbah peleburan aluminium dengan asam klorida dapat mengurangi persentase kadar logam-logam yang tidak diinginkan seperti kalsium, magnesium, dan besi (Bermejo-Barrera dkk., 2000). Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja limbah peleburan aluminium hasil pelindian untuk proses adsorpsi dengan metode *batch* pada limbah pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R*.

1.2 Rumusan Masalah

Penggunaan limbah peleburan aluminium hasil pelindian untuk proses adsorpsi dengan metode *batch* pada *Remazol Brilliant Blue R* dilakukan pada penelitian ini. Limbah peleburan aluminium mengandung senyawa alumina dalam fasa α -Al₂O₃ sebanyak 64,80% (Dash dkk., 2008). Senyawa alumina memiliki kelebihan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben berbagai polutan pada limbah perairan, termasuk limbah pewarna tekstil (Mahmoud dkk., 2020; Afkhami dkk., 2011). Penggunaan limbah peleburan aluminium hasil pelindian untuk proses adsorpsi pada *Remazol Brilliant Blue R* belum pernah diteliti. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian terkait kinerja limbah peleburan aluminium hasil pelindian untuk proses adsorpsi dengan metode *batch* pada *Remazol Brilliant Blue R*. Penelitian dilakukan dengan menentukan kondisi optimum proses adsorpsi yang meliputi variasi dosis adsorben, waktu kontak, konsentrasi awal, dan pH.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja limbah peleburan aluminium hasil pelindian untuk proses adsorpsi

dengan metode *batch* pada *Remazol Brilliant Blue R* dengan cara menentukan kondisi optimum proses adsorpsi yang meliputi variasi dosis adsorben, waktu kontak, konsentrasi awal, dan pH serta mengetahui persentase *removal* maksimum yang dapat diperoleh.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan pewarna batik sintetis yang sama digunakan di Rumah Batik Putat Jaya yaitu *Remazol Brilliant Blue R*. Volume larutan *Remazol Brilliant Blue R* yang digunakan sebanyak 25 mL. Adsorben yang digunakan yaitu limbah peleburan aluminium hasil pelindian. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* pada kecepatan pengadukan 450 rpm. Absorbansi larutan setelah proses adsorpsi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis Genesys 10S. Konsentrasi awal dan akhir larutan *Remazol Brilliant Blue R* diukur dengan persamaan kurva kalibrasi. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dosis adsorben (4; 8; 12; 16; 20; 24; dan 28 mg), waktu kontak (10; 20; 30; 60; 90; dan 120 menit), konsentrasi awal (5; 10; 20; 30; 40; dan 50 ppm), dan pH (4; 5; 6; 7; 8; 9; dan 10).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

1. Membantu Rumah Batik Putat Jaya dan industri batik lainnya dalam mengolah limbah pewarna batik, khususnya limbah pewarna *Remazol Brilliant Blue R* sebelum dibuang ke lingkungan.
2. Mengurangi pencemaran limbah tekstil pewarna *Remazol Brilliant Blue R*.
3. Menambah wawasan pengetahuan tentang kondisi optimum selama adsorpsi pewarna *Remazol Brilliant Blue R* untuk dapat menghasilkan persentase *removal* maksimum dengan adsorben limbah peleburan aluminium.
4. Membuat limbah peleburan aluminium menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan (Nasrudin, 2005), kejadian fisik yang terjadi ketika molekul-molekul gas atau cair direaksikan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tersebut akan mengembun pada permukaan padat (Suryawan dan Bambang, 2004), gaya tarik antar molekul yang menyebabkan terjadinya proses akumulasi adsorbat di permukaan adsorben (Oscik, 1982), gejala yang terjadi pada permukaan (Alberty dan Daniel, 1987), serta peristiwa permukaan karena pengumpulan suatu spesies pada permukaan padat – cair (Widayanto dkk., 2017).

2.1.1 Adsorpsi Kimia

Adanya ikatan kovalen dan ikatan ionik antar molekul-molekul adsorben dengan adsorbat menyebabkan terjadinya adsorpsi kimia (Allen dan Koumanova, 2005). Pada adsorpsi kimia, terbentuk lapisan monolayer karena permukaan adsorben mengikat kuat adsorbat.

Proses adsorpsi umumnya terjadi pada temperatur tinggi di atas temperatur kritis dari adsorbat, juga bersifat irreversible. Selama proses adsorpsi kimia berlangsung, terdapat kemungkinan terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan baru karena energi yang dilepaskan relatif tinggi (Atkins, 1999).

2.1.2 Adsorpsi Fisika

Lemahnya gaya tarik menarik (gaya *Van der Waals*) yang terjadi antara permukaan adsorben dengan adsorbat disebut dengan adsorpsi fisika. Pada adsorpsi fisika, terbentuk lapisan multilayer karena adsorben tidak mengikat kuat adsorbat sehingga dapat bergerak ke satu bagian adsorben ke bagian yang lainnya (Wang dan Peng, 2010). Sifat dari adsorpsi fisika adalah *reversible* dan berlangsung cepat. Energi yang dihasilkan pada

adsorpsi fisika relatif rendah sehingga tidak cukup untuk melakukan pemutusan ikatan, selain itu struktur adsorben dan adsorbat juga tidak mengalami perubahan (Atkins, 1999).

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh delapan faktor (Haryadi, 2006), antara lain :

1. Macam-macam adsorben, adsorben polar memiliki kemampuan adsorpsi yang besar terhadap alkohol, alumina, asam karboksilat dan aldehid, contohnya alumina. Adsorben non polar memiliki kemampuan adsorpsi yang besar terhadap senyawa yang bersifat basa dan amin, contohnya silika. Adsorben basa memiliki kemampuan adsorpsi yang besar terhadap senyawa yang bersifat asam, contohnya magnesita.
2. Macam-macam adsorbat, adsorbat berupa larutan elektrolit menyebabkan proses adsorpsi berjalan lebih cepat dan hasil adsorpsi lebih banyak dibandingkan larutan non elektrolit. Penyebabnya adalah pada larutan elektrolit terjadi ionisasi sehingga menghasilkan ion-ion dengan muatan berlawanan di dalam larutan, hal ini menyebabkan gaya tarik menarik Van der Waals semakin besar sebanding dengan daya adsorpsi yang semakin besar juga.
3. Konsentrasi masing-masing zat, persamaan Freundlich (2.1) di bawah menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi (C), maka jumlah zat larut yang teradsorpsi semakin besar.

$$\frac{X}{M} = k \cdot x \cdot C^n \quad (2.1)$$

dimana X adalah berat teradsorpsi, M adalah berat adsorben serta k dan n adalah konstanta.

4. Luas permukaan, terjadi adsorpsi yang besar ketika luas permukaan adsorben semakin besar juga (ukuran adsorben semakin kecil) karena zat yang menempel pada permukaan adsorben kemungkinan bertambah. Bagian dalam yang semula tidak berfungsi sebagai permukaan, setelah dihaluskan akan berfungsi sebagai permukaan.

5. Tekanan, jumlah adsorbat yang terserap semakin banyak ketika tekanan diperbesar, hal ini sesuai dengan persamaan Harkins (2.2).

$$\log P = B - \frac{S}{V} \text{ atau } \ln P = -d \frac{(A^2+1)}{2KT} \quad (2.2)$$

dimana V merupakan jumlah mol yang diadsorpsi, P merupakan tekanan gas (atm), B merupakan konsentrasi (mol/detik), A merupakan konstanta Boltzman sedangkan T merupakan suhu mutlak (K). Ketika B dan S tetap, maka tekanan semakin besar sehingga mol zat teradsorpsi juga semakin besar.

6. Daya larut terhadap adsorben, proses adsorpsi akan terhambat ketika daya larut tinggi. Hal ini dikarenakan gaya untuk melarutkan adsorbat berlawanan dengan gaya tarik adsorben pada adsorbat.
7. Koadsorpsi, adsorben memiliki kemampuan adsorpsi yang besar terhadap suatu adsorbat tertentu ketika telah mengadsorpsi suatu zat dibandingkan kemampuan adsorpsi awal.
8. Pengadukan, semakin cepat pengadukan, maka molekul-molekul adsorbat dan adsorben akan saling bertumbukan sehingga proses adsorpsi semakin cepat.

2.2 Limbah Peleburan Aluminium

Aluminium adalah logam non-ferro yang paling umum digunakan. Logam aluminium mempunyai sifat lunak, ringat, tidak beracun, dan memiliki beragam aplikasi dari kosmetik hingga industri makanan (Wang dkk., 2013; David dan Kopac, 2012). Sejumlah besar aluminium ada dalam bentuk limbah padat industri dan limbah domestik. Aluminium yang ditemukan dalam limbah domestik berasal dari kaleng, papan, piring pie, makanan beku, nampan makanan, kertas pembungkus, kemasan fleksibel, dan limbah rumah tangga lainnya (Nogueira dkk., 2016).

Aluminium dapat dibuat paduan untuk membuatnya kuat. Aluminium memiliki kepadatan rendah dengan ketahanan korosi yang sangat baik, tidak beracun serta memiliki konduktivitas termal yang tinggi (Abdul-Wahab dan Alsubhi, 2019). Oleh karena itu, industri aluminium berkembang pesat untuk memenuhi berbagai permintaan. Secara umum, aluminium diekstraksi dari oksidanya (alumina) melalui proses kimia yang disebut peleburan atau operasi Hall-Heroult (Grjotheim dkk., 1995; Prasad, 2000; Mandin dkk., 2009).

Proses peleburan adalah proses pencairan bahan dengan cara dipanaskan di dalam sebuah dapur peleburan, setelah bahan mencair kemudian dituang ke dalam cetakan (Sundari, 2011). Beberapa industri peleburan besar maupun kecil telah menggunakan tungku dengan memanfaatkan panas dari energi listrik, minyak, gas, dan batu bara (Nukman dkk., 2015).

Beberapa tungku peleburan aluminium yang telah dikembangkan antara lain tungku berbahan bakar gas (Sundari, 2011), dan tungku peleburan logam non-ferro jenis portable berbahan bakar arang sebagai sarana pembelajaran (Magga, 2010), tungku berbahan bakar minyak dengan sistem aliran udara paksa (Ashgi, 2009). Pada metalurgi ekstraktif konvensional, peleburan digunakan untuk memisahkan logam dasar dari bijih. Namun, selama proses tersebut berlangsung, terdapat sejumlah besar *slag* peleburan yang mengandung logam berat seperti Ga, Al, Fe, Ca, dan Mg (Wang dkk., 2018).

Kegiatan *reduce*, *reuse*, dan *recycle* atau batasi sampah, guna ulang sampah, dan daur ulang sampah yang selanjutnya disebut kegiatan 3R berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2012 adalah segala aktivitas yang mampu mengurangi segala sesuatu yang dapat menimbulkan sampah, kegiatan penggunaan kembali sampah yang layak pakai untuk fungsi yang sama atau fungsi yang lain, dan kegiatan mengolah sampah untuk dijadikan produk baru.



Gambar 2.1 *Slag Aluminium*

Limbah peleburan aluminium seperti pada Gambar 2.1 jika tidak diolah dengan penanganan khusus akan menyebabkan debu limbah terbawa angin lalu tersebar luas di lingkungan masyarakat. Debu aluminium dapat masuk ke tubuh manusia melalui pernapasan, kulit, atau tertelan dan memberikan dampak toksikologi seperti gangguan pada pernapasan atas/ISPA, alzheimer, gangguan pencernaan, gangguan sistem saraf pusat, fibrosis paru, dan gangguan ginjal (Ridhowati, 2013).

2.3 Zat Warna

Pengertian dari zat pewarna adalah senyawa yang digunakan dalam bentuk larutan atau dispersi pada suatu bahan lain sehingga berwarna (Rambe, 2009). Suatu zat disebut sebagai zat warna apabila memiliki gugus yang dapat menimbulkan warna (kromofor) dan dapat mengadakan ikatan dengan serat tekstil. Kromofor berasal dari bahasa Yunani yaitu *chromophore*, *chroma* yang berarti warna dan *phoros* yang berarti mengemban (Fessenden dan Fessenden, 1982). Keberadaan zat warna dalam air dapat menimbulkan gejala keracunan bagi organisme perairan dan manusia (Chiou dan Chuang, 2006).

Zat warna umum yang digunakan dalam industri tekstil adalah pewarna dasar, pewarna asam, pewarna reaktif, pewarna langsung, pewarna azo, pewarna mordan, pewarna vat, pewarna disperse dan pewarna sulfur (Demirbas, 2009), dimana turunan azo adalah pewarna kelas utama yang digunakan dalam industri saat ini (Forgacs dkk., 2004). Zat warna ionik dibedakan menjadi dua golongan, yaitu zat warna anionik dan zat warna kationik. Zat warna anionik meliputi pewarna langsung, asam dan reaktif, sedangkan zat warna kationik adalah pewarna dasar (Mishra dan Tripathy, 1993).

2.3.1 Zat Warna Anionik

Zat warna anionik sebagian besar digunakan di industri tekstil (Abdullah, 2010). Kelarutan dari zat warna anionik dalam air sangat besar sehingga berbahaya bagi lingkungan. Meskipun semua pewarna sintetis dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan terhadap lingkungan, zat warna anionik lebih bermasalah karena kelarutannya yang tinggi dalam air.

Pada manusia, pewarna sintetis ini dapat menyebabkan masalah kulit seperti alergi, dermatitis dan iritasi, kanker serta mutasi sel (Carneiro dkk., 2010). Jenis-jenis zat warna golongan anionik yang diaplikasikan sebagai pewarna tekstil antara lain *Remazol Brilliant Blue* (RB), *Remazol Red 133* (RR), *Rifacion Yellow HED* (RY) (Kara dkk., 2006) dan *Remazol Yellow FG* (Abdullah, 2010).

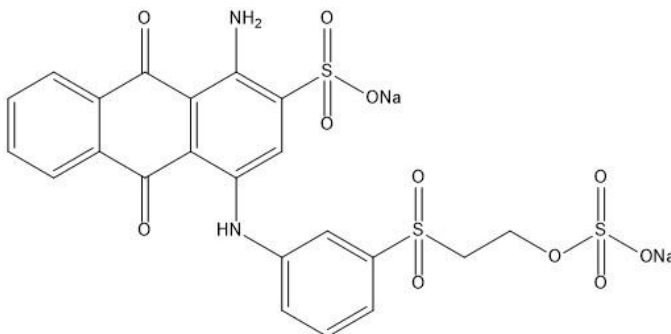
2.3.2 Zat Warna Kationik

Zat warna kationik banyak digunakan dalam pewarnaan akrilik, wol, nilon dan sutra. Struktur kimia dari zat warna kationik berbeda-beda berdasarkan kelompok aromatik tersubstitusi (Eren dan Afsin, 2007). Kelompok zat warna ini dipertimbangkan sebagai zat warna beracun dan dapat menyebabkan efek berbahaya seperti alergi, dermatitis, iritasi kulit, mutasi dan kanker (Eren, 2009). Zat warna kationik disebut juga sebagai zat warna dasar dan bergantung pada ion positif, dimana pada umumnya kompleks hidroklorida atau seng klorida

(Tyagi dkk., 2002). *Crystal violet* (Eren dkk., 2010), *methylene blue* (El Qada dkk., 2008; Al-Futaisi dkk., 2007), *basic blue 41* (Atar dan Olgun, 2009) dan *basic red 46* (Deniz dan Saygideger, 2011) merupakan beberapa contoh zat warna jenis kationik yang sering digunakan dalam studi adsorpsi zat warna.

2.4 Remazol Brilliant Blue R

Remazol Brilliant Blue R (RBBR) atau biasa disebut *Reactive Blue 19* memiliki warna nyata biru, berat molekul 626,54 g/mol, formula molekul $C_{22}H_{16}N_2O_{11}S_3$ dan struktur kimia seperti pada Gambar 2.2, panjang gelombang serapan maksimum 592 nm, serta kelarutan dalam air 10 g/L. RBBR merupakan salah satu jenis pewarna sintetik yang larut dalam air dan memiliki keseimbangan hidrofilik/hidrofobik yang baik dengan kelompok β -sulfato-ethylsulfonyl reaktif (Peters, 1975; Giménez-Martín dkk., 2007). RBBR banyak digunakan dalam industri tekstil karena memiliki banyak sifat menguntungkan seperti konsumsi energi yang rendah, teknik aplikasi sederhana, dan tidak mudah terurai secara hayati (Ahmad dan Alrozi, 2011; Santhy dan Selvapathy, 2006).



Gambar 2.2 Struktur Kimia *Remazol Brilliant Blue R*

RBBR termasuk dalam turunan antrakuinon, merupakan kelas organo polutan bandel yang bersifat beracun (Deveci dkk., 2004; Eichlerová dkk., 2007). Kelompok senyawa ini terdiri dari

kromofor dan grup fungsional yang mengikat zat warna dengan serat (Al-Degs dkk., 2000). Keberadaan gugus kromofor membuat pewarna sintetik ini mudah memberikan warna-warna cerah dan tidak mudah luntur (Hidayati, 2016). Pewarna turunan antrakuinon tahan terhadap degradasi karena mempunyai struktur aromatik yang menyatu (Banat dkk., 1996). Limbah pewarna sintetik RBBR dapat membahayakan kesehatan manusia termasuk merangsang tumbuhnya kanker, mempengaruhi kandungan oksigen dan pH dalam air yang menjadikan gangguan bagi mikroorganisme dan hewan air (Ningrum dkk., 2008).

2.5. Karakterisasi

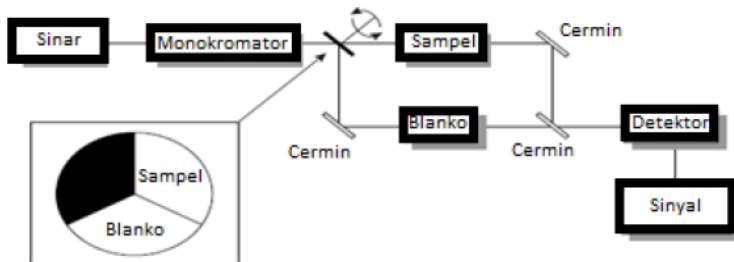
Karakterisasi adalah teknik analisis baik secara fisika maupun kimia untuk mengungkap ciri dan sifat suatu material (Setiabudi dkk., 2012). Teknik karakterisasi material atau senyawa kimia sebagian besar memanfaatkan interaksi antara berbagai sumber energi dengan karakter tertentu seperti foton, elektron, medan magnet, ion, kalor, dan lain sebagainya. Teknik karakterisasi material berdasarkan jenis sumber energi, model interaksi sinar dengan materi dan respon yang dideteksi setelah interaksi, dibagi menjadi empat, yaitu teknik spektroskopi, difraksi, mikroskopi, serta analisa termal (Setiabudi dkk., 2012).

2.5.1 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer adalah gabungan dari spektrometer dan fotometer. Spektrometer adalah alat untuk menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu, sedangkan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan maupun diadsorpsi oleh suatu zat (Khopkar, 2010). Sinar ultraviolet memiliki panjang gelombang pada kisaran 200 nm hingga 400 nm, sedangkan sinar tampak (*visible*) memiliki panjang gelombang pada kisaran 400 nm hingga 750 nm. Pengelompokan warna dan panjang gelombang sinar tampak ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spektrum Tampak dan Warna-Warna Komplementer (Suparno, 2010)

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



Gambar 2.3 Skema Alat Spektrofotometer UV-Vis (Harvey, 2000)

Spektrofotometer UV-Vis lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif karena melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis. Spektrofotometer UV-Vis terbagi menjadi dua, yaitu spektrofotometer *single beam* dan *double beam*. Perbedaan dari keduanya adalah pada *double beam* sinar monokromator terbagi menjadi dua, satu melewati larutan blanko (*reference*) dan yang lain melewati larutan sampel seperti pada Gambar 2.3. Spektrofotometer *double beam* mempunyai kelebihan dibandingkan dengan *single beam* yaitu absorbans sampel telah

mengalami pengurangan nilai absorbans terhadap blanko untuk mengetahui nilai absorbans yang sebenarnya pada sampel dalam penentuan kadarnya (Day dan Underwood, 2002).

Komponen spektrofotometri UV-Vis terbagi menjadi empat bagian (Khopkar, 2003) yaitu :

a. Sumber cahaya

Lampu wolfram adalah sumber yang biasa digunakan pada spektroskopi absorpsi. Keuntungan dari penggunaan lampu wolfram adalah energi radiasi yang dibebaskan tidak bervariasi pada berbagai panjang gelombang.

b. Monokromator

c. Wadah sampel (kuvet)

d. Detektor

e. *Visual display / Recorder*

Sistem baca yang menampilkan besarnya isyarat listrik, menyatakan dalam bentuk % transmittan maupun absorbansi.

Prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis sesuai dengan hukum Lambert-Beer, yaitu cahaya monokromatik yang melalui suatu larutan maka sebagian dari cahaya tersebut akan diserap dan sebagian lagi diteruskan, cahaya yang diserap atau diteruskan ini akan berbanding lurus dengan tebal dan konsentrasi larutan tersebut (Gandjar dan Rohman, 2007). Hukum Lambert-Beer menjadi dasar penentuan kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis sesuai persamaan 2.3.

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot C \cdot l \quad (2.3)$$

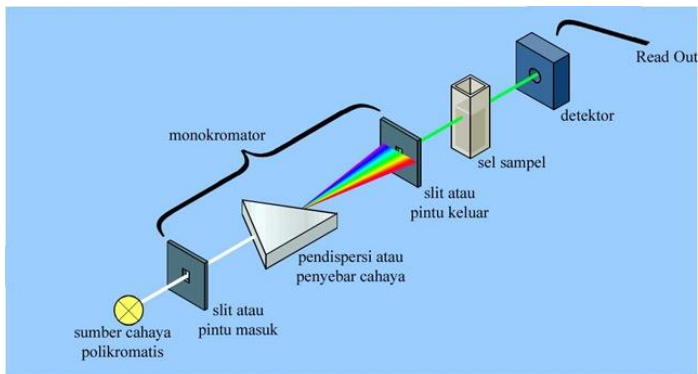
dimana A adalah besarnya cahaya yang diserap oleh sampel, I_0 adalah intensitas cahaya yang masuk, I adalah intensitas cahaya yang diteruskan melewati sampel, l adalah ketebalan kuvet, ε adalah absorbtivitas molar, dan C adalah konsentrasi analat (Pavia dkk., 2008).

Beberapa batasan yang ada dalam hukum Lambert-Beer menurut Rohman (2007) yaitu :

a. Sinar yang digunakan dianggap monokromatis

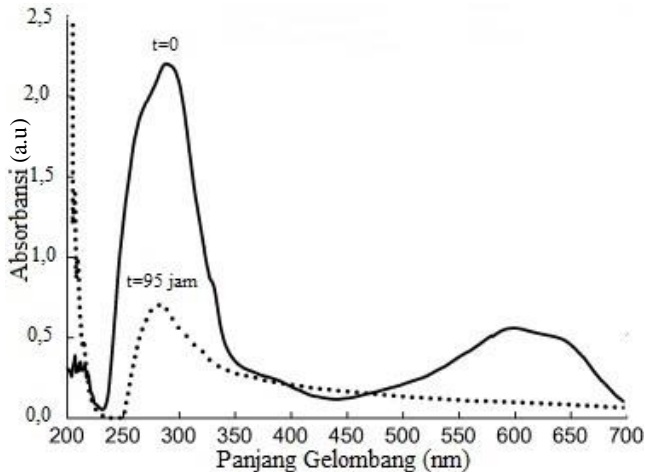
- b. Penyerapan terjadi dalam suatu volume yang mempunyai penampang yang sama
- c. Senyawa yang menyerap dalam larutan tersebut tidak tergantung terhadap yang lain dalam larutan tersebut
- d. Tidak terjadi fluoresensi atau fosforisensi
- e. Indeks bias tidak tergantung pada konsentrasi larutan

Mekanisme kerja spektrofotometer UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 2.4, yaitu cahaya polikromatis yang berasal dari lampu deuterium atau wolfram diteruskan melalui lensa menuju monokromator pada spektrometer dan filter cahaya pada fotometer. Monokromator akan mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas-berkas cahaya dengan panjang tertentu akan dilewatkan pada sampel yang mengandung suatu zat dalam konsentrasi tertentu sehingga akan ada cahaya yang diserap atau diabsorpsi dan ada yang diteruskan. Cahaya yang diteruskan kemudian diterima oleh detektor. Sinyal listrik dari detektor diubah menjadi sinyal digital dan hasilnya dapat dilihat serta dilakukan perhitungan dengan komputer yang sudah terprogram untuk mengetahui cahaya yang diserap oleh sampel. Cahaya yang diserap sebanding dengan konsentrasi zat yang terkandung dalam sampel sehingga akan diketahui konsentrasi zat yang terkandung dalam sampel secara kuantitatif (Day dan Underwood, 2002).



Gambar 2.4 Mekanisme Kerja Spektrofotometer UV-Vis

Contoh spektrum UV-Vis ditunjukkan pada Gambar 2.5 dengan keterangan garis padat merupakan konsentrasi awal RBBR sedangkan garis putus-putus merupakan konsentrasi akhir RBBR setelah didegradasi oleh lakase amobil dari *T. pubescens*. Spektrum tersebut menjelaskan bahwa RBBR terdecolorisasi secara signifikan setelah direaksikan dengan lakase amobil dari *T. pubescens*. Hal tersebut ditandai dengan puncak spektrum pada panjang gelombang 600 nm menghilang pada akhir percobaan (95 jam) yang menunjukkan peluruhan total RBBR oleh Lakase Amobil dari *T. pubescens*.



Gambar 2.5 Spektrum UV-Vis Dekolorisasi RBBR oleh Lakase Amobil dari *T. pubescens* (Osma dkk., 2010)

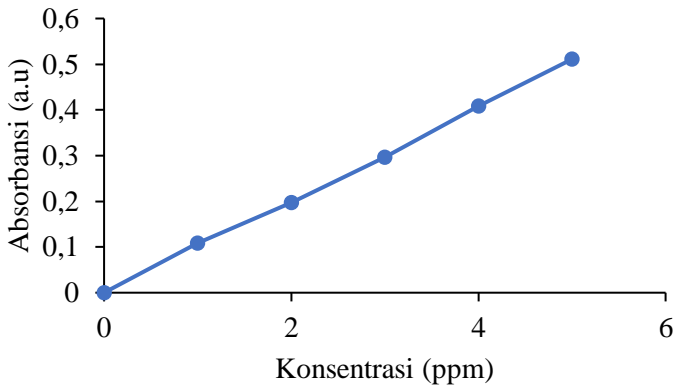
2.5.2 Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi adalah kurva yang digunakan untuk mengukur respon instrumen untuk setiap standar analit yang tidak diketahui serta membuat hubungan antara respons instrumen dan konsentrasi analit (Barwick, 2003). Kurva kalibrasi menghasilkan persamaan regresi linear yang menunjukkan hubungan antara absorbansi (sumbu y) dan konsentrasi larutan standar (sumbu x) dalam persamaan 2.4.

$$y = bx + c \quad (2.4)$$

dimana y adalah nilai absorbansi, b adalah slope, x adalah konsentrasi analit, dan c adalah intersep.

Kurva kalibrasi pada Gambar 2.6 dibuat dengan mengukur absorbansi kompleks Besi(III) Fenantrolin pada panjang gelombang maksimum (320 nm) sehingga menghasilkan persamaan regresi linear $y = 0,1016x - 0,0006$ dengan nilai regresi (R^2) sebesar 0,9991. Nilai regresi tersebut menunjukkan adanya korelasi yang erat antara absorbansi dengan konsentrasi karena memiliki nilai regresi $0,9940 < r^2 < 1$ (Haryadi, 1992).



Gambar 2.6 Kurva Kalibrasi Besi(III) Fenantrolin (Rachmasari dan Sugiarto, 2017)

Konsentrasi terukur Besi(III) Fenantrolin dapat diketahui dengan memasukkan data absorbansi pada Tabel 2.2 ke dalam persamaan regresi linear yang telah dihasilkan. Misalkan : Percobaan penentuan konsentrasi 1 ppm dengan absorbansi yang terukur sebesar 0,108 adalah :

$$y = 0,1016x - 0,0006$$

$$x = 1,0689 \text{ ppm}$$

Tabel 2.2 Hasil Absorbansi Besi(III) Fenantrolin (Rachmasari dan Sugiarto, 2017)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (a.u)
0	0
1	0,108
2	0,197
3	0,296
4	0,409
5	0,511

2.5.3 X-Ray Diffraction (XRD)

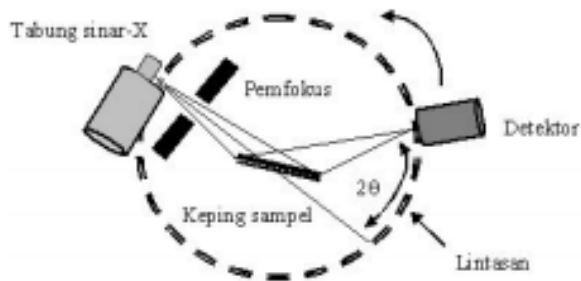
XRD ditemukan pertama kali oleh Wilhelm Conrad Roentgen dari Jerman di akhir tahun 1895. Roentgen melakukan penelitian tabung sinar katoda. Tabung dibungkus dengan suatu kertas hitam agar tidak terjadi kebocoran fotoluminesensi dari dalam tabung ke luar, kemudian ia membuat ruang penelitian menjadi gelap. Saat membangkitkan sinar katoda, Roentgen menemukan pelat fotoluminesensi yang ada di atas meja mulai berpendar di dalam kegelapan. Perpendaran tersebut terjadi karena adanya suatu radiasi yang kemudian hari disebut dengan sinar-X. Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan Roentgen adalah sinar elektromagnetik yang jauh lebih pendek dari sinar-x seharusnya akan menyebabkan semacam fenomena difraksi atau interferensi dan kristal akan memberikan semacam media (James, 2007).

Difraksi sinar-X adalah salah satu metode karakteristik suatu material yang paling tua dan sering digunakan sampai sekarang. Fungsi dari XRD adalah untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam suatu material dengan cara menentukan parameter struktur kisi dan untuk mendapatkan ukuran partikel. XRD terdiri dari tiga komponen dasar, yaitu sumber sinar-X, material yang diuji dan detektor sinar-X (Sartono, 2006).

Pada saat material dikenai sinar-X, intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah daripada intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan terjadi penyerapan oleh material dan

penghamburan oleh atom-atom dalam material. Berkas sinar-X yang dihamburkan ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda, ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan disebut berkas difraksi.

Berdasarkan Gambar 2.7, saat berkas sinar-X ditembakkan pada sampel padatan kristalin, maka bidang kristal akan memantulkan kembali sinar datang dan saling berinterferensi secara konstruktif sehingga terjadi difraksi sesuai dengan Hukum Bragg pada persamaan 2.5. Detektor kemudian menangkap sinar X yang terdifraksi sehingga menghasilkan difraktogram. Pola difraktogram berupa deretan puncak-puncak difraksi dengan intensitas yang bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu.

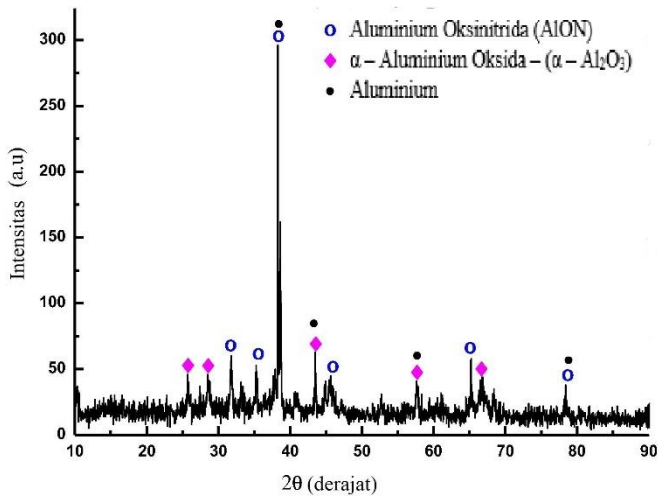


Gambar 2.7 Prinsip Kerja XRD

Contoh difraktogram XRD terdapat pada Gambar 2.8 dimana difraktogram tersebut menampilkan kandungan *dross* aluminium yang terdiri dari aluminium murni atau Al, aluminium oksinitrida atau AlON, dan aluminium oksida dalam fase stabil atau α -Al₂O₃.

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.5)$$

dengan n adalah orde difraksi (1,2,3, ...), λ adalah panjang sinar-X, d adalah jarak kisi dan θ adalah sudut difraksi.



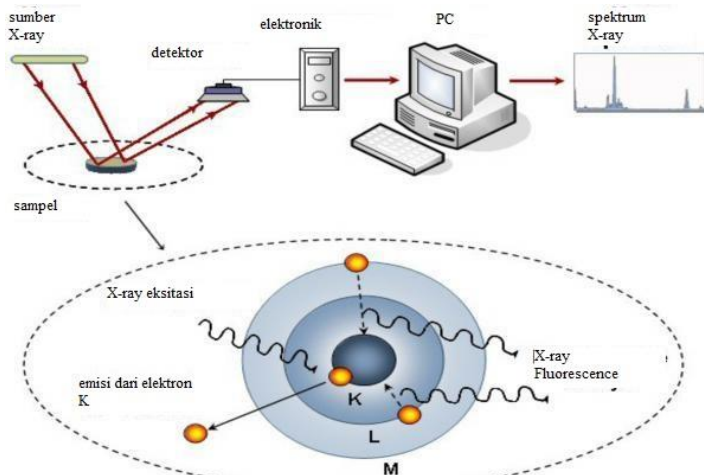
Gambar 2.8 Difraktogram *Dross* Aluminium (Saravanakumar dkk., 2018)

2.5.4 X-Ray Fluorescence (XRF)

X-Ray Fluorescence (XRF) adalah teknik analisa non-destruktif yang digunakan untuk identifikasi dan penentuan konsentrasi elemen yang ada pada padatan, bubuk ataupun sampel cair. XRF berfungsi mengukur berbagai macam elemen mulai dari Be hingga Uranium pada level *trace element*, bahkan di bawah level ppm. Secara umum, XRF mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi fluoresensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar X (PANalytical, 2009). XRF juga bisa digunakan untuk menentukan ketebalan dan komposisi dari lapisan atau pembuntalan (Evan dan Heller, 2003).

Metode XRF mempunyai kelebihan yaitu cepat dan tidak merusak sampel, sehingga dipilih untuk diaplikasikan di lapangan dan industri untuk kontrol material. Tergantung pada penggunaannya, XRF dapat dihasilkan tidak hanya oleh sinar X tetapi juga sumber eksitasi primer yang lain seperti partikel alfa, proton atau sumber elektron dengan energi yang tinggi

(Jamaluddin dkk., 2016). Analisis dengan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan X-Ray yang terjadi akibat efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom pada sampel terkena sinar berenergi tinggi (X-Ray). Prinsip kerja XRF berdasarkan efek fotolistrik dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.9.



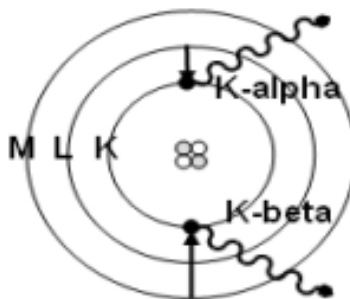
Gambar 2.9 Prinsip Kerja XRF

Menurut Sumantry (2002), prinsip kerja XRF terbagi menjadi 4 tahap, yaitu:

1. Sinar X-Ray ditembakkan pada sampel, jika selama proses penembakan X-Ray mempunyai energi yang cukup maka elektron akan tereksitasi dari kulitnya yang lebih dalam yaitu kulit K dan menciptakan *vacancy* atau kekosongan pada kulitnya.
2. Kekosongan tersebut mengakibatkan kondisi yang tidak stabil pada atom. Untuk menstabilkan kondisi maka elektron dari tingkat energi yang lebih tinggi misalnya dari kulit L dan M akan berpindah menempati kekosongan tersebut. Pada proses perpindahan, energi akan dibebaskan karena adanya perpindahan dari kulit yang memiliki energi lebih tinggi

(L/M) ke dalam kulit yang memiliki energi paling rendah (K). Emisi yang dikeluarkan oleh setiap material memiliki karakteristik khusus.

3. Proses tersebut memberikan karakteristik dari X-Ray, yang energinya berasal dari perbedaan energi ikatan antar kulit yang berhubungan. X-Ray yang dihasilkan dari proses ini disebut *X-Ray Fluorescence* atau XRF.
4. Proses untuk mendeteksi dan menganalisa X-Ray yang dihasilkan disebut *X-Ray Fluorescence Analysis*. Penggunaan spektrum X-Ray pada saat penyinaran suatu material akan didapatkan *multiple peak* (puncak ganda karena adanya $K\alpha$ dan $K\beta$) pada intensitas yang berbeda. Model yang lain yaitu alfa, beta, atau gamma dibuat untuk menandai X-Ray yang berasal dari elektron transisi dari kulit yang lebih tinggi. $K\alpha$ dihasilkan dari transisi elektron dari kulit L ke kulit K dan X-Ray $K\beta$ dihasilkan dari transisi elektron dari kulit M menuju kulit K seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Terbentuknya $K\alpha$ dan $K\beta$

Contoh hasil analisa dengan XRF dapat dilihat pada Tabel 2.3, dari Tabel 2.3 dapat diketahui bahwa Pasir Desa Sambera memiliki kandungan Si sebesar 79,1% lalu disusul dengan Al sebesar 14,9%. Setelah dilakukan pemurnian diperoleh kandungan Si sebesar 79,5% dan Al sebesar 15,2%. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa Pasir Desa Sambera dapat dimanfaatkan sebagai sumber senyawa Si berupa silika dan

Al berupa aluminium oksida. Pemisahan Si dan Al murni lebih lanjut dapat dilakukan dengan teknik pemisahan.

Tabel 2.3 Hasil XRF Pasir Sambera (Muliawan, 2017)

Nama Senyawa	Persentase Berat (%)	
	Sebelum	Sesudah
Si	79,10	79,50
Al	14,90	15,20
K	2,16	1,98
Ca	1,20	0,88
Ti	1,18	1,08
Fe	1,05	0,95
Cr	0,15	0,09
Cu	0,09	0,09
Yb	0,08	0,08

2.6 Penelitian Sebelumnya

Pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* yang digunakan oleh Rumah Batik Putat Jaya diadsorpsi dengan karbon aktif sebagai adsorben oleh Yuningsih pada tahun 2020. Parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah variasi waktu kontak (10; 20; 30; 40; dan 50 menit), variasi massa adsorben (2,5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; dan 25 mg), variasi konsentrasi awal (10; 20; 30; 40; 60; 80; 100; dan 120 ppm) serta variasi pH larutan (2; 4; 6; 8; 10; dan 12). Absorbansi dari hasil adsorpsi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (592 nm). Kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada waktu kontak 40 menit (persentase dekolorisasi 72,54%), massa adsorben 20 mg (persentase dekolorisasi 90,94%), konsentrasi awal 100 ppm (persentase dekolorisasi 90,79%), dan pH 2 (persentase dekolorisasi 99,39%). Metode adsorpsi yang diterapkan menghasilkan persentase dekolorisasi maksimum sebesar 99,39%. Kapasitas adsorpsi maksimum diperoleh sebesar 123,047 mg/g dengan tipe isoterm Freundlich (R^2 sebesar 0,9229).

Pridatama pada tahun 2020 menurunkan konsentrasi pewarna sintetik Indigosol *Pink IR* yang digunakan oleh Rumah Batik Putat Jaya dengan karbon aktif. Penentuan kondisi optimum adsorpsi larutan Indigosol *Pink IR* dilakukan dengan empat parameter, yaitu waktu kontak (5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 60 menit), dosis adsorben (2,50; 5,00; 7,50; 10,00; 15,00; 17,50; 20,00; 22,50 mg), konsentrasi awal (20; 30; 40; 50; 60; 80; 100 ppm), dan pH awal (2; 3; 4; 5; 6; 7; 9; 11; 12). Hasil dari penelitian tersebut yaitu waktu kontak optimum 35 menit dan dosis adsorben 10 mg (persentase *removal* $88,82\% \pm 1,49\%$), konsentrasi awal 80 ppm (persentase *removal* $89,47\% \pm 0,22\%$), dan pH awal 3 (persentase *removal* $95,87\% \pm 0,25\%$). Metode adsorpsi optimum yang digunakan menghasilkan persentase *removal* sebesar $95,87\% \pm 0,25\%$. Proses adsorpsi melibatkan proses adsorpsi fisik dengan model isoterm Freundlich.

Wahyuningsih dkk. melakukan penelitian pada tahun 2018 mengenai adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* dengan ampas singkong sebagai adsorben. Prosedur penelitian dilakukan dengan mereaksikan 0,2 gram adsorben dengan 20 mL larutan pewarna *Remazol Brilliant Blue R* selama 20 menit dan kecepatan pengadukan 500 rpm. Variasi pH dibuat pada rentang 1 – 10, sedangkan waktu kontak dibuat pada rentang 5 – 90 menit. Kapasitas adsorpsi optimum sebesar 16,88 mg/g serta persentase adsorpsi sebesar 87,41% ditemukan pada pH 1 dan waktu kontak selama 45 menit.

Kadar pewarna *Remazol Brilliant Blue R* diturunkan dengan selulosa nata de coco yang dilakukan oleh Hidayati dkk. pada tahun 2016. Penelitian tersebut dilakukan dengan parameter dosis adsorben (0,02 – 0,3 gram) dan waktu kontak (5 – 120 menit). Prosedur percobaan dilakukan dengan mencampurkan adsorben nata de coco ke dalam 15 mL pewarna *Remazol Brilliant Blue R* 150 mg/L kemudian diaduk dengan kecepatan 500 rpm pada suhu ruang. Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* optimum didapatkan pada dosis adsorben 0,1 gram dengan

persentase adsorpsi sebesar 95,81% dan waktu kontak 60 menit dengan persentase adsorpsi sebesar 96,62%.

Yuanita dkk. pada tahun 2014 melakukan penelitian biosorpsi pewarna *Remazol Blue* menggunakan material lumpur aktif. Penelitian tersebut dilakukan dengan metode *batch* dengan berbagai parameter, yaitu massa biosorben, waktu kontak, dan konsentrasi pewarna. Proses biosorpsi dilakukan dengan mereaksikan 1 gram lumpur aktif dengan larutan pewarna *Remazol Blue* 100 ppm sebanyak 100 mL. Variasi massa biosorben yang dilakukan pada penelitian ini yaitu 2, 3, 4, dan 5 gram, waktu kontak yaitu 3, 6, 12, 14, 30, 60, 120, 150, dan 180 menit, serta variasi konsentrasi pewarna *Remazol Blue* yaitu 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm. Penelitian tersebut memberikan hasil optimum pada massa lumpur aktif 5 gram dengan efisiensi biosorpsi 6,83%, waktu 15 menit dengan efisiensi biosorpsi 7,98%, dan konsentrasi pewarna 200 ppm dengan efisiensi biosorpsi 6,19%.

Degradasi *Remazol Brilliant Blue* dalam limbah tenun kain dilakukan oleh Rohmawati pada tahun 2011 dengan metode elektrokoagulasi. Metode elektrokoagulasi dilakukan dengan elektroda timbal dan batang karbon. Beberapa parameter seperti pH, kuat arus, dan waktu kontak dilakukan pada penelitian. Variasi pH dilakukan pada rentang 2 – 11, kuat arus 3 – 9 ampere, dan waktu kontak 30 – 90 menit. Hasil optimum ditunjukkan pada pH 4 dengan besar koagulasi 73,60 mg/L, kuat arus 9 ampere dengan besar koagulasi 76,40 mg/L, serta waktu kontak 90 menit dengan besar koagulasi 72,80 mg/L.

2.7 Uji-t

Uji-t adalah uji statistik yang berfungsi untuk menguji kebenaran atau kepalsuan hipotesis nol. Pada tahun 1915 uji-t mulai dikembangkan oleh William Seely Gosset. Uji-t disebut juga dengan student-t (Ridwan, 2006). Uji-t cocok digunakan untuk sampel kecil (seperti $n < 30$), dimana statistik mengikuti distribusi normal namun standar deviasi populasi tidak diketahui (Yang-chun, dkk., 2017). Uji-t dapat dilakukan satu pihak

maupun dua pihak. Pengujian hipotesis melalui satu pihak memiliki nilai kritis yang ada pada salah satu ujung distribusi, sedangkan jika melalui dua pihak maka memiliki nilai kritis yang ada di kedua ujung distribusi (Dajan, 1994).

Syarat-syarat yang harus dipenuhi untuk membuat uji-t menjadi uji paling kuat adalah observasi-observasi harus saling *independent*, observasi-observasi harus ditarik dari populasi yang berdistribusi normal, populasi-populasi tersebut memiliki varian yang sama, dan variabel-variabel yang terlibat harus terukur setidaknya dalam skala interval (Siegel, 1994).

Uji-t dibedakan menjadi dua, yaitu uji-t yang digunakan untuk pengujian hipotesis 1 sampel dan uji-t yang digunakan untuk pengujian hipotesis 2 sampel. Jika dikelompokkan lagi berdasarkan kebebasan atau *independency* sampel yang digunakan, maka khusus untuk uji-t dengan 2 sampel dikelompokkan lagi menjadi 2, yaitu uji-t untuk sampel bebas atau *independent* dan uji-t untuk sampel berpasangan atau *paired* (Ridwan, 2006).

Uji-t berpasangan (*paired t-test*) adalah salah satu metode pengujian hipotesis dimana data yang digunakan tidak bebas atau berpasangan. Ciri-ciri yang paling sering ditemukan pada kasus yang berpasangan adalah satu objek penelitian mendapat dua buah perlakuan yang berbeda. Meskipun menggunakan objek yang sama namun peneliti tetap memperoleh dua macam data sampel, yaitu data dari perlakuan pertama dan perlakuan kedua (Montolalu dan Langi, 2018). Hipotesis dari kasus yang ada pada uji-t berpasangan dapat ditulis seperti pada persamaan 2.6 dan 2.7.

$$H_0 = \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (2.6)$$

$$H_1 = \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad (2.7)$$

Menurut Sugiyono (2010), penggunaan uji-t memiliki beberapa syarat, yaitu :

- a. Uji perbandingan antara dua nilai pengamatan berpasangan, contoh: sebelum dan sesudah.

- b. Digunakan pada uji parametrik dengan ketentuan :
- i. Satu sampel (setiap elemen memiliki dua nilai pengamatan)
 - ii. Data kuantitatif (rasio-interval)
 - iii. Data berdistribusi normal

Rumus yang digunakan untuk melakukan uji-t berpasangan ada pada persamaan 2.8, 2.9, dan 2.10. Jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka berbeda secara signifikan (H_0 ditolak), namun jika $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka tidak berbeda secara signifikan (H_0 diterima).

$$t_{hit} = \frac{\bar{D}}{\frac{SD}{\sqrt{n}}} \quad (2.8)$$

$$SD = \sqrt{var} \quad (2.9)$$

$$var(s^2) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.10)$$

dimana t_{hit} adalah nilai t hitung, \bar{D} adalah rata-rata selisih pengukuran 1 dan 2, SD adalah standar deviasi selisih pengukuran 1 dan 2, n adalah jumlah sampel, $var(s^2)$ adalah varian, \bar{x} adalah rata-rata dan x_i adalah nilai x ke-i.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaca arloji, spatula, sendok besi, pipet tetes, labu ukur, gelas kimia, pipet ukur, bola hisap, *stir bar*, corong, mortar, alu, ayakan *wire mesh* 150 μm , mesh no.25, mesh no. 40, kertas saring Whatman, tabung falcon, pH Meter merk Hana, neraca analitik, *ultrasonic cleaner*, oven, *magnetic stirrer*, sentrifus, kuvet, spektrofotometer UV-Vis Genesys 10S, *X-Ray Diffraction* (XRD) Philips PW1140/90 dan *X-Ray Fluorescence* (XRF) PANalytical MiniPal 4.

3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* (dibeli dari Toko Warna Indah, Surabaya), aqua demineral (DM), limbah peleburan aluminium, asam klorida (HCl) Merck dan natrium hidroksida (NaOH) Merck.

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Preparasi Adsorben

Limbah peleburan aluminium dicuci dengan air dan dikeringkan dalam oven pada suhu $105 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 24 jam untuk menghilangkan kadar airnya. Limbah dihaluskan dengan mortar dan alu kemudian diayak dengan ayakan *wire mesh* 150 μm . Pelindian dilakukan dengan melarutkan 2.500 mg limbah peleburan aluminium hasil ayakan dengan HCl pekat hingga volume larutan 100 mL. Larutan dihomogenkan dengan *ultrasonic cleaner* selama 120 menit dan suhu 70°C . Setelah didiamkan hingga suhu kamar, larutan dimasukkan ke tabung *falcon* dan disentrifus selama 20 menit dengan kecepatan 5000 rpm. Endapan hasil sentrifus dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C kemudian diayak dengan *mesh* no. 40 dan 25. Hasil ayakan

kemudian dikarakterisasi dengan XRD dan XRF untuk mengetahui kandungan serta kadar logam maupun non logam (Karyasa, 2013).

3.2.2 Pembuatan Larutan Induk 1000 ppm

Pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* sebanyak 500 mg ditimbang dengan neraca analitik, kemudian dilarutkan dengan aqua DM sebanyak 500 mL.

3.2.3 Pembuatan Larutan Kerja 100 ppm

Larutan induk pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* 1000 ppm diambil dengan pipet ukur sebanyak 100 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Aqua DM ditambahkan ke dalam labu ukur 1000 mL hingga tanda batas, kemudian larutan dihomogenkan.

3.2.4 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan kerja perwarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* 100 ppm dimasukkan ke dalam kuvet. Panjang gelombang maksimum didapatkan dari nilai absorbansi tertinggi dalam rentang panjang gelombang 400-800 nm dengan spektrofotometer UV-Vis Genesys 10S (Amin dan Nurcahya, 2018).

3.2.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dari larutan pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* dengan variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, dan 160 ppm. Nilai absorbansi masing-masing variasi konsentrasi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis Genesys 10S pada panjang gelombang 592 nm (panjang gelombang maksimum *Remazol Brilliant Blue R* yang telah didapatkan). Nilai-nilai absorbansi yang didapatkan kemudian dialur sebagai sumbu y, sedangkan konsentrasi sebagai sumbu x. Persamaan kurva kalibrasi digunakan untuk menghitung konsentrasi pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* pada prosedur selanjutnya.

3.2.6 Pengaruh Variasi Dosis Adsorben

Larutan kerja pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R* sebanyak 25 mL direaksikan dengan adsorben sesuai variasi dosis, kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 450 rpm selama 30 menit pada suhu ruang. Variasi dosis adsorben yang digunakan adalah 4, 8, 12, 16, 20, 24, dan 28 mg. Absorbansi setiap variasi dosis adsorben diukur dengan spektrofotometer UV-Vis Genesys 10S. Penentuan konsentrasi akhir dihitung dengan persamaan kurva kalibrasi pewarna sintetik *Remazol Brilliant Blue R*. Nilai persentase *removal* didapatkan dari pengurangan konsentrasi sebelum dan sesudah adsorpsi. Dosis adsorben optimum ditentukan berdasarkan nilai persentase *removal* terbesar. Setiap perlakuan dilakukan secara triplo seperti pada penelitian Abdillah dkk. (2015).

3.2.7 Pengaruh Variasi Waktu Kontak

Adsorben sebanyak 24 mg (dosis adsorben optimum) direaksikan dengan 25 mL larutan *Remazol Brilliant Blue R*. Reaksi adsorpsi dilakukan dengan kecepatan pengadukan 450 rpm pada suhu ruang. Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 10, 20, 30, 60, 90, dan 120 menit. Nilai persentase *removal* dihitung seperti pada prosedur sebelumnya. Setiap perlakuan dilakukan secara triplo seperti pada penelitian Abdillah dkk. (2015).

3.2.8 Pengaruh Variasi Konsentrasi Awal

Larutan *Remazol Brilliant Blue R* sebanyak 25 mL direaksikan dengan 24 mg adsorben selama 30 menit (waktu kontak optimum). Reaksi adsorpsi dilakukan pada suhu ruang dengan kecepatan pengadukan 450 rpm. Variasi konsentrasi awal yang digunakan adalah 5, 10, 20, 30, dan 40 ppm. Nilai persentase *removal* dihitung seperti pada prosedur sebelumnya. Setiap perlakuan dilakukan secara triplo seperti pada penelitian Abdillah dkk. (2015).

3.2.9 Pengaruh Variasi pH

Adsorben sebanyak 24 mg direaksikan dalam waktu kontak 30 menit, konsentrasi awal 20 ppm (konsentrasi awal optimum), dan kecepatan pengadukan 450 rpm pada suhu ruang. Larutan *Remazol Brilliant Blue R* sebanyak 25 mL dicampurkan dengan beberapa tetes larutan HCl 0,1 N atau NaOH 0,1 N sesuai dengan variasi pH. Variasi pH yang digunakan adalah 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Nilai persentase *removal* dihitung seperti pada prosedur sebelumnya. Setiap perlakuan dilakukan secara triplo seperti pada penelitian Abdillah dkk. (2015).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pelindian Limbah Peleburan Aluminium

Pelindian adalah proses pengambilan zat terlarut dari padatan dengan pelarut tertentu (Sajima dan Triyono, 2017). Tahap pada proses pelindian dibagi menjadi dua, tahap pertama yaitu kontak antara padatan dengan pelarut sehingga terjadi perpindahan massa dari padatan ke larutan, tahap kedua yaitu pemisahan padatan dan larutan setelah proses selesai (Liu dkk., 2014).

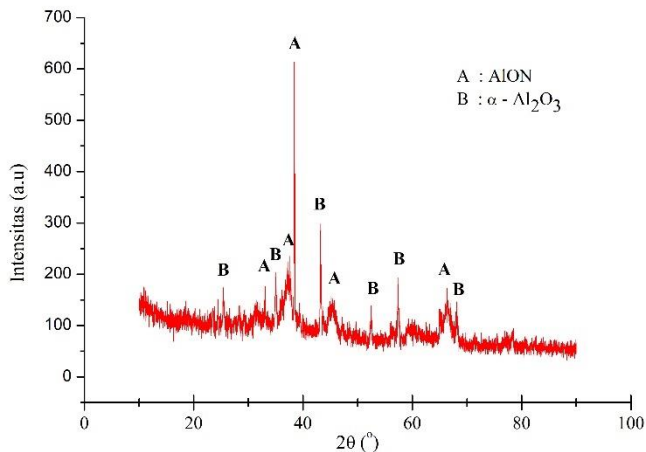
Pelindian limbah peleburan aluminium dengan pelarut asam klorida (HCl) karena dapat melarutkan logam-logam lain seperti Zn, Fe, Cu, Ca, dan Mg (Bermejo-Barrera dkk., 2000). Pelindian dengan pelarut HCl dapat mengekstraksi Al dengan jumlah besar (Anugrah dan Mamby, 2020), sedangkan jika dengan pelarut asam lain seperti asam sulfat (H₂SO₄) maka Al yang diperoleh sangat rendah (Tariq, dkk., 2014) atau tinggi namun memerlukan proses kalsinasi suhu tinggi (Numluk dan Chaisena, 2012).

Tabel 4.1 Hasil XRF Limbah Peleburan Aluminium

Kandungan Logam	Kadar (%)	
	Sebelum pelindian	Setelah pelindian
Al	46,46	52,90
Zn	22,51	15,40
Ti	10,53	11,30
Fe	8,91	4,12
Ca	6,27	3,99
Pb	2,17	0,28
Si	2,07	7,90
Sr	1,08	0,26

Hasil karakterisasi limbah peleburan aluminium sebelum maupun sesudah pelindian dengan XRF ditunjukkan oleh Tabel

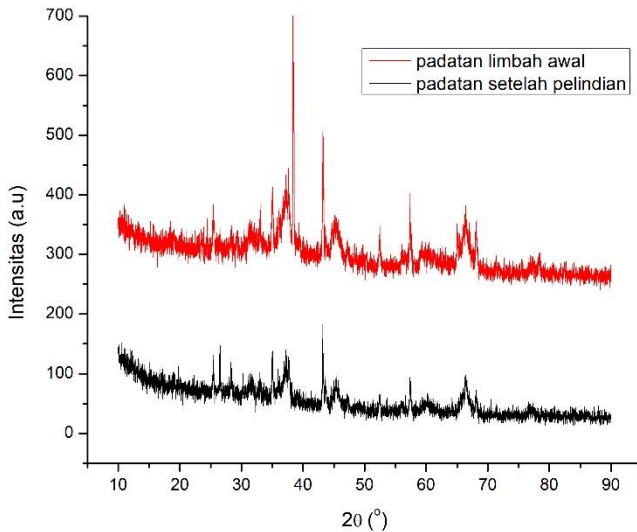
4.1. XRF digunakan untuk mengetahui jenis dan kandungan logam yang terkandung di dalam limbah peleburan aluminium. Kandungan logam aluminium sebelum pelindian memiliki kadar terbesar yaitu 46,46%, sedangkan setelah pelindian kadar logam aluminium meningkat menjadi 52,90%. Naiknya kadar aluminium setelah pelindian diakibatkan oleh penggunaan asam klorida yang digunakan untuk pelindian dapat menurunkan kadar logam-logam pengotor yang berada di limbah peleburan aluminium seperti kadium, besi dan seng namun tidak dapat melarutkan aluminium sehingga didapatkan aluminium dengan kadar yang lebih tinggi (Fitri, 2013).



Gambar 4.1 Hasil XRD Limbah Peleburan Aluminium Sebelum Pelindian

Padatan limbah peleburan aluminium sebelum dan sesudah pelindian juga dianalisis dengan XRD. Hasil dari analisis dengan XRD diinterpretasi untuk identifikasi fasa dengan cara melakukan pencocokan puncak-puncak difraksi dengan suatu standar. Gambar 4.1 menunjukkan limbah peleburan aluminium sebelum pelindian mengandung senyawa $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ yang dibuktikan dengan adanya kemiripan puncak karakteristik yang

khas pada $2\theta = 25,57; 35,15; 43,23; 52,36; \text{ dan } 57,39^\circ$ sesuai dengan basis data ICSD 98-007-5559 serta senyawa AION yang dibuktikan dengan adanya kemiripan puncak karakteristik yang khas pada $2\theta = 31,60; 37,65; 38,37; 45,20; \text{ dan } 66,37^\circ$ sesuai dengan basis data JCPDS 00-048-0686.



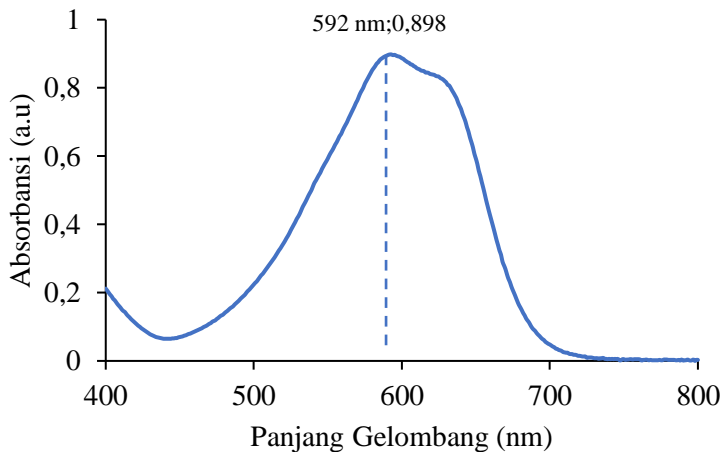
Gambar 4.2 Hasil XRD Limbah Peleburan Aluminium Setelah Pelindian

Hasil analisis XRD pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa limbah peleburan aluminium sebelum dan sesudah pelindian mempunyai pola difraktogram yang sama namun intensitas puncak berbeda. Intensitas puncak limbah peleburan aluminium sesudah pelindian lebih rendah daripada sebelum pelindian karena larutan asam klorida yang digunakan saat pelindian berdifusi dan mendegradasi ikatan atom yang berada di sampel limbah peleburan aluminium (Hidayatulloh, 2020). Hal tersebut menyebabkan susunan atom menjadi lebih acak dan tidak beraturan daripada sebelumnya sehingga derajat kristalinitas

turun. Semakin rendah derajat kristanilitas maka semakin besar luas permukaan adsorben yang akan membuat semakin tinggi daya serap limbah peleburan aluminium setelah pelindian terhadap zat pewarna *Remazol Brilliant Blue R*.

4.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum *Remazol Brilliant Blue R* dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis Genesys 10S pada rentang panjang gelombang 400-800 nm. Besarnya serapan oleh zat yang bukan analat dapat diketahui dengan menyertakan larutan blanko saat pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis. Larutan analat adalah larutan yang akan dianalisis (Laksi, 2000).



Gambar 4.3 Grafik Pengukuran Panjang Gelombang Maksimum *Remazol Brilliant Blue R*

Pada penelitian ini, larutan blanko yang digunakan adalah aqua DM. Larutan blanko adalah larutan yang berisi selain komponen yang akan dianalisis (Torowati dan Galuh, 2014). Pengukuran yang telah dilakukan menghasilkan kurva panjang

gelombang terhadap nilai absorbansi *Remazol Brilliant Blue R* seperti pada Gambar 4.3. Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa panjang gelombang maksimum *Remazol Brilliant Blue R* adalah 592 nm dengan nilai absorbansi 0,898. Panjang gelombang maksimum tersebut sesuai dengan teori bahwa warna biru memiliki panjang gelombang 580-595 nm (Suparno, 2010).

4.3 Kurva Kalibrasi

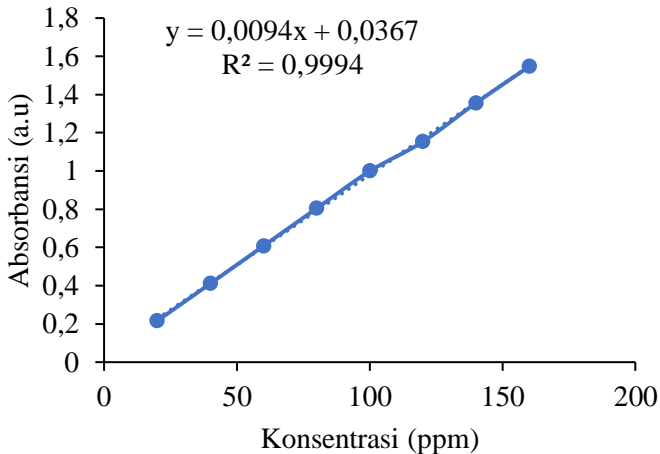
Kurva kalibrasi dapat diperoleh dari membuat larutan *Remazol Brilliant Blue R* dengan variasi konsentrasi 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, dan 160 ppm. Masing-masing konsentrasi diukur nilai absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yaitu 592 nm dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil dari pengukuran tersebut menghasilkan data seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Langkah selanjutnya yaitu nilai absorbansi yang diperoleh dialur sebagai sumbu y sedangkan variasi konsentrasi sebagai sumbu x.

Tabel 4.2 Data Absorbansi Larutan *Remazol Brilliant Blue R*

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (a.u)
20	0,216
40	0,411
60	0,608
80	0,804
100	0,999
120	1,153
140	1,356
160	1,546

Kurva kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R* dapat dilihat pada Gambar 4.4. Persamaan regresi linear yang diperoleh dari kurva kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R* adalah $y = 0,0094x + 0,0367$ dengan nilai R^2 yaitu 0,9994. Syarat dari diterimanya persamaan regresi linear yaitu jika nilai faktor koreksi adalah $0,0995 \leq r \leq 1$ (Riadi, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa persamaan regresi linear dari kurva kalibrasi *Remazol Brilliant*

Blue R memenuhi syarat yang ditetapkan sehingga dapat disebut linear. Persamaan regresi linear yang telah didapatkan selanjutnya digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel pada setiap parameter yang digunakan untuk menentukan kondisi optimum adsorpsi.



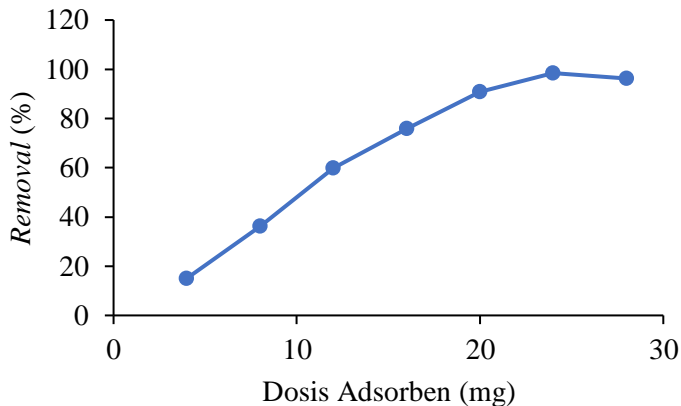
Gambar 4.4 Kurva Kalibrasi Larutan *Remazol Brilliant Blue R*

4.4 Studi Adsorpsi

4.4.1 Variasi Dosis Adsorben

Variasi dosis adsorben dilakukan untuk mengetahui pengaruh dosis limbah peleburan aluminium jika digunakan untuk proses adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R*. Pengaruh dosis adsorben ini penting untuk diteliti agar dapat diketahui berapa dosis adsorben optimum yang dibutuhkan untuk mengadsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* secara maksimal sehingga menghasilkan persentase *removal* tertinggi. Menurut Ara dkk. (2015) dosis adsorben adalah salah satu parameter yang berfungsi untuk menentukan kapasitas suatu adsorben untuk konsentrasi awal adsorbat yang diberikan.

Pada penelitian ini, variasi dosis adsorben yang digunakan adalah 4, 8, 12, 16, 20, 24, dan 28 mg. Larutan *Remazol Brilliant Blue R* 100 ppm yang digunakan sebanyak 25 mL dan waktu kontak saat proses adsorpsi adalah 30 menit. Masing-masing variasi dosis adsorben diukur sebanyak tiga kali atau triplo untuk melihat akurasi dan presisi dari hasil adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* (Kusriani dkk., 2017). Syarat dari presisi adalah memiliki nilai simpangan baku kurang dari atau sama dengan 2% (Harmita, 2004).



Gambar 4.5 Grafik Penentuan Dosis Adsorben Optimum

Hasil dari penelitian pada variasi dosis adsorben ini dapat dilihat pada Gambar 4.5. Data yang dihasilkan menunjukkan peningkatan persentase *removal* bersamaan dengan meningkatnya dosis adsorben. Hal ini terjadi karena semakin banyak dosis adsorben yang digunakan maka luas permukaan akan semakin meningkat sehingga sisi aktif dari adsorben yang dapat menyerap warna juga semakin besar (Puspita dkk., 2017). Dosis adsorben optimum pada penelitian ini adalah 24 mg dengan persentase *removal* 98,45%.

Pemilihan dosis adsorben optimum 24 mg juga didukung oleh hasil dari uji-t “*Paired Two Sample for Means*” antara data

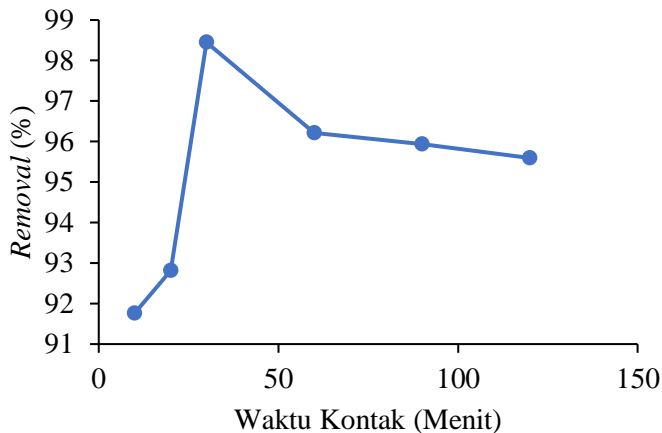
dosis adsorben 24 mg dengan 20 mg dan 24 mg dengan 28 mg. Hasil uji-t “*Paired Two Sample for Means*” pada dosis 24 mg dengan 20 mg menunjukkan bahwa t hitung lebih besar dari t tabel sehingga H_1 diterima. Hal tersebut menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara kedua data. Uji-t “*Paired Two Sample for Means*” antara data dosis adsorben 24 mg dengan 28 mg menghasilkan data t hitung lebih kecil dari t tabel sehingga H_0 diterima. Hal tersebut berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara kedua data. Kesimpulan dari uji statistik yang telah dilakukan yaitu dosis adsorben optimum adalah 24 mg.

Penambahan dosis adsorben lebih dari 24 mg menghasilkan persentase *removal* turun dari sebelumnya yaitu dari 98,45% menjadi 96,21%. Hal ini terjadi karena pori-pori yang ada pada permukaan adsorben mengalami kejenuhan akibat sisi aktif adsorben hanya mampu menyerap satu molekul adsorbat, sehingga adsorben tidak dapat menyerap warna kembali (Saraswati dan Sukandar, 2013). Jenuhnya sisi aktif adsorben ini menyebabkan terjadinya penurunan adsorpsi serta pelepasan kembali adsorbat yang telah diadsorpsi (Haironi dkk., 2018). Peristiwa ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang terjadi tergolong sebagai adsorpsi fisika. Penyebab lain dari turunnya persentase *removal* adalah terjadi penggumpalan antar adsorben yang digunakan sehingga luas permukaan adsorben menurun (Saraswati dan Sukandar, 2013).

4.4.2 Variasi Waktu Kontak

Variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R*. Pengaruh waktu kontak ini penting untuk diteliti agar dapat diketahui berapa lama waktu kontak optimum yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang maksimum serta persentase *removal* yang tinggi. Menurut Syauqiyah dkk. (2011) waktu kontak yang lama menyebabkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik.

Pada penelitian ini variasi waktu kontak yang digunakan adalah 10, 20, 30, 60, 90, dan 120 menit. Larutan *Remazol Brilliant Blue R* 100 ppm yang digunakan sebanyak 25 mL dan dosis adsorben sebanyak 24 mg sesuai dengan hasil optimum. Masing-masing variasi waktu kontak diukur sebanyak tiga kali atau triplo untuk melihat akurasi dan presisi dari hasil adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* (Kusriani dkk., 2017). Syarat dari presisi adalah memiliki nilai simpangan baku kurang dari atau sama dengan 2% (Harmita, 2004).



Gambar 4.6 Grafik Penentuan Waktu Kontak Optimum

Hasil dari penelitian pada variasi waktu kontak ini dapat dilihat pada Gambar 4.6. Data yang didapatkan menunjukkan kenaikan persentase *removal* yang signifikan pada waktu kontak 10 hingga 20 menit dan mencapai kesetimbangan dalam waktu 30 menit. Hal ini terjadi karena pada awal penyerapan, permukaan adsorben masih belum terlalu banyak berikatan dengan molekul zat warna yang menempati sisi aktif adsorben sehingga persentase *removal* meningkat (Hidayati dkk., 2016). Waktu kontak optimum pada penelitian ini adalah 30 menit dengan persentase *removal* 98,45%.

Pemilihan waktu kontak optimum 30 menit juga didukung oleh hasil dari uji-t "*Paired Two Sample for Means*" antara data waktu kontak 30 menit dengan 20 menit dan 30 menit dengan 60 menit. Hasil uji-t "*Paired Two Sample for Means*" pada waktu kontak 30 menit dengan 20 menit menunjukkan bahwa t hitung lebih besar dari t tabel sehingga H_1 diterima. Hal tersebut menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara kedua data. Uji-t "*Paired Two Sample for Means*" antara data waktu kontak 30 menit dengan 60 menit menghasilkan data t hitung lebih kecil dari t tabel sehingga H_0 diterima. Hal tersebut berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara kedua data. Kesimpulan dari uji statistik yang telah dilakukan yaitu waktu kontak optimum adalah 30 menit.

Pada waktu kontak 60 hingga 120 menit terjadi penurunan persentase *removal* karena seluruh sisi aktif dari adsorben telah jenuh oleh adsorbat sehingga menyebabkan terjadinya penurunan adsorpsi serta pelepasan kembali adsorbat yang telah diadsorpsi (Haironi dkk., 2018). Peristiwa ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi yang berlangsung tergolong sebagai adsorpsi fisika. Penurunan persentase *removal* terjadi dari 98,45% menjadi 96,21%.

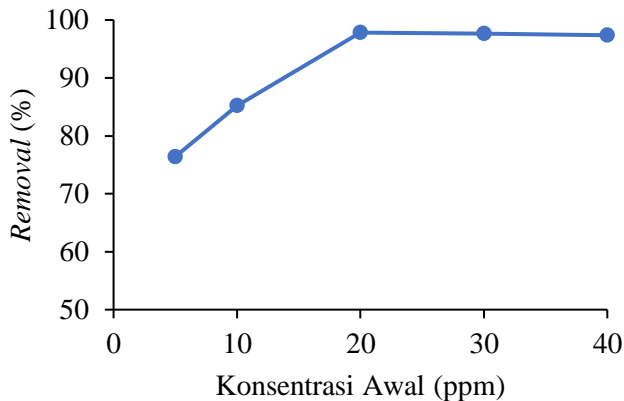
Menurut Mufrodi dkk. (2008) waktu jenuh adalah keadaan dimana konsentrasi tidak mengalami perubahan bahkan setelah waktu tertentu karena adsorben mengalami desorpsi. Penyebab turunnya persentase *removal* ini dikuatkan oleh Mizwar dan Diena (2012) yaitu proses pengadukan yang berlangsung pada waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan ikatan antara adsorbat dan adsorben yang terbentuk akan terlepas kembali.

4.4.3 Variasi Konsentrasi Awal

Variasi konsentrasi awal dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R*. Pengaruh konsentrasi awal ini penting untuk diteliti agar dapat diketahui berapa konsentrasi awal optimum yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang maksimum serta persentase *removal* yang tinggi. Menurut Saraswati dan

Sukandar (2013) pengaruh konsentrasi awal dapat dihubungkan dengan teori tumbukan, dimana semakin tinggi konsentrasi larutan maka semakin banyak molekul yang akan saling bertumbukan sehingga reaksi akan berlangsung lebih cepat.

Pada penelitian ini, variasi konsentrasi awal yang digunakan adalah 5, 10, 20, 30, dan 40 ppm. Larutan *Remazol Brilliant Blue R* sebanyak 25 ml serta dosis adsorben 24 mg distirer selama 30 menit sesuai dengan waktu optimum. Masing-masing variasi konsentrasi awal diukur sebanyak tiga kali atau triplo untuk melihat akurasi dan presisi dari hasil adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* (Kusriani dkk., 2017). Syarat dari presisi adalah memiliki nilai simpangan baku kurang dari atau sama dengan 2% (Harmita, 2004).



Gambar 4.7 Grafik Penentuan Konsentrasi Awal Optimum

Hasil dari penelitian pengaruh konsentrasi awal dapat dilihat pada Gambar 4.7. Data yang dihasilkan menunjukkan kenaikan persentase *removal* yang signifikan dari konsentrasi awal 5 ppm dan mencapai kesetimbangan pada konsentrasi awal 20 ppm. Hal ini terjadi karena situs aktif pada permukaan adsorben belum jenuh sehingga semakin tinggi konsentrasi *Remazol Brilliant Blue R* maka semakin banyak molekul zat

warna yang teradsorpsi (Sahara dkk., 2018). Pada penelitian ini, konsentrasi awal optimum yang menghasilkan nilai persentase *removal* tertinggi adalah 20 ppm yaitu 97,82%.

Pemilihan konsentrasi optimum 20 ppm juga didukung oleh hasil dari uji-t "*Paired Two Sample for Means*" antara data konsentrasi awal 20 ppm dengan 10 ppm dan 20 ppm dengan 30 ppm. Hasil uji-t "*Paired Two Sample for Means*" pada konsentrasi awal 20 ppm dengan 10 ppm menunjukkan bahwa t hitung lebih besar dari t tabel sehingga H_1 diterima. Hal tersebut menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara kedua data. Uji-t "*Paired Two Sample for Means*" antara data konsentrasi awal 20 ppm dengan 30 ppm menghasilkan data t hitung lebih kecil dari t tabel sehingga H_0 diterima. Hal tersebut berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara kedua data. Kesimpulan dari uji statistik yang telah dilakukan yaitu konsentrasi awal optimum adalah 20 ppm.

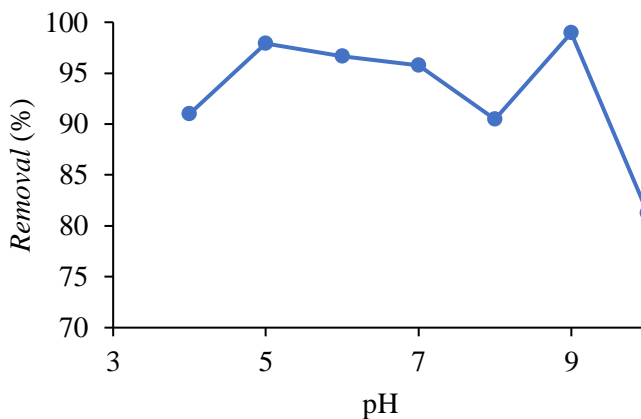
Pada konsentrasi awal setelah 20 ppm terjadi penurunan persentase *removal* dari 97,82% menjadi 97,64%. Hal ini terjadi karena molekul zat warna harus bersaing satu sama lain dalam menempati situs-situs pengikat yang ada pada permukaan adsorben sehingga mengakibatkan sejumlah molekul zat warna tidak ikut teradsorpsi dan tersisa pada larutan (Zahra dkk., 2014). Menurut Sahara dkk. (2018) turunnya persentase *removal* setelah konsentrasi awal optimum adalah permukaan adsorben yang digunakan telah melewati titik jenuh sehingga pori-pori pada permukaan adsorben tidak dapat mengikat molekul-molekul zat warna yang tersisa.

4.4.4 Variasi pH

Variasi pH dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi pH terhadap adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R*. Pengaruh pH ini penting untuk diteliti agar dapat diketahui berapa pH optimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan adsorpsi yang maksimum dan persentase *removal* yang besar. Menurut Lacerda dkk. (2015) pH larutan dapat mendorong atau menghambat terjadinya proses adsorpsi pada larutan tersebut karena kondisi pH yang ada pada

larutan dapat mempengaruhi bentuk ion dari zat warna yang diadsorp, jenis adsorbat, dan muatan pada permukaan adsorben yang digunakan.

Pada penelitian ini, variasi pH yang digunakan adalah 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Larutan *Remazol Brilliant Blue R* 20 ppm sebanyak 25 ml serta dosis adsorben 24 mg distirer selama 30 menit sesuai dengan kondisi optimum pada penelitian sebelumnya. Masing-masing variasi pH diukur sebanyak tiga kali atau triplo untuk melihat akurasi dan presisi dari hasil adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R* (Kusriani dkk., 2017). Syarat dari presisi adalah memiliki nilai simpangan baku kurang dari atau sama dengan 2% (Harmita, 2004).



Gambar 4.8 Grafik Penentuan pH Optimum

Hasil dari penelitian pada pengaruh pH dapat dilihat pada Gambar 4.8. *Remazol Brilliant Blue R* dalam bentuk larutan akan terdisosiasi membentuk anion yaitu gugus sulfonat ($-\text{SO}_3^-$) (Wahyuningsih, 2018). Data yang dihasilkan menunjukkan rendahnya persentase *removal* pada pH 4 yaitu 90,99%. Penyebab dari rendahnya persentase *removal* tersebut adalah pada kondisi yang semakin asam maka jumlah ion H^+ akan semakin banyak

yang bereaksi dengan gugus fungsi negatif dan menghalangi terikatnya *Remazol Brilliant Blue R* pada adsorben (Kristiyani, 2012).

Pada pengaruh pH, persentase *removal* cenderung mengalami kenaikan di pH asam maupun basa. Pada pH 5 persentase *removal* mengalami kenaikan yang signifikan menjadi 97,89% sedangkan pada pH 9 persentase *removal* juga mengalami kenaikan menjadi 98,96%. Pada pH 10 terjadi penurunan persentase *removal* karena jumlah ion OH^- terlalu banyak sehingga *Remazol Brilliant Blue R* mulai mengendap dan mengakibatkan lebih sukar terjadi penyerapan oleh adsorben (Sari dkk., 2016).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adsorpsi pewarna *Remazol Brilliant Blue R* dengan adsorben limbah peleburan aluminium hasil pelindian telah berhasil dilakukan. Kondisi optimum proses adsorpsi pewarna *Remazol Brilliant Blue R* oleh limbah peleburan aluminium hasil pelindian terjadi pada dosis adsorben 24 mg, waktu kontak 30 menit, konsentrasi awal 20 ppm, dan pH 9 dengan persentase *removal* maksimum sebesar 98,96%.

5.2 Saran

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam pengolahan limbah pewarna *Remazol Brilliant Blue R* di Rumah Batik Putat Jaya maupun industri batik lainnya sebelum dibuang ke lingkungan serta penelitian selanjutnya diharapkan dapat menemukan metode maupun adsorben lain yang lebih efisien, efektif dan ekonomis dalam mengurangi konsentrasi limbah pewarna *Remazol Brilliant Blue R*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, A. I., Darjito, dan Khunur, M. M., 2015, “Pengaruh pH dan Waktu Kontak pada Adsorpsi Ion Logam Cd^{2+} Menggunakan Adsorben Kitin Terikat Silang Glutaraldehid”, *Student Jorunal*, **1**, 826-832.
- Abdul-Wahab, S. dan Alsubhi, Z., 2019, “Modelling and Analysis of Hydrogen Fluoride Pollution from An Aluminum Smelter Located in Oman”, *Sustainable Cities and Society*, **51**, 101802.
- Abdullah, F. U., 2010, “Penurunan Kadar Zat Warna Remazol Yellow FG Menggunakan Adsorben Semen”, Portland Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Afkhami, A., Bagheri, H. dan Madrakian, T., 2011, “Alumina Nanoparticles Grafted with Functional Groups as A New Adsorbent in Efficient Removal of Formaldehyde from Watersamples”, *Desalination*, **285**, 151-158.
- Al-Futaisi, A., Jamrah, A. dan Al-Hanai, R., 2007, “Aspects of Cationic Dye Molecule Adsorption to Palygorskite”, *Desalination*, **214**, 327–342.
- Alberty, R. A. dan Daniel, F., 1987, “Physical Chemistry 5th Edititon”, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Alrozi, R., Zamanhuri, N. A., dan Osman M. S., 2012, “Adsorption of Reactive Dye Remazol Brilliant Blue R from Aqueous Solutions by Rambutan Peel”, *IEEE Symposium on Humanities, Science, and Engineering Researches*, Malaysia.
- Ahmad, M. A. dan Alrozi, R., 2011, “Optimization of Rambutan Peel Based Activated Carbon Preparation Conditions for Remazol Brilliant Blue R Removal”, *Chemical Engineering Journal*, **168**, 280-285.
- Al-Degs, Y., Khraishah, M. A. M. Allen, S. J., dan Ahmad, M. N., 2000, “Effect of Carbon Surface Chemistry on The Removal of Reactive Dyes from Textiles Effluent”, *Water Research*, **34**, 927-935.

- Allen, S. J. dan Koumanova, B., 2005, “Decolourisation of Water/Wastewater Using Adsorption (Review)”, *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, **40**, 175-192.
- Amin, S. dan Nurcahya, E., 2018, “Analisis Zat Warna Ekstrak Etil Asetat Buah Tomat Apel (*Lycopersicon esculentum* Miller) Menggunakan Spektrofotometer Ultraviolet-Visible”, *Jurnal Farmasi Galenika*, **5**, 71-81.
- Anugrah, R. I. dan Mamby, H. E., 2020, “Pelindian Alumina dan Besi Oksida Bijih Bauksit Kalimantan Barat dengan Metode Pelindian Asam Klorida”, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, **16**, 1-13.
- Ara, N. J., Rahman, M. A., dan Alam, A. M. S, 2015, “Effect of Salt on The Removal of Remazol Yellow by Activated Charcoal Prepared from Sawdust”, *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, **50** 285-292.
- Ashgi, 2009, “Rancang Bangun Dapur Kowi Pelebur Aluminium Berbahan Bakar Minyak”, *Digital Library*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Atar, N. dan Olgun, A., 2009, “Removal of Basic and Acid Dyes from Aqueous Solutions by A Waste Containing Boron Impurity”, *Desalination*, **249**, 109-115.
- Atkins, P. W., 1999, “Kimia Fisika Edisi Ke-2”, Erlangga, Jakarta.
- Banat, I. M., Nigam, P, Singh D., dan Marchant, R., 1996, “Isolation and Screening of Dye Decolorizing Bacteria”, *Bioresource Technology*, **58**, 217-227.
- Banerjee, S., Dubey, S., Gautama, R. K., Chattopadhyaya, M. C. dan Sharma, Y. C., 2019, “Adsorption Characteristics of Alumina Nanoparticles for The Removal of Hazardous Dye, Orange G from Aqueous Solutions”, *Arabian Journal of Chemistry*, **12**, 5339-5354.
- Barwick, V., 2003, “Preparation of Calibration Curves”, *Valid Analytical Measurement*, LGC Limited.

- Bermejo-Barrera, P., Muñiz-Naveiro, O., Moreda-Piñeiro, A., dan Bermejo-Barrera, A., 2000, "Experimental Designs in The Optimisation of Ultrasonic Bath-Acid-Leaching Procedures for The Determination of Trace Elements in Human Hair Samples by Atomic Absorption Spectrometry", *Forensic Science International*, **107**, 105-120.
- Carneiro, P. A., Umbuzeiro, G. A., Oliveira, D. P. dan Zanoni, M. V. B., 2010, "Assessment of Water Contamination Caused by A Mutagenic Textile Effluent/Dye House Effluent Bearing Disperse Dyes", *J. Hazard. Mater.*, **174**, 694-119.
- Chiou, M. S. dan Chuang, G. S., 2006, "Competitive Adsorption of Dye Metanil Yellow and RB15 in Acid Solution on Chemically Cross-Linked Kitosan Beads", *Chemosphere*, **62**, 731-740.
- Dajan, A., 1994, "Pengantar Metode Statistik Jilid II", LP3S, Jakarta.
- Dash, B., Das, B.R., Tripathy, B. C., Bhattacharya, L.N., dan Das, S. C., 2008, "Acid Dissolution of Alumina from Waste Aluminium Dross", *Hydrometallurgy*, **92**, 48-53.
- David, E. dan Kopac, J., 2012, "Hydrolysis of Aluminum Dross Material to Achieve Zero Hazardous Waste", *Journal of Hazardous Materials*, **209-210**, 501-509.
- Day, R. A. dan Underwood, A. L., 2002, "Analisis Kimia Kuantitatif", Erlangga, Jakarta.
- Demirbas, A., 2009, "Agricultural Based Activated Carbons for The Removal Dyes from Aqueous Solutions: A Review", *J. Hazard. Mater.*, **167**, 1-9.
- Deniz, F. dan Saygideger, S. D., 2011, "Removal of A Hazardous Azo Dye (Basic Red 46) from Aqueous Solution by Princess Tree Leaf", *Desalination*, **268**, 6-11.
- Deveci, T., Unyayar, A., dan Mazmanci, M. A., 2004, "Production of Remazol Brilliant Blue R Decolourising Oxygenase from The Culture Filtrate of *Funalia trogii* AATC 200800", *Journal of Molecular Catalysis B Enzym*, **30**, 25-32.

- Eichlerová I., Homolka, L., Benada, O., Hubálek, O. K. T., dan Nerud, F., 2007, "Decolorization of Orange G and Remazol Brilliant Blue R by The White Rot Fungus *Dichomitus squalens*: Toxicological Evaluation and Morphological Study", *Chemosphere*, **69**, 795-802.
- El Qada, E. N., Allen, S. J. dan Walker, G. M., 2008, "Adsorption of Basic Dyes from Aqueous Solution Onto Activated Carbons". *Chem. Eng. J.* **135**, 174-184.
- Eren, E., 2009, "Investigation of A Basic Dye Removal from Aqueous Solution Onto Chemically Modified Unye Bentonite", *J. Hazard. Mater.*, **166**, 88-93.
- Eren, E. dan Afsin, B., 2007, "Investigation of A Basic Dye Adsorption from Aqueous Solution Onto Raw and Pre-Treated Sepiolite Surface", *J. Dyes Pig.*, **73**, 162-167.
- Eren, E., Cubuk, O., Ciftci, H., Eren, B. dan Caglar, B., 2010, "Adsorption of Basic Dye from Aqueous Solutions by Modified Sepiolite: Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics Study", *Desalination*, **252**, 88-96.
- Evan, M. E. dan Heller, F., 2003, "Environment Magnetism Principles and Application of Enviromagnetics", Academic Presses, California.
- PANalytical, B. V., 2009, "X-Ray Fluorescence Spectrometry".
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J. S., 1982, "Kimia Organik", Erlangga, Jakarta.
- Fitri, N. T. D., 2013, Ekstraksi dan Penentuan Kadar Ion Aluminium Hasil Ekstraksi dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara. Skripsi Jurusan Kimia Universitas Negeri Jember.
- Fonte, S. J. and E. Y. Quansah. 2009. Fertilizer and residue quality effects on organic matter stabilization in soil aggregates. *J. of Soil Science*. 73 (1): 961-966
- Forgacs, A., Cserhádi, T. dan Oros, G., 2004, "Removal of Synthetic Dyes from Wastewaters: A Review", *Environ. Int.*, **30**, 953-971.

- Gandjar, I. G., dan Rohman, A., 2007, "Kimia Farmasi Analisis", Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Ghababazade, R., Mirhabibi, A., Pourasad, J., Brown, A., Brydson, A., dan Amiri, M. J., 2007, "Study of The Phase Composition and Stability of Explosive Synthesis Nanosized Al_2O_3 ", *Journal Surface Science*, **601**, 2864-2870.
- Giménez-Martín, E., Ontiveros-Ortega, A., Espinosa-Jiménez, M., dan Perea-Carpio, R., 2007, "Electrokinetic Effect and Surface Free Energy Behavior in The Adsorption Process of a Reactive Dye Onto Leacril Pretreated with Polyethyleneimine Ion", *Journal of Colloid and Interface Science*, **311**, 394-399.
- Grijotheim, K., Kvande, H., dan Zhuxian, Q., 1995, "Key Improvements to Hall-Héroult Since The End of World War II", *Journal of The Minerals, Metals, and Materials Society*, **47**, 32-35.
- Haironi, Kurniawati, L., Ismillayli, N., 2018, "Aplikasi KITOSAN Teraktivasi Asam Askorbat Sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Yellow", *Skripsi*, Universitas Mataram.
- Harmita, 2004, "Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan dan Cara Perhitungannya", *Majalah Ilmu Kefarmasian*, **1**, 117-135.
- Harvey, D., 2000, "Modern Analytical Chemistry", McGraw Hill, New York.
- Haryadi, 2006, "Teknologi Pengolahan Beras", Gadjah Mada University Press.
- Haryadi, W., 1992, "Ilmu Kimia Analitik Dasar", Gramedia, Jakarta.
- Hidayati, P., Ulfan, I., dan Juwono, H., 2016, "Adsorpsi Zat Warna Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Nata de coco: Optimasi Dosis Adsorben dan Waktu Kontak", *Jurnal Sains dan Seni ITS*, **5**, C134-C136.
- Hidayatulloh, K. C., 2020, "Sintesis Sodalit dari Residu Pelindihan Limbah Peleburan Aluminium", *Skripsi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

- Jamaluddin, Massinai, M. A., dan Tahir, D., 2016, “Analisis Kandungan Logam Oksida Menggunakan Metode XRF (X-Ray Fluorescence)”, *Jurnal Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin*.
- James, R. C., 2007, “Introduction to X-Ray Powder Diffraction”, 1-9.
- Kara, S., Aidiner, C., Damirbas, E., Kobya, M. dan Dizge, N., 2006, “Modeling The Effects of Adsorbent Dose and Particle Size on The Adsorption of Reactive Textile Dyes by Fly Ash”, *J. Desalination*, **212**, 282-293.
- Karyasa, I. W., 2013, “Studi X-Ray Fluorescence dan X-Ray Diffraction Terhadap Bidang Belah Batu Pipih Asal Tejakula”, *Jurnal Sains dan Teknologi*, **2**, 204-212.
- Kemenperin.go.id, 2011, “Produksi Batik Terus Meningkat”, kemenperin.go.id/artikel/872/Produksi-Batik-Terus-Meningkat-, diakses pada 9 Desember 2019.
- Khopkar, S. M., 2003, “Konsep Dasar Kimia Analitik”, UI-Press.
- Khopkar, S. M., 2010, “Konsep Dasar Kimia Analitik”, Airlangga University Press, Surabaya.
- Kristiyani, D., 2012, “Pemanfaatan Zeolit Abu Sekam Padi untuk Menurunkan Kadar Ion Pb^{2+} pada Air Sumur”, *Indonesian Journal of Chemical Science*, **1**, 13-19.
- Kusriani, H., Marliani, L., dan Apriliani, E., 2017, “Aktivitas Antioksidan dan Tabir Surya dari Tongkol dan Rambut Jagung (*Zea Mays L.*)”, *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, **4**, 10-17.
- Lacerda, V. S., López-Sotelo, J. B., Correa-Guimarães, A., Hernández-Navarro, S., Sánchez-Báscones, M., Navas-Gracia, L. M., Martín-Ramos, P., dan Martín-Gil, J., 2015, “Rhodamine B Removal with Activated Carbons Obtained from Lignocellulosic Waste”, *Journal of Environmental Management*, **155**, 67-76.
- Laksi, M., 2000, “Kimia Analitik Dasar”, Grafindo Media Utama, Bandung.
- Liu, R., Qu, J., Song, J., Qi, T., dan Du, A., 2014, “Analysis of Water Leaching and Transition Processes in Zirconium

- Oxychloride Octahydrate Production”, *Ceramics International*, **20**, 1431-1438.
- Magga, R., 2010, “Analisis Perancangan Tungku Pegecoran Logam (Non-Ferro) Sebagai Saranan Pembelajaran Teknik Pegecoran”, *Jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan*, **7**, 54-60.
- Maghfiroh, L., 2016, “Adsorpsi Zat Warna Tekstil Remazol Brilliant Blue Menggunakan Zeolit yang Disintesis dari Abu Layang Batubara”, *Skripsi*, Universitas Negeri Semarang.
- Mahinroosta, M. dan Allahverdi, A., 2018, “Enhanced Alumina Recovery from Secondary Aluminum Dross for High Purity Nanostructured γ -Alumina Powder Production: Kinetic Study”, *Journal of Environmental Management*, **212**, 278-291.
- Mahmoud, M. D., Osman, M. M., Hafez, O. F. dan Elmelegy, E., 2010a, “Removal and Preconcentration of Lead(II), Copper(II), Chromium(III) and Iron(III) from Wastewaters by Surface Developed Alumina Adsorbents with Immobilized 1-Nitroso-2-Naphtol”, *Journal of Hazardous Materials*, **173**, 349-357.
- Malakootian, M., Mansoorian, H. J., Hosseini, A. dan Khanjani, N., 2015, “Evaluating The Efficacy of Alumina/Carbon Nanotube Hybrid Adsorbents in Removing Azo Reactive Red 198 and Blue 19 Dyes from Aqueous Solutions”, *Process Safety and Environmental Protection*, **96**, 125-137.
- Mandin, P., Wüthrich, r., dan Roustan, H., 2009, “Industrial Aluminium Production: The Hall-Heroult Process Modelling”, *Paper Presented at The ECS Transaction*, **31**, 5387-5397.
- Mirjalili, F., Hasmaliza, M. dan Luqman, C., 2011, “Preparation of Nano Scale α -Al₂O₃ Powder by The Sol Gel Method”, *Ceramics Silikat*, **55**, 378-383.
- Mishra, G. dan Tripathy, M., 1993, A Critical Review of The Treatment for Decolorization of Textile Effluent”, *Colourage*, **40**, 35-38.

- Mizwar, A. dan Diena, N. N. F., 2012, “Penyisihan Warna pada Limbah Cair Industri Sasirangan dengan Adsorpsi Karbon Aktif”, *Info Teknik*, **13**, 1-6.
- Montolalu, C. E. J. C. dan Langi, Y. A. R., 2018, “Pengaruh Pelatihan Dasar Komputer dan Teknologi Informasi bagi Guru-Guru dengan Uji-T Berpasangan (Paired Sample T-Test), *Jurnal Matematika dan Aplikasi deCartesiaN*, **7**, 44-46.
- Mufrodi, Z. N., Widiastuti, dan 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.
- Muliawan, A., 2017, “Identifikasi Material Pasir Desa Sambera Marangkayu menggunakan XRF dan XRD”, *Seminar Nasional dan Workshop Geofisika FMIPA Universitas Mulawarman*, Samarinda.
- Nasrudin, 2005, “Dynamic Modelling and Simulation of A Two-Bed Silicagel Water Adsorption Shiller”, *Disertation*, Germany.
- Ningrum, L. P., Lusiana, R. A., dan Nuryanto, R., 2008, “Dekolorisasi Remazol Brilliant Blue dengan Menggunakan Karbon Aktif”, *Makalan Penelitian*, Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA Undip, Semarang.
- Nirmasari, A. D., 2008, “Pengaruh pH Terhadap Elektrodekolorisasi Zat Warna Remazol Black B dengan Elektroda PbO₂, *Makalah Penelitian UNDIP*, Semarang.
- Nogueira, F. G. E., Asencios, Y. J. O., Rodella, C. B., Porto, A. L. M., dan Assaf, E. M., 2016, “Alternative Route for The Synthesis of High Surface-Area η -Al₂O₃/Nb₂O₅ Catalyst from Aluminum Waste”, *Materials Chemistry and Physics*, **184**, 23-30.
- Nukman, Mataram, A., dan Yani, I., 2015, “Peleburan Skrap Aluminium pada Tungku Krusibel Berbahan Bakar

- Batubara Hasil Proses Aglomerasi Air-Minyak Sawit”, *Jurnal Mechanical*, **6**, 6-14.
- Numluk, P. dan Chaisena, A., 2012, “Sulfuric Acid and Ammonium Sulfate Leaching of Alumina from Lampang Clay”, *E-Journal of Chemistry*, **9**, 1364-1372.
- Oscik, J., 1982, “Adsorption”, John Willey & Sons, Inc, New York.
- Osma, J. F., Toca-Herrera, J. L., dan Rodríguez-Couto, S., 2010, “Transformation Pathway of Remazol Brilliant Blue R by Immobilised Laccase”, *Bioresource Technology*, **101**, 8509-8514.
- Pavia, D. L., Lampman, G. L., Kris G. S., dan Vyvyan J. R., 2008, “Introduction to Spectroscopy”, Brook Cole, USA.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2012, “Pedoman Pelaksanaan Reduce, Reuse, dan Recycle Melalui Bank Sampah”.
- Peter, R. H., 1975, “Textile Chemistry”, *Elsevier*, Oxford.
- Prasad, S., 2000, “Studies on The Hall-Heroult Aluminum Electrowinning Process”, *Journal of The Brazilian Chemical Society*, **11**, 245-251.
- Pridatama, R., 2020, “Optimasi Adsorpsi Zat Warna Sintetik Indigoso Pink IR Menggunakan Adsorben Karbon Aktif”, *Skripsi*, Insititut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Pslb3.menlhk.go.id, 2019, “Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun di Kabupaten Jombang Jawa Timur”, <http://pslb3.menlhk.go.id/read/pemulihan-lahan-terkontaminasi-limbah-bahan-berbahaya-dan-beracun-di-kabupaten-jombang-jawa-timur> diakses pada 28 Juni 2020.
- Purnama, H. dan Kurnianto, A. R., 2016, “Pemanfaatan Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Zat Warna Reactive Blue 19”, *The 3rd University Research Coloquium 2016*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Puspita, M., Firdaus, M. L., dan Nurhamidah, 2017, “Pemanfaatan Arang Aktif Sabut Kelapa Sawit Sebagai

- Adsorben Azat Warna Sintetis Reactive Red-120 dan Direct Green-26”, *Jurnal Pendidikan Ilmu Kimia*, **1**, 75-79.
- Putri, L. A., 2018, “Pengaruh Limbah Cair Pewarnaan Batik Terhadap Struktur Anatomi Akar Krisan (*Chrysanthemum morifolium* Ramat)”, Universitas Gadjah Mada.
- Rachmasari, N. A. dan Sugiarto, D., 2017, “Analisis Pengaruh Ion Cd(II) pada Penentuan Ion Fe (II) dengan Pengompleks 1,10-Fenantrolin Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis”, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, **6**, C5-C10.
- Rambe, A., 2009, “Pemanfaatan Biji Kelor *Moringa Oleifera* Sebagai Koagulan Alternatif dalam Proses Penjernihan Limbah Cair Industri Tekstil”, Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Renuka, N. K., Shijina, A. V. dan Praveen, A. K., 2012, “Mesoporous γ -Alumina Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Dye Removal Efficiency”, *Materials Letters*, **82**, 42-44.
- Riadi, E., 2016, *Statistika Penelitian (Analisis Manual dan IBM SPSS)*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Ridhowati, S., 2013, “Mengenal Pencemaran Ragam Logam”, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Ridwan, 2006, “Dasar-Dasar Statistika”, Alfabeta, Bandung.
- Rohmawati, S., 2011, “Degradasi Remazol Brilliant Blue dalam Limbah Tenun Kain dengan Metode Elektrokoagulasi”, *Skripsi*, Universitas Negeri Semarang.
- Rohman, A., 2007, “Kimia Farmasi Analisis”, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Sahara, E., Gayatri, S., dan Suarya, P., 2018, “Adsorpsi Zat Warna Rhodamin-B dalam Larutan oleh Arang Aktif Batang Tanaman Gunitir Teraktivasi Asam Fosfat”, *Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*, **6**, 37-45.
- Sajima dan Triyono, 2017, “Pelindian Leburan Pasir Zirkon Kalimantan Menggunakan Air Panas Bench Scale”, *Jurnal Forum Nuklir*, **11**, 1-6.

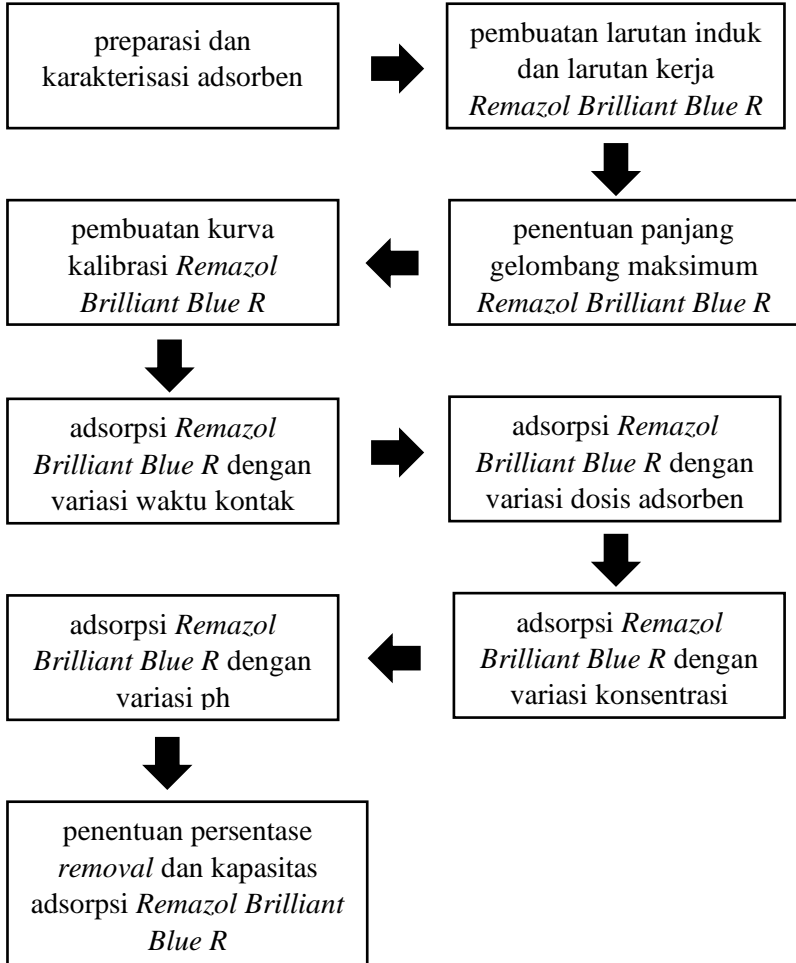
- Santhy, K. dan Selvapathy, P., 2006, "Removal of Reactive Dyes from Wastewater by Adsorption on Coir Pith Activated Carbon", *Bioresource Technology*, **97**, 1329-1336.
- Saputra, O. A., Rachma, A. H., dan Handayani, D. S., 2017, "Adsorption of Remazol Brilliant Blue R Using Amino-Functionalized Organoasilane in Aqueous Solution", *Indonesian Journal of Chemistry*, **17**, 343-350.
- Saraswati, T. dan Sukandar, 2013, "Pemanfaatan Biomassa Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) Sebagai Sorben Untuk Aplikasi Pengolahan Limbah", **1**, 1-12.
- Saravanakumar, R., Ramachandran, K., Laly, L. G., Ananthapadmanabhan, P. V., dan Yugeswaran, S., 2018, "Plasma Assisted Synthesis of γ -Alumina from Waste Aluminium Dross", *Waste Management*, **77**, 565-575.
- Sari, K. P., Prasetya, A. T., dan Widiarti, N., 2016, "Imobilisasi Zat Warna dalam Serat Daun Nanas Sebagai Campuran Pembuatan Kertas", *Indonesian Journal of Chemical Science*, **5**, 108-114.
- Sartono, A. A., 2006, "Difraksi Sinar-X (XRD)", Tugas Akhir Matakuliah Proyek Laboratorium, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Sembodo, S. T. B., 2006, "Model Kinetika Langmuir untuk Adsorpsi Timbal pada Abu Sekam Padi", *Jurnal Ekuilibrium*, **5**, 28-33.
- Setiabudi, A., Hardian, R., dan Muzakir, A., 2012, "Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia", UPI Press, Bandung.
- Setyaningtyas, T. dan Roy, A., 2007, "Penurunan Kadar Zat Warna Rodamin B Menggunakan Humin Hasil Isolasi dari Tanah Hutan Damar Batu Raden", *Molekul*, Universitas Jenderal Soedirman.
- Sigel, S., 1994, "Statistik Non Parametrik untuk Ilmu-Ilmu Sosial", PT. Gramedia, Jakarta.
- Sugiyono, 2010, "Statistika untuk Penelitian", Alfabeta, Bandung.

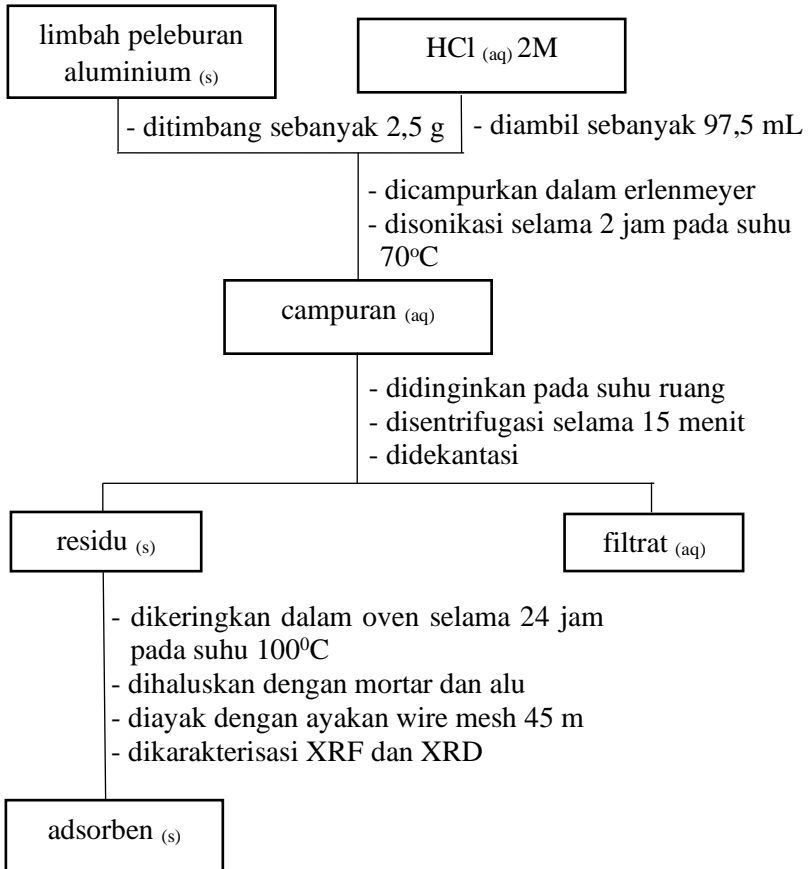
- Sukarta, I. N. dan Lusiani, N. K. S, 2016, “Adsorpsi Zat Warna Azo Jenis Remazol Brilliant Blue oleh Limbah Daun Ketapang (*Terminalia catappa* l.)”, *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016*, Universitas Pendidikan Ganesha.
- Sumantry, T., 2002, “Aplikasi XRF Untuk Identifikasi Lempung pada Kegiatan Penyimpanan Lestari Limbah Radioaktif”, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah VIII*, Pusat Teknologi Limbah Radioaktif – BATAN.
- Sundari, E., 2011, “Rancangan Bangunan Dapur Peleburan Aluminium Bahan Bakar Gas”, *Jurnal Austenit*, **3**, 17-26.
- Suparno, 2010, “Degradasi Zat Warna Indigosol dengan Metode Oksidasi Katalitik Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi dan Ozonasi”, *Skripsi*, Universitas Indonesia, Depok.
- Suryawan dan Bambang, 2004, “Karakteristik Zeolit Indonesia Sebagai Adsorben Uap Air”, *Disertasi*, FTUI, Depok.
- Syauqiyah, I., Amalia, M., dan Kartini H. A., 2011, “Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif”, *Info Teknik*, **12**, 11-20.
- Tariq, M., Iqbal, M. M., Aziz, A., Shafiq, M., Sajid, M. dan Mohammad, B., 2014, “Recovery of Alumina from Khusbab Bauxite by Leaching with Sulphuric Acid and Removal of Iron Impurity by Ethanol”, *Journal of The Chemical Society of Pakistan*, **36**, 624-629.
- Torowati dan Galuh B. S., 2014, “Penentuan Nilai Limit Deteksi dan Kuantitasi Alat Titrasi Potensiometer untuk Analisis Uranium”, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Puspittek.
- Tripathy, A. K., Mahalik, S., Sarangi, C. K., Tripathy, B. C., Sanjay, K., dan Bhattacharya, I.N., 2019, “A Pyro-Hydrometallurgical Process for The Recovery of Alumina from Waste Aluminium Dross”, *Minerals Engineering*, **137**, 181-186.
- Tyagi, O. D., Yadav, M. S. dan Yadav, M., 2002, “A Textbook of Synthetic Dyes”, Anmol Publication Pvt Ltd., 67.

- Volesky, B. dan Naja, G., 2005, "Biosorption Application Strategies", IBS Compress Co, Capetown South Africa.
- Wahyuningsih, A. W. K., Ulfin, I., dan Suprpto, 2018, "Pengaruh pH dan Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Adsorben Ampas Singkong", *Jurnal Sains dan Seni ITS*, **7**, C17-C19.
- Wang, H., Chang, Y., Dong, S., Lei, Z., Zhu, Q., Luo, P., dan Xie, Z., 2013, "Investigation on Hydrogen Production Using Multicomponent Aluminum Alloys at Mild Conditions and Its Mechanism", *International Journal of Hydrogen Energy*, **23**, 1236-1243.
- Wang, J., Bao, Y., Ma, R., Li, Y., Gong, L., Zhang, Y., Niu, Z., dan Xin, B., 2018, "Gallium Recovery from Aluminum Smelting Slag Via A Novel Combined Process of Bioleaching and Chemical Methods", *Hydrometallurgy*, **177**, 140-145.
- Wang, S. dan Peng, Y., 2010, "Natural Zeolite As Effective Adsorbent in Water and Wastewater Treatment", *Chemical Engineering Journal*, **156**, 11-24.
- Widayanto, T., Yuliawati, T., dan Susilo, A. D., 2017, "Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif", *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, **1**, 17-23.
- Yang-chun, F., Yan-chun, H., dan Xiu-min, M., 2017, "The Application of Student's T-Test in Internal Quality Control of Clinical Laboratory", *Frontiers in Laboratory Medicine*, **1**, 125-128.
- Yuanita, D., Widjajanti, E., dan Sulistyani, 2014, "Penggunaan Lumpur Aktif sebagai Material untuk Biosorpsi Pewarna Remazol", *Molekul*, **9**, 93-100.
- Yuningsih, N. E., 2020, "Adsorpsi Pewarna Sintetik Remazol Brilliant Blue R Menggunakan Adsorben Karbon Aktif", *Skripsi*, Insititut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Zahra, N. L., Sugiyana, D., dan Notodarmojo, S., 2014, "Adsorpsi Zat Warna Tekstil Reactive Red 141 pada Tanah Liat Lokal Alami", *Arena Tekstil*, **29**, 63-72.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A PROSEDUR PENELITIAN



SKEMA KERJA**A.1 Preparasi dan Karakterisasi Adsorben Limbah Peleburan Aluminium**

A.2 Pembuatan Larutan Induk *Remazol Brilliant Blue R* 1000 ppm dan Larutan Kerja *Remazol Brilliant Blue R* 100 ppm



A.3 Penentuan Panjang Gelombang Larutan *Remazol Brilliant Blue R*

larutan *Remazol Brilliant Blue R* 100

- dimasukkan ke dalam kuvet
- diukur absorbansi maksimum pada rentang panjang gelombang 400-800 nm dengan spektrofotometer UV-Vis dengan aqua DM sebagai blanko

hasil λ_{maks} *Remazol Brilliant Blue R*

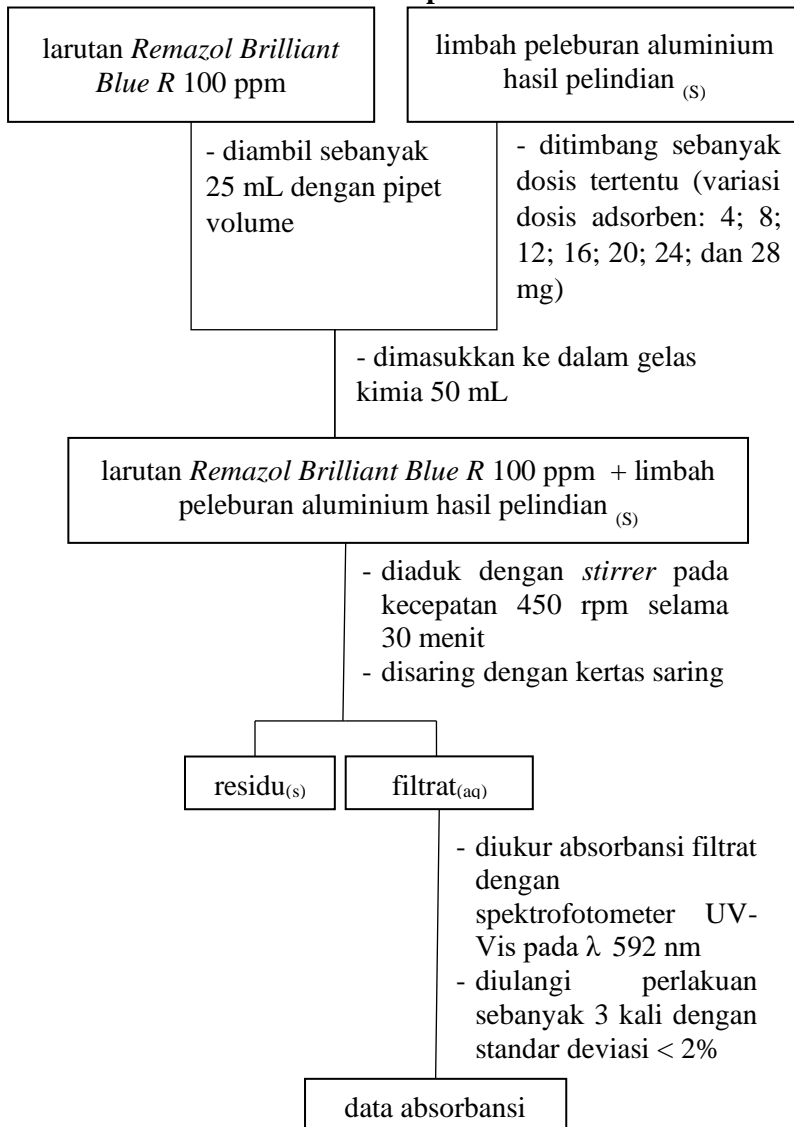
A.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R*

larutan induk *Remazol Brilliant Blue R* 1000 ppm

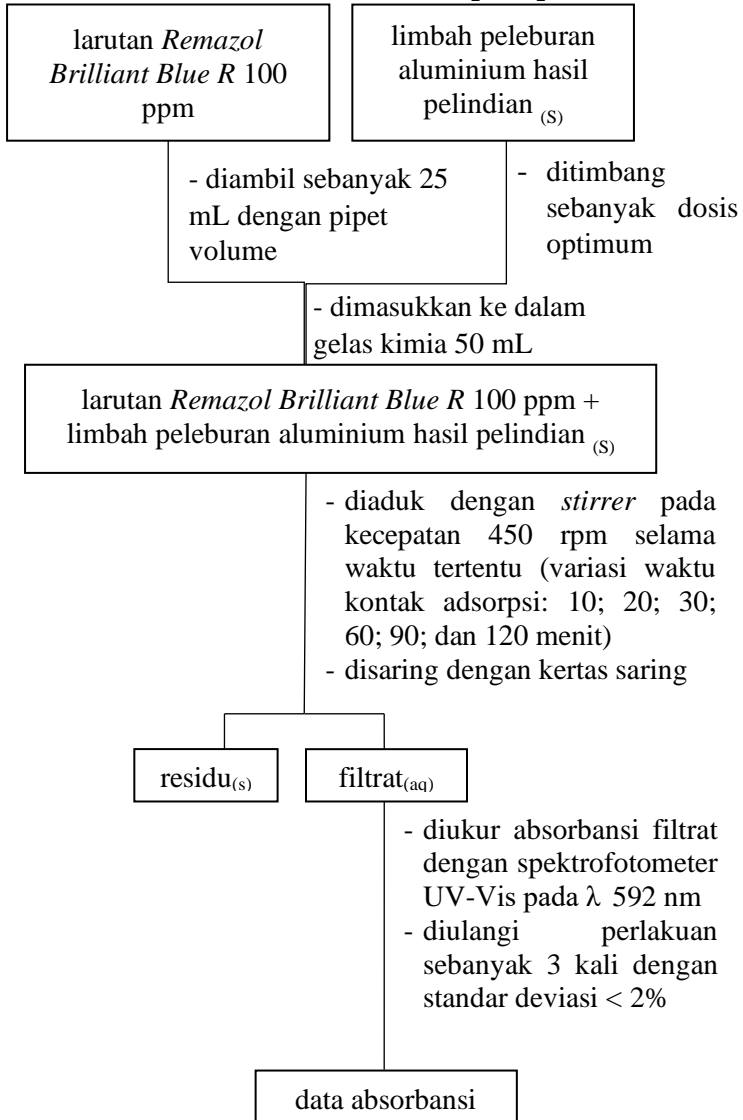
- diambil dengan pipet ukur berturut-turut sebanyak 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16 mL
- dimasukkan masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL
- diencerkan dengan aqua DM sampai tanda batas
- dikocok hingga homogen
- diukur absorbansi masing-masing dengan spektrofotometer UV-Vis dengan aqua DM sebagai blanko pada λ 592 nm
- dibuat kurva absorbansi terhadap konsentrasi

kurva kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R*

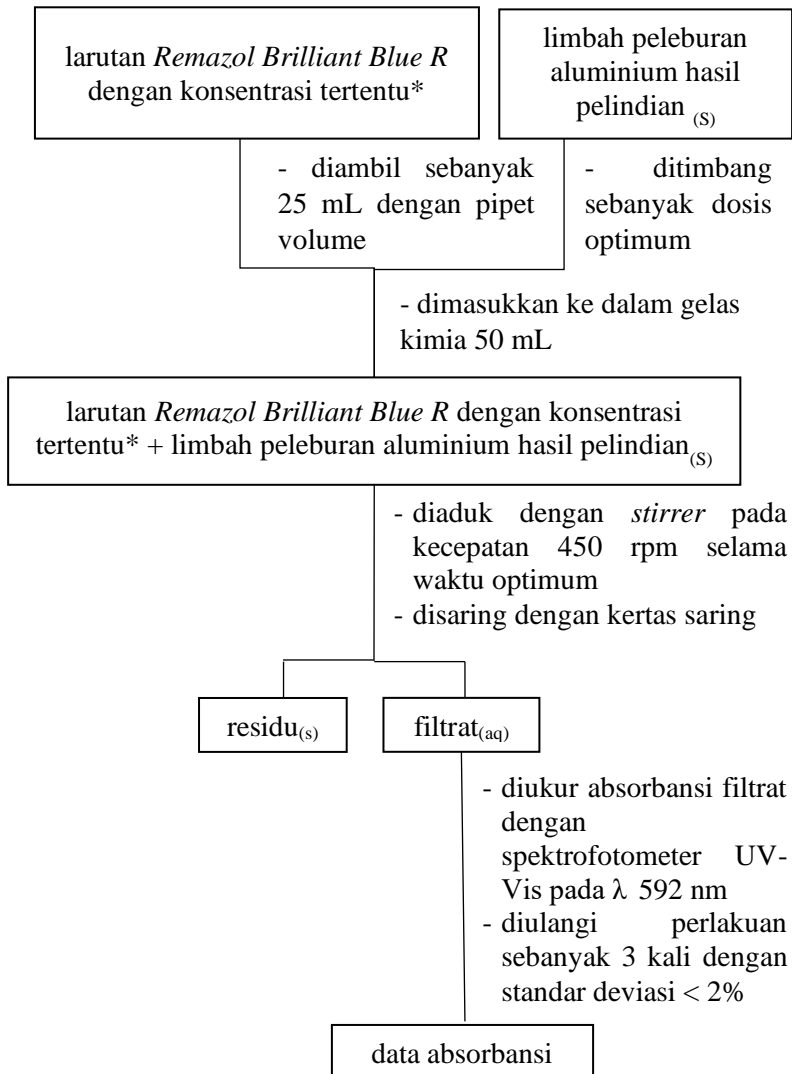
A.5 Penentuan Dosis Adsorben Optimum



A.6 Penentuan Waktu Kontak Adsorpsi Optimum

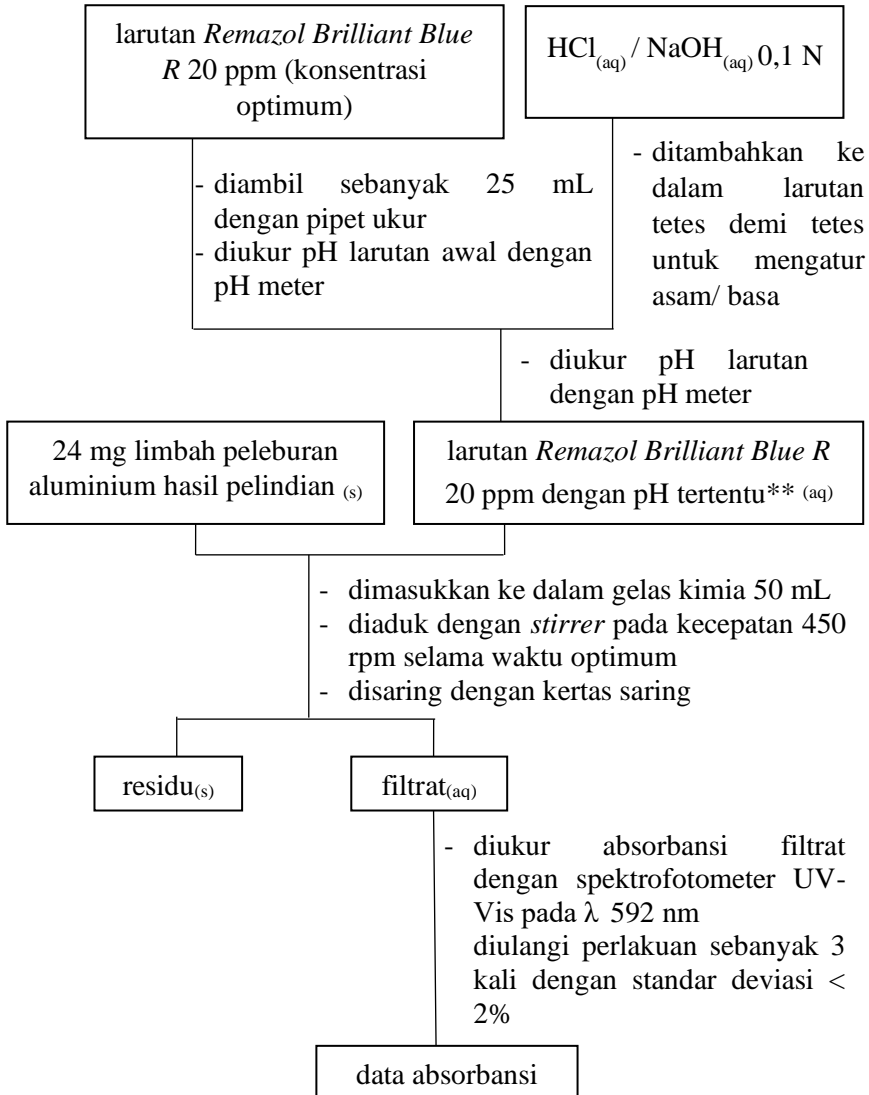


A.7 Penentuan Konsentrasi Awal Adsorbat Optimum



*variasi konsentrasi: 5, 10, 20, 30, dan 40 ppm

A.8 Penentuan pH Adsorpsi Optimum



**variasi pH : 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10

LAMPIRAN B PERHITUNGAN LARUTAN

B.1 Pembuatan Larutan Induk *Remazol Brilliant Blue R* 1000 ppm

Larutan induk *Remazol Brilliant Blue R* dibuat dengan melarutkan serbuk pewarna *Remazol Brilliant Blue R* sebanyak 0,5001 g dengan aqua DM dalam labu ukur 500 mL. Larutan induk *Remazol Brilliant Blue R* 1000 ppm diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$1000 \text{ ppm} = 1000 \text{ mg/L}$$

$$\text{Konsentrasi (ppm)} = \frac{\text{Massa zat (mg)}}{\text{Volume pelarut (L)}}$$

$$1000 \text{ ppm} = \frac{x \text{ mg}}{0,5 \text{ L}}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa zat} &= 500,1 \text{ mg} \\ &= 0,5001 \text{ g} \end{aligned}$$

B.2 Pembuatan Larutan Kerja *Remazol Brilliant Blue R*

Larutan kerja untuk variasi dosis adsorben, waktu kontak, serta pH menggunakan larutan *Remazol Brilliant Blue R* 100 ppm yang dibuat dengan mengencerkan larutan induk 1000 ppm sebanyak 100 mL dalam labu ukur 1 L.

Sedangkan pada variasi konsentrasi awal, konsentrasi larutan kerja *Remazol Brilliant Blue R* yang digunakan adalah 5; 10; 20; 30; dan 40 ppm. Larutan kerja tersebut dibuat dengan mengencerkan larutan induk *Remazol Brilliant Blue R* 1000 ppm dengan volume tertentu dalam labu ukur 250 mL dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

Keterangan:

V_1 = Volume larutan induk *Remazol Brilliant Blue R* 1000 ppm

V_2 = Volume labu ukur yang digunakan

M_1 = Volume larutan induk *Remazol Brilliant Blue R* 1000 ppm

M_2 = Konsentrasi larutan kerja *Remazol Brilliant Blue R*

Berikut contoh perhitungan untuk larutan kerja *Remazol Brilliant Blue R* 5 ppm:

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 1000 \text{ ppm} = 250 \text{ mL} \cdot 5 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 1,25 \text{ mL}$$

Perhitungan yang sama dilakukan untuk konsentrasi larutan kerja *Remazol Brilliant Blue R* lainnya seperti pada Tabel B.1.

Tabel B.1 Pembuatan larutan kerja *Remazol Brilliant Blue R*

Konsentrasi Larutan Kerja <i>Remazol Brilliant Blue R</i> (ppm)	Volume Ambil Larutan Induk <i>Remazol Brilliant Blue R</i> 1000 ppm (mL)
5	1,25
10	2,50
20	5,00
30	7,50
40	10,00

B.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi *Remazol Brilliant Blue R*

Kurva kalibrasi dibuat melalui alur antara konsentrasi larutan standar *Remazol Brilliant Blue R* dengan absorbansi yang diperoleh melalui hasil pengukuran dengan spektrofotometer UV-Vis dengan aqua DM sebagai blanko pada λ 592 nm. Hasil absorbansi pada masing-masing konsentrasi dapat dilihat pada Tabel C.2.

Konsentrasi larutan standar sebagai sumbu-x dan absorbansi sebagai sumbu-Y. Berdasarkan hasil pada Tabel C.2 maka dapat diperoleh persamaan garis $y = 0,0094x + 0,0367$ dengan nilai regresi sebesar 0,9994. Persamaan tersebut selanjutnya digunakan dalam perhitungan konsentrasi *Remazol Brilliant Blue R* untuk masing-masing variasi optimasi proses adsorpsi.

Tabel B.2 Data absorbansi *Remazol Brilliant Blue R* pada larutan standar

Konsentrasi Larutan Standar <i>Remazol Brilliant Blue R</i> (ppm)	Absorbansi (a.u)
20	0,216
40	0,411
60	0,608
80	0,804
100	0,999
120	1,153
140	1,356
160	1,546

B.4 Persentase *Removal* Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R*

Persentase *Removal* adalah penurunan konsentrasi zat warna per konsentrasi awal dalam persen. Perhitungan persentase *removal* dapat diperoleh dengan dengan rumus :

$$\text{Persentase } removal = \frac{\text{konsentrasi awal-akhir}}{\text{konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

Konsentrasi akhir diperoleh dengan mengukur larutan *Remazol Brilliant Blue R* yang telah mengalami proses adsorpsi dengan spektrofotometer UV-Vis. Absorbansi yang diperoleh pada panjang gelombang 592 nm dicatat dan disubstitusi ke dalam persamaan kuva kalibrasi untuk mendapatkan nilai konsentrasi.

LAMPIRAN C
DATA HASIL ADSORPSI

C.1 Variasi Dosis Adsorpsi (konsentrasi awal 100 ppm, waktu kontak 30 menit, dan kecepatan pengadukan 450rpm)

Adsorben (mg)	A_t	C_t (ppm)	Removal (%)	Rata-Rata Removal (%)	STDEV (%)
4	0,792	80,330	14,12	15,07	1,29
	0,771	78,074	16,53		
	0,788	79,926	14,55		
8	0,599	59,798	36,07	36,26	0,50
	0,601	59,989	35,87		
	0,592	59,096	36,82		
12	0,377	36,245	61,25	59,77	1,86
	0,409	39,585	57,68		
	0,385	37,074	60,36		
16	0,259	23,628	74,74	75,84	1,04
	0,241	21,691	76,81		
	0,248	22,479	75,97		
20	0,115	8,351	91,07	90,94	0,62
	0,112	7,968	91,48		
	0,122	9,117	90,25		
24	0,063	2,798	97,00	98,45	1,25
	0,045	0,883	99,05		
	0,043	0,670	99,28		
28	0,064	2,904	96,81	96,21	0,89
	0,066	3,096	96,61		
	0,078	4,394	95,18		

C.2 Variasi Waktu Kontak (konsentrasi awal 100 ppm, dosis adsorben 24 mg, dan kecepatan pengadukan 450rpm).

Waktu (menit)	A_t	C_t (ppm)	Removal (%)	Rata-Rata Removal (%)	STDEV (%)
10	0,115	8,330	90,87	91,76	0,81
	0,106	7,372	91,92		
	0,101	6,862	92,48		
20	0,092	5,904	93,53	92,81	1,17
	0,093	5,989	93,44		
	0,110	7,798	91,46		
30	0,063	2,798	97,00	98,45	1,25
	0,045	0,883	99,05		
	0,043	0,670	99,28		
60	0,062	2,670	97,07	96,21	1,01
	0,067	3,223	96,47		
	0,079	4,479	95,09		
90	0,066	3,117	96,58	95,93	0,64
	0,077	4,287	95,30		
	0,072	3,734	95,91		
120	0,092	5,926	93,51	95,60	1,83
	0,063	2,798	96,93		
	0,068	3,330	96,35		

C.3 Variasi Konsentrasi Awal (waktu kontak 30 menit, dosis adsorben 24 mg, dan kecepatan pengadukan 450rpm)

C_0 (ppm)	A_t	C_t (ppm)	Removal (%)	Rata-Rata Removal (%)	STDEV (%)
5	0,048	1,202	77,08	76,40	1,17
	0,048	1,202	77,08		

C_o (ppm)	A_t	C_t (ppm)	Removal (%)	Rata-Rata Removal (%)	STDEV (%)
	0,049	1,309	75,05		
10	0,050	1,415	87,12	85,18	1,93
	0,052	1,628	85,18		
	0,054	1,840	83,25		
	0,037	0,032	99,84		
20	0,044	0,777	96,30	97,82	1,82
	0,042	0,564	97,31		
	0,039	0,245	99,22		
30	0,043	0,670	97,86	97,64	1,70
	0,049	1,309	95,83		
	0,046	0,989	97,55		
40	0,047	1,096	97,29	97,32	0,21
	0,048	1,160	97,13		

C.4 Variasi pH (konsentrasi awal 20 ppm, waktu kontak 30 menit, dosis adsorben 24 mg, dan kecepatan pengadukan 450rpm)

pH	A_t	C_t (ppm)	Removal (%)	Rata-Rata Removal (%)	STDEV (%)
4	0,051	1,521	92,40	90,98	1,33
	0,054	1,840	90,81		
	0,056	2,053	89,75		
5	0,039	0,245	98,77	97,89	0,81
	0,041	0,457	97,71		
	0,042	0,564	97,18		
6	0,044	0,777	96,12	96,65	1,91
	0,039	0,245	98,77		

pH	A_t	C_t (ppm)	Removal (%)	Rata-Rata Removal (%)	STDEV (%)
	0,046	0,989	95,06		
7	0,042	0,564	97,18	95,76	1,62
	0,048	1,202	93,99		
	0,044	0,777	96,12		
	0,055	1,947	90,28		
8	0,055	1,947	90,28	90,45	0,30
	0,054	1,840	90,81		
	0,037	0,032	99,84		
9	0,039	0,245	98,77	98,96	0,81
	0,040	0,351	98,24		
	0,071	3,649	81,78		
10	0,071	3,649	81,78	81,25	0,92
	0,074	3,968	80,19		

LAMPIRAN D
DATA HASIL UJI-t

D.1 Data Hasil Uji-t “Paired Two Sample for Means” Pada Variasi Dosis Adsorben

Uji-t antara dosis adsorben 24 mg dan 28 mg

Dosis (mg)	24	28
Mean	0,984495316	0,962056982
Variance	0,000156929	7,8749E-05
Observations	3	3
Pearson Correlation	-0,66906276	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	1,982172556	
P(T<=t) one-tail	0,092975601	
t Critical one-tail	2,91998558	
P(T<=t) two-tail	0,185951202	
t Critical two-tail	4,30265273	

Keterangan:

$$|t_{hitung}| < |t_{kritis}| = 1,982 < 4,302$$

Sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti tidak ada perbedaan signifikan.

Uji-t antara dosis adsorben 24 mg dan 20 mg

Dosis (mg)	24	20
Mean	0,9844953	0,90936015
Variance	0,0001569	3,9111E-05
Observations	3	3
	-	
Pearson Correlation	0,2773501	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	8,4091829	
P(T<=t) one-tail	0,0069242	
t Critical one-tail	2,9199856	
P(T<=t) two-tail	0,0138483	
t Critical two-tail	4,3026527	

Keterangan:

$$|t_{hitung}| > |t_{kritis}| = 8,409 > 4,302$$

Sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti ada perbedaan signifikan.

D.2 Data Hasil Uji-t “Paired Two Sample for Means” Pada Variasi Waktu Kontak

Uji-t antara waktu kontak 30 menit dan 60 menit

Waktu (menit)	30	60
Mean	0,98449532	0,96213465
Variance	0,00015693	0,000103
Observations	3	3
Pearson Correlation	-0,7941476	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	1,80214292	
P(T<=t) one-tail	0,10665472	
t Critical one-tail	2,91998558	
P(T<=t) two-tail	0,21330944	
t Critical two-tail	4,30265273	

Keterangan:

$$|t_{hitung}| < |t_{kritis}| = 1,802 < 4,302$$

Sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti tidak ada perbedaan signifikan.

Uji-t antara waktu kontak 30 menit dan 20 menit

Waktu (menit)	30	20
Mean	0,98449532	0,9281141
Variance	0,00015693	0,00013721
Observations	3	3
Pearson Correlation	-0,6086074	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	4,49138028	
P(T<=t) one-tail	0,0230833	
t Critical one-tail	2,91998558	
P(T<=t) two-tail	0,0461666	
t Critical two-tail	4,30265273	

Keterangan:

$$|t_{hitung}| > |t_{kritis}| = 4,491 > 4,302$$

Sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti ada perbedaan signifikan.

D.3 Data Hasil Uji-t “*Paired Two Sample for Means*” Pada Variasi Konsentrasi Awal

Uji-t antara konsentrasi awal 20 ppm dan 30 ppm

Konsentrasi (ppm)	20	30
Mean	0,9782054	0,976408
Variance	0,000334	0,000291
Observations	3	3
Pearson Correlation	0,6061426	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	0,1981108	
P(T<=t) one-tail	0,4306346	
t Critical one-tail	2,9199856	
P(T<=t) two-tail	0,8612691	
t Critical two-tail	4,3026527	

Keterangan:

$$|t_{hitung}| < |t_{kritis}| = 0,1981 < 4,302$$

Sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti tidak ada perbedaan signifikan.

Uji-t antara konsentrasi awal 20 ppm dan 10 ppm

Konsentrasi (ppm)	20	10
Mean	0,990032	0,851883
Variance	0,000214	0,000375
Observations	3	3
Pearson Correlation	0,866025	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	24,1363	
P(T<=t) one-tail	0,000856	
t Critical one-tail	2,919986	
P(T<=t) two-tail	0,001712	
t Critical two-tail	4,302653	

Keterangan:

$$|t_{hitung}| > |t_{kritis}| = 24,136 > 4,302$$

Sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti ada perbedaan signifikan.

LAMPIRAN E DOKUMENTASI PENELITIAN



Serbuk *Remazol Brilliant Blue R*



Penimbangan Serbuk *Remazol Brilliant Blue R*



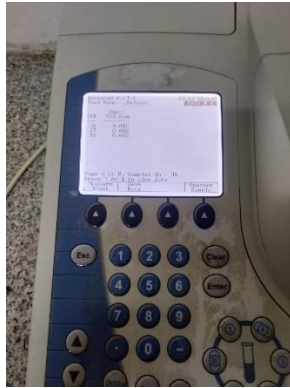
Pembuatan Larutan *Remazol Brilliant Blue R* 1000 ppm



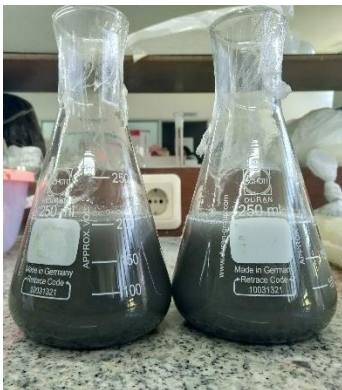
Proses Adsorpsi *Remazol Brilliant Blue R*



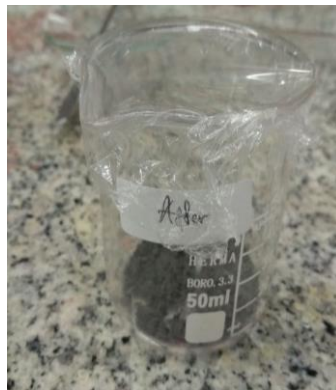
Pembuatan Larutan *Remazol Brilliant Blue R* Variasi pH



Pengukuran Absorbansi Hasil Adsorpsi dengan UV-Vis



Pelindihan Limbah Peleburan Aluminium



Hasil Pelindihan Limbah Peleburan Aluminium

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Putri Augista Nur Azizah yang dilahirkan di Banyuwangi, 11 Agustus 1997 dan merupakan anak bungsu dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kartika, SD IV Bagorejo, SMPN 1 Srono, dan SMAN 1 Glagah. Penulis diterima di Departemen Kimia FSAD Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2016 yang terdaftar dengan NRP 01211640000061. Selama menempuh pendidikan sebagai mahasiswa, penulis aktif mengikuti pelatihan, organisasi, dan kepanitiaan. Pelatihan pengembangan diri dan keprofesian yang pernah diikuti oleh penulis diantaranya adalah LKMM PRA TD FMIPA ITS 2016, LKMM TD HIMKA ITS 2017, LOT HIMKA ITS 2018, serta kegiatan keilmiah berupa Program Kreativitas Mahasiswa yang didanai oleh RISTEKDIKTI pada tahun 2018. Selain pelatihan, penulis juga aktif diberbagai organisasi dan kepanitiaan diantaranya sebagai Sekretaris Chemistry Week 10 dan 11, Staf PSDM HIMKA ITS 2018, Staf BSO IECC BEM ITS 2018, dan Sekretaris Direktur BSO IECC BEM ITS 2019. Di Departemen Kimia ITS, penulis mengambil bidang Analitik sehingga kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Instrumentasi Sains dan Analitik. Penulis 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 melalui puteriaugista@gmail.com.