



SKRIPSI

**ADSORPSI PEWARNA SINTETIS *INDIGOSOL*
GOLDEN YELLOW IRK MENGGUNAKAN KARBON
AKTIF**

**DEWI KARTIKA SARI
NRP. 0121154000085**

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

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



SCRIPT

**ADSORPTION OF INDIGOSOL GOLDEN YELLOW
IRK SYNTHETIC DYE USING ACTIVATED
CARBON**

**DEWI KARTIKA SARI
NRP. 0121154000085**

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

**CHEMSITRY DEPARTMENT
FACULTY OF SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

**ADSORPSI PEWARNA SINTETIS *INDIGOSOL GOLDEN*
YELLOW IRK MENGGUNAKAN KARBON AKTIF**

SKRIPSI

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

Oleh:

Dewi Kartika Sari

NRP. 0121154000085

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS SAINS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

**Adsorpsi Pewarna Sintetis *Indigosol Golden Yellow IRK*
Menggunakan Karbon Aktif**

SKRIPSI

Oleh:

Dewi Kartika Sari
NRP. 0121154000085

Surabaya, 26 Juni 2019

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D

Suprpto, Ph.D

NIP. 19840524 200812 2 006

NIP. 19720919 199802 1 002



Mengetahui,
Kepala Departemen Kimia

Prof. Dr. Didik Prasetyoko, S.Si., M.Sc.

NIP. 19710616 199703 1 002

ADSORPSI PEWARNA SINTETIS *INDIGOSOL GOLDEN YELLOW IRK* MENGGUNAKAN KARBON AKTIF

Nama : Dewi Kartika Sari
NRP : 01211540000085
Departemen : Kimia FS ITS
Dosen Pembimbing : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D

ABSTRAK

Indigosol Golden Yellow IRK merupakan salah satu pewarna sintetis batik yang dapat mencemari ekosistem perairan apabila dibuang ke lingkungan secara langsung sebagai limbah. Untuk itu perlu dilakukan upaya penurunan konsentrasi pewarna sintetis *Indigosol Golden Yellow IRK* sebelum dibuang, salah satu cara yang efektif yaitu adsorpsi menggunakan karbon aktif. Metode adsorpsi yang digunakan adalah metode *batch* dimana adsorben dengan massa tertentu dan adsorbat (larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan konsentrasi tertentu) dikontakkan dalam waktu tertentu pula. Dalam penelitian ini dilakukan penentuan kondisi optimum adsorpsi larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan parameter waktu kontak, massa adsorben, konsentrasi awal larutan, dan pH. Spektrofotometer UV-Vis digunakan sebagai instrumen pengukur absorbansi filtrat hasil adsorpsi sehingga dapat dihitung konsentrasi akhir larutan dan %*removal* larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*. Dari hasil percobaan yang dilakukan secara triplo dengan relatif standar deviasi $\leq 2\%$ didapatkan waktu kontak optimum adsorpsi selama 60 menit dengan massa adsorben sebesar 14 mg dan konsentrasi awal larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 60 ppm dalam kondisi asam (pH 4) dengan %*removal* sebesar $96,162\% \pm 0,616$ serta dalam kondisi basa (pH 12) dengan %*removal* sebesar $99,604\% \pm 0,363$.

Kata kunci: Adsorpsi, *Indigosol Golden Yellow IRK*, Karbon Aktif, Spektrofotometer UV-Vis

ADSORPTION OF INDIGOSOL GOLDEN YELLOW IRK SYNTHETIC DYE USING ACTIVATED CARBON

Name : Dewi Kartika Sari
NRP : 012115400000085
Department : Chemistry FS ITS
Advisor Lecturer : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D

ABSTRACT

Indigosol Golden Yellow IRK is one of batik synthetic dyes which can pollute aquatic ecosystems when disposed into the environment directly as waste. For this reason, it is necessary to remove *Indigosol Golden Yellow IRK* synthetic dyes before disposed, one of the effective method is adsorption using activated carbon. Adsorption method which used is batch method while adsorbents with certain mass and adsorbat (*Indigosol Golden Yellow IRK* solution with certain concentration) are contacted on certain time too. In this research, optimum conditions for adsorption *Indigosol Golden Yellow IRK* were determined by contact time, adsorbent mass, initial solution concentration, and pH parameters. Spectrophotometer UV-Vis is used as an instrument to measure the absorbance of filtrate from adsorption process, so that final concentration of solution can be calculated and %removal of *Indigosol Golden Yellow IRK* solution can be calculated too. From this results of experiments conducted in triplo with relative deviation standar $\leq 2\%$, the optimum contact time of adsorption was obtained for 60 minutes with adsorbent mass 14 mg and the initial concentration of the solution in acid condition (pH 4) with %removal $96.162\% \pm 0.616$, also in base condition (pH 12) with %removal $99.604\% \pm 0.363$.

Keywords: Activated Carbon, Adsorption, Indigosol Golden Yellow IRK, Spectrophotometer UV-Vis

*Karya ini saya persembahkan kepada Ayah, Ibu, Kakak
dan Adik serta keluarga saya tercinta
Dosen-dosen yang telah mengajar dan membimbing saya
Serta teman-teman saya tersayang*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrobbil'alaamiin. Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, petunjuk serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi yang berjudul “**Adsorpsi Pewarna Sintetis Indigosol Golden Yellow IRK Menggunakan Karbon Aktif**” dengan baik dan tepat waktu.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari doa, dukungan dan bimbingan beberapa pihak yang turut membantu. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi dan bimbingan selama proses penelitian dan penulisan naskah.
2. Bapak Suprpto, Ph.D selaku dosen pembimbing kedua yang turut membimbing dan memberikan arahan serta motivasi demi pelaksanaan penelitian yang lancar.
3. Ibu Dra. Ita Ulfin, M.Si selaku Kepala Laboratorium Instrumen Sains dan Analitik yang telah memberikan izin melakukan penelitian.
4. Bapak Prof. Dr. Didik Prasetyoko, S.Si., M.Sc. selaku Kepala Departemen Kimia FS ITS yang telah memberikan fasilitas demi terselesaikannya penelitian ini.
5. Ayah, Ibu, Kakak dan Adik serta keluarga tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
6. Teman-teman STABIL tercinta yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama penelitian.
7. Teman-teman Tim Adsorpsi yang telah menemani, membantu dan berdiskusi bersama selama penelitian berlangsung.
8. Teman-teman Laboratorium Instrumen Sains dan Analitik yang telah menemani dan memberikan dukungan serta bantuan selama 1 tahun.
9. Angkatan saya Goldschmidt atas dukungan dan kebersamaan dari awal hingga kini.

Penulis menyadari bahwa penulisan naskah ini tidak lepas dari kesalahan. Untuk itu, segala kritik dan saran yang membangun penulis harapkan untuk penyempurnaan skripsi ini. Demikian, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 2 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
2.1 Zat Warna	5
2.1.1 Pewarna Indigo.....	7
2.1.2 <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	10
2.2 Karbon Aktif.....	11
2.3 Adsorpsi.....	14
2.3.1 Jenis-Jenis adsorpsi	15
2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi	15
2.3.3 Metode <i>Batch</i>	16
2.4 Spektrofotometer UV-Vis.....	18

2.4.1	Komponen Spektrofotometer UV-Vis.....	20
2.4.2	Hukum Lambert-Beer.....	22
2.5	Uji t : Dua Rata-rata Sampel Berpasangan	23
2.6	Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III.....		27
3.1	Alat dan Bahan	27
3.1.1	Alat.....	27
3.1.2	Bahan.....	27
3.2	Prosedur Kerja.....	27
3.2.1	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	27
3.2.2	Pembuatan Kurva Kalibrasi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	28
3.2.3	Uji Adsorpsi dengan Metode <i>Batch</i>	28
3.2.3.1	Pengaruh Waktu Kontak terhadap Uji Adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	28
3.2.3.2	Pengaruh Massa Adsorben terhadap Uji Adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	29
3.2.3.3	Pengaruh Konsentrasi Adsorbat pada Uji Adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	29
3.2.3.4	Pengaruh pH terhadap Uji Adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	30
BAB IV		33
4.1	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	33
4.2	Pembuatan Kurva Kalibrasi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	34

4.3 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Uji Adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	35
4.4 Pengaruh Massa Adsorben terhadap Uji Adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	38
4.5 Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan terhadap Uji Adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	40
4.6 Pengaruh pH terhadap Uji Adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	41
4.7 Optimasi Adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	43
BAB V.....	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN.....	52
A. Diagram Alir Penelitian.....	53
B. Perhitungan.....	60
C. Tabel Data Hasil Adsorpsi.....	63
D. Analisa Uji t : Paired Two Sampels for Mean.....	71
E. Dokumentasi.....	76
BIODATA PENULIS.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	10
Gambar 2.2 Ilustrasi proses adsorpsi.....	14
Gambar 2.3 Peralatan dasar adsorpsi <i>single batch</i>	18
Gambar 2.4 Skema diagram spektrofotometer UV-Vis <i>single beam</i>	21
Gambar 2.5 Pengaluran absorbansi terhadap konsentrasi	23
Gambar 4.1 Kurva panjang gelombang maksimum <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	34
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan standar <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	35
Gambar 4.3 Grafik hubungan % <i>removal</i> terhadap lama waktu kontak adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	37
Gambar 4.4 Grafik hubungan % <i>removal</i> terhadap massa adsorben karbon aktif pada adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i>	39
Gambar 4.5 Grafik hubungan % <i>removal</i> terhadap adsorpsi larutan <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i> dengan variasi konsentrasi awal.....	41
Gambar 4.6 Grafik hubungan % <i>removal</i> terhadap adsorpsi <i>Indigosol Golden Yellow IRK</i> dengan variasi pH larutan	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan antara panjang gelombang cahaya tampak dan warna yang terserap atau teramati.....	6
Tabel 2.2 Pengelompokan pewarna berdasarkan struktur kimia dan metode aplikasi	8
Tabel 2.3 Ukuran pori karbon aktif khas.....	13
Tabel 2.4 Perbedaan antara fisisorpsi dan kemisorpsi.....	17
Tabel 2.5 Daerah spektrum gelombang magnetik.....	19
Tabel 4.1 Data absorbansi larutan pada beberapa konsentrasi	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zat warna biasa digunakan sebagai agen pewarna pada katun dan industri tekstil. Memasuki abad ke-19, semua agen pewarna diperoleh dari sumber alami yang berasal dari tanaman, lumut, serangga dan moluska. Pada era industri tahun 1800, pewarna alami mulai disintesis secara kimiawi (Stasiak, dkk., 2014). Kini, pewarna alami sudah jarang digunakan dan kebanyakan industri yang melibatkan pewarna menggunakan pewarna sintetis. Hal ini dikarenakan pewarna sintetis lebih murah, tahan lama dan memiliki warna yang beragam daripada pewarna alami (Cundari, dkk., 2017).

Banyak industri tekstil di Indonesia yang menggunakan pewarna sintetis, salah satunya untuk pewarnaan batik. Rumah Batik Putat Jaya di Surabaya yang hadir sebagai dampak dari penutupan Dolly (salah satu *hotspot* bisnis prostitusi terbesar di Asia Tenggara) merupakan sarana pembelajaran bagi warga Surabaya dan sekitarnya yang ingin belajar membatik (Surya Online, 2017). Pewarna sintetis batik yang banyak digunakan diantaranya rhodamin B, naftol dan indigosol (Febiyanto, dkk., 2016). Di Rumah Batik Putat Jaya sendiri digunakan tiga macam pewarna batik yaitu naftol, remasol dan indigosol. Pewarna Indigosol merupakan pewarna batik yang baik karena memiliki warna yang cerah, rata dan tahan luntur (Lau, dkk., 2018), serta sering digunakan dalam proses pewarnaan batik secara celup maupun coletan. Salah satu jenis pewarna Indigosol yang digunakan adalah *Indigosol Golden Yellow IRK*. Rumah Batik Putat Jaya yang pernah mendapat penghargaan dalam event kejuaraan membatik tingkat Provinsi Jawa Timur pada 2016 kini semakin terkenal dan ramai pengunjung dari lain daerah yang datang untuk belajar membatik (Surya Online, 2017). Dengan begitu penggunaan pewarna batik akan meningkat.

Lebih dari 100.000 pewarna komersial yang dikenal diproduksi lebih dari 7×10^5 ton per tahunnya dengan total

konsumsi pewarna di industri tekstil seluruh dunia lebih dari 10.000 ton/tahun dan sekitar 100 ton/tahun pewarna dibuang (Yagub, dkk., 2014). Sayangnya, sisa hasil pewarnaan seringkali dibuang begitu saja ke lingkungan sebagai limbah (Rahmawati, dkk., 2009). Limbah cair pewarna sintetis yang dibuang menjadi sumber polusi ekosistem perairan hingga memberikan dampak negatif seperti daerah aliran sungai menjadi berwarna, tidak dapat mendukung sistem kehidupan perairan, mengandung logam berat, kualitas air menjadi semakin buruk dan tidak layak digunakan sebagai air bersih, dapat mengganggu kesehatan, misalnya iritasi kulit dan mata hingga menyebabkan kanker, serta dapat menyebabkan terjadinya mutagen (Febiyanto, dkk., 2016). Maka dari itu diperlukan suatu upaya pengurangan konsentrasi zat warna dari limbah cair hasil pewarnaan agar aman dibuang ke ekosistem perairan dan tidak mencemari lingkungan.

Metode-metode penanganan limbah zat warna terus diteliti dan dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas proses remediasi lingkungan perairan (Febiyanto, dkk., 2016). Berbagai proses fisika-kimia seperti koagulasi elektro-kinetik (Laszlo, 1996), pertukaran ion (Gemeay, dkk., 2003), pemisahan membran (Grimau dan Gutierrez, 2006), oksidasi elektrokimia (Hachem, dkk., 2001), dan degradasi fotokatalitik (Cisneros, dkk., 2002) telah menunjukkan keberhasilan dalam penanganan limbah cair. Namun metode-metode tadi memiliki kekurangan seperti koagulasi yang menghasilkan *sludge* dalam jumlah besar (mengarah pada biaya pembuangan yang tinggi). Pertukaran ion tidak menghilangkan adsorben dalam proses regenerasi, namun tidak dapat mengakomodasi berbagai pewarna dan biayanya mahal. Pemisahan membran juga efektif dalam menghilangkan pewarna, namun karena adanya gangguan yang tinggi dan permasalahan pengotoran membran sehingga penerapannya dibatasi. Karena kisaran pH yang lebar dan pewarna sulit terurai secara biologis, metode biologi konvensional tidak efektif untuk menangani limbah cair pewarna. Selain itu, semua proses tadi tergolong mahal dan tidak dapat digunakan oleh industri kecil untuk menangani berbagai macam limbah cair pewarna. Proses

adsorpsi memberikan alternatif yang menarik, terutama jika adsorbennya murah dan tersedia. Adsorpsi merupakan teknologi yang menjanjikan karena sederhana, mudah dioperasikan, bebas lumpur dan memiliki kapasitas regenerasi (Lakshmi, dkk., 2009). Selain itu, adsorpsi juga efektif dalam mengurangi polutan organik atau non-organik berbahaya dalam air limbah (Yagub, dkk., 2014).

Komponen utama proses adsorpsi yaitu adsorben dan adsorbat. Adsorben yang digunakan dalam kebanyakan proses adsorpsi adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan material dengan porositas tinggi yang terdiri dari lapisan *graphene* hidrofobik serta gugus fungsi permukaan hidrofilik yang membuatnya menguntungkan untuk adsorpsi dan aplikasi katalitik (Viswanathan, dkk., 2009). Karbon aktif biasa digunakan dalam industri skala kecil dan besar sebagai katalis, deodorant, penyerap warna, pemurnian zat dan lain sebagainya (Cundari, dkk., 2017). Keuntungan dari material karbon aktif sebagai adsorben adalah hasil pengolahan limbah berkualitas tinggi, desain prosesnya sederhana, pengoperasian proses yang dikembangkan atau diadopsi mudah. Sebagai tambahan, bahan karbon tahan terhadap lingkungan korosif (asam dan basa) dan beracun (Viswanathan, dkk., 2009).

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini dilakukan adsorpsi salah satu pewarna sintetis batik yaitu *Indigosol Golden Yellow IRK* menggunakan adsorben karbon aktif. Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi dengan empat parameter diantaranya pengaruh waktu kontak, pengaruh massa adsorben, pengaruh konsentrasi awal larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*, dan pengaruh pH untuk mengetahui kondisi optimum adsorpsi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana kinerja karbon aktif sebagai adsorben pewarna sintetis *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam air dengan cara menentukan kondisi optimum adsorpsi yang meliputi waktu kontak, massa

adsorben, konsentrasi awal larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* serta pH.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* diadsorpsi sebanyak 25 mL dengan kecepatan pengadukan 300 rpm dalam variasi waktu 10-140 menit, massa adsorben berkisar antara 8-20 mg, konsentrasi awal larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* sebesar 40-120 ppm dengan rentang pH antara 5 hingga 8.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja karbon aktif sebagai adsorben pewarna sintetis *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam air dengan cara menentukan kondisi optimum adsorpsi yang meliputi waktu kontak, massa adsorben, konsentrasi awal larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* serta pH.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui kinerja karbon aktif sebagai adsorben pewarna sintetis *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan cara menentukan kondisi optimum adsorpsi yang meliputi waktu kontak, massa adsorben, konsentrasi awal larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* serta pH.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Zat Warna

Pewarna merupakan zat berwarna yang memiliki afinitas kimiawi terhadap substrat yang digunakan. Tidak seperti kebanyakan senyawa organik, pewarna dapat memunculkan warna karena adanya serapan cahaya pada spektrum cahaya tampak (panjang gelombang 400-700 nm), memiliki sedikitnya satu kromofor (gugus pembentuk warna), memiliki sistem konjugasi (struktur ikatan ganda dan tunggal secara bergantian), dan menunjukkan resonansi elektron yang merupakan kekuatan penstabil dalam senyawa organik. Ketika struktur molekul kekurangan salah satu dari syarat di atas, maka warna akan hilang. Selain kromofor, sebagian besar pewarna juga mengandung kelompok yang dikenal sebagai auksokrom, contohnya asam karboksilat, gugus asam sulfonat, amino, dan hidroksil. Kehadiran auksokrom dapat mengubah warna pewarna dan sering digunakan untuk mempengaruhi kelarutan pewarna (IARC, 2010). Hubungan antara panjang gelombang cahaya tampak dan warna yang terserap atau teramati ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Pewarna telah digunakan sepanjang sejarah untuk berbagai aplikasi estetika dan lainnya, terutama dalam industri kapas dan tekstil untuk mewarnai bahan (Stasiak, dkk., 2014). Kebanyakan pewarna yang digunakan dalam industri pewarnaan komersial disintesis dari produk sampingan bahan bakar fosil misalnya anilin dan turunan aromatik lainnya (Gilbert, 2017).

Pewarna dapat diklasifikasikan berdasarkan struktur kimia dan metode aplikasinya. Klasifikasi menurut struktur kimia dapat didasarkan pada karakteristik gugus kromofor (misal pewarna azo), struktur kromofor (misal antrakuinon atau flavonoid), turunan salah satu pewarna (misal indigosol) atau karakteristik komponen lainnya (misal adanya gugus reaktif pada pewarna reaktif) (Timar-Balazsy dan Eastop, 2012).

Tabel 2.1 Hubungan antara panjang gelombang cahaya tampak dan warna yang terserap atau teramati

Panjang Gelombang (nm)	Warna terserap	Warna yang teramati
400-435	Nila	Kuning-hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-biru	Oranye
490-500	Biru-hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning-hijau	Nila
580-595	Kuning	Biru
595-605	Oranye	Hijau-biru
605-700	Merah	Biru-hijau

(IARC, 2010)

Pewarna dapat dikelompokkan berdasar metode aplikasinya seperti berikut:

1. Pewarna yang larut dalam air

Contoh: pewarna *direct*, pewarna asam (termasuk pewarna kompleks logam 1:1 dan 1:2), pewarna basa dan pewarna *disperse*. Pewarna yang termasuk kelompok ini tetap larut dalam air walaupun setelah proses pewarnaan. Pewarna ini tidak pernah 100% tahan luntur saat pencucian.

2. Pewarna yang larut dalam air tetapi membentuk zat warna tidak larut dalam air pada serat setelah pewarnaan.

Contoh: pewarna sulfur, pewarna *vat*, pewarna azo atau phtalocyanine yang muncul pada serat, dan pewarna oksidasi. Kelompok ini memiliki sifat tahan luntur yang baik saat pencucian.

3. Pewarna *mordant*

Kelompok ini membentuk kompleks dengan logam *mordant*, *mordant* merupakan garam larut air dari beberapa logam yang ditambahkan sebelum, selama atau setelah pewarnaan. Pewarna *mordant* biasanya menunjukkan ketahanan lunturnya yang sangat baik.

4. Pewarna reaktif

Pewarna ini berikatan dengan serat melalui ikatan kovalen. Sifat tahan lunturnya bervariasi berdasarkan penggunaan pewarnanya, dan dapat memberikan ketahanan luntur yang sangat baik.

5. Pigmen

Biasanya digunakan untuk percetakan atau lukisan sebagai media pengikat yang mengikat permukaan serat. Sifat tahan lunturnya tergantung pada sifat media ikat yang digunakan.

Sedangkan penggolongan pewarna berdasarkan struktur kimia dan metode aplikasinya ditunjukkan pada Tabel 2.2.

2.1.1 Pewarna Indigo

Pewarna *vat* merupakan pewarna tidak larut air apabila tidak terdapat gugus auksokrom yang cukup dalam molekul. Gugus ini menyebabkan terbentuknya kelarutan dalam air pada molekul pewarna melalui reduksi alkalin selama pewarnaan. Bentuk larut air dari pewarna ini dikenal sebagai bentuk *leuco*. Bentuk *leuco* pewarna berdifusi ke dalam serat dan saat terekspos udara akan teroksidasi kembali menjadi pewarna asalnya yang tidak larut air. Karena tidak adanya gugus auksokrom, pewarna *vat* berikatan dengan serat melalui ikatan van der Waals dan beberapa ikatan dipol. Pewarna *vat* memiliki sifat tahan luntur yang baik karena kelarutannya yang terbatas (Timar-Balazsy dan Eastop, 2012). Oleh karena itu, pewarna ini lebih mahal dan lebih sulit diaplikasikan daripada kelas pewarna lain seperti pewarna *direct* dan pewarna asam. Pewarna *vat* dikelompokkan menjadi tiga yaitu pewarna indigoid, antrakuinon dan cincin polisiklik yang menyatu (Jiwalak, 2010).

Hanya ada sedikit pewarna yang termasuk dalam kelompok indigoid, salah satunya pewarna indigo yang merupakan pewarna tertua dan dikenal sebagai pewarna *vat* biru. Indigo berbentuk bubuk kristalin berwarna biru tua merujuk ke warna biru terakhir dalam spektrum sebelum transisi menjadi ungu. Indigo memiliki rumus kimia $C_{16}H_{10}N_2O_2$ dengan berat molekul 262,26 g/mol. Molekul ini menyerap cahaya pada bagian spektrum oranye ($\lambda_{\max} =$

613 nm). Senyawa ini memiliki warna yang gelap karena adanya ikatan rangkap konjugasi yang berdekatan satu sama lain. Turunan indigo memiliki corak dan warna berbeda yaitu kuning, hijau, coklat dan ungu (Stasiak, dkk., 2014).

Tabel 2.2 Pengelompokan pewarna berdasarkan struktur kimia dan metode aplikasi

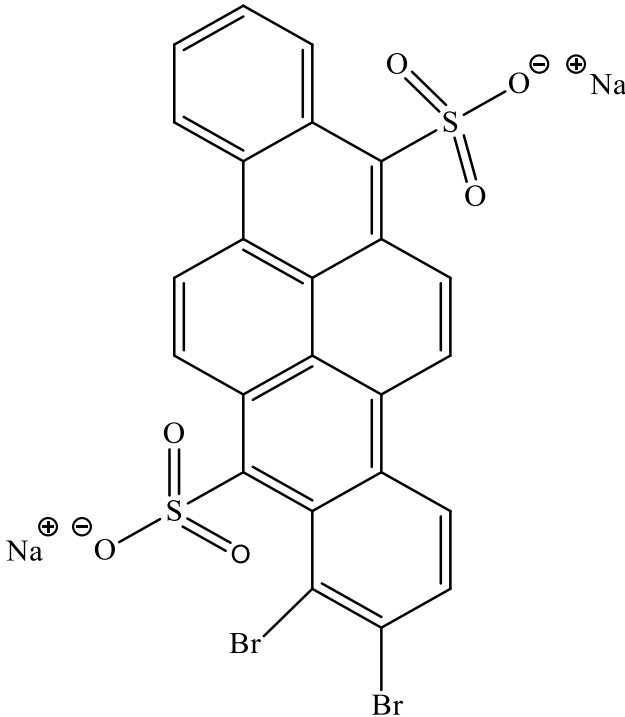
Kelas pewarna	Struktur kimia	Serat
<i>Direct</i>	Garam sulfonat atau asam karboksilat, mono, di atau poli alkohol, asam karboksilat, senyawa azo, trifenilmetana, antrakuinon, azina, oksazina, phtalocyanine, senyawa nitro, senyawa nitroso, senyawa sulfur	Katun, rayon dan selulosa lain
Asam	Garam basa organik, antrakuinon, azina, senyawa polisiklik, phtalocyanine, senyawa nitro, senyawa nitroso, senyawa azo, trifenilmetana	Sutera, wol, akrilik, nilom
Basa	Garam sulfonat atau asam karboksilat, monoalkohol, azina, antrakuinon, oksazina, di dan trifenilmetana, phtalocyanine, senyawa azo	Wol, sutera, nilon, akrilik, polipropilen, spandeks
<i>Disperse</i>	Non-ionik dengan kelarutan terbatas,	Asetat, poliester

	senyawa monoazo dan bisazo, senyawa polisiklik, senyawa nitro, senyawa nitroso	triasetat, nilon, spandeks, akrilik
<i>Vat</i>	Tidak larut. Diterapkan pada bentuk “leuco” reduksi dan oksidasi pada serat: indigoid, ungu, antrakuinon, senyawa polisiklik, phtalocyanine	Katun, rayon, poliester
Sulfur	Mengandung sulfur, diterapkan dalam bentuk reduksi dan oksidasi pada serat	Katun, rayon
Azo	Senyawa azo larut air diterapkan sebagai pewarna direct, asam, basa, mordant atau reaktif; monoazo diazo, azo tidak larut terbentuk dalam serat	Katun, rayon, nilon, poliester
<i>Mordant</i>	Serat diperlakukan dengan senyawa logam sebelum, selama atau setelah pewarnaan, polialkohol, senyawa azo, antrakuinon, senyawa nitro, senyawa nitroso	Selulosa dan serat protein
Reaktif	Membentuk ikatan kovalen dengan serat: monoazo-alkohol/diol, antrakuinon, phtalocyanine	Katun, rayon, wol

(Timar-Balazsy dan Eastop, 2012)

2.1.2 *Indigosol Golden Yellow IRK*

Zat warna yang biasa digunakan dalam industri batik untuk pewarnaan diantaranya rhodamin B, *naphtol* dan indigosol (Febiyanto, dkk., 2016). *Indigosol Golden Yellow IRK* merupakan salah satu pewarna turunan indigo yang memiliki rumus molekul $C_{24}H_{10}Br_2Na_2O_6S_2$ dengan massa molekul relatif sebesar 661,81 g/mol. Pewarna ini sering dipakai dalam proses pembuatan batik (baik batik celup maupun coletan) dikarenakan dapat menghasilkan warna yang stabil, cerah dan lebih tahan lama daripada zat warna lainnya (Nugroho, 2013). Struktur *Indigosol Golden Yellow IRK* ditunjukkan dalam Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2.1 Struktur *Indigosol Golden Yellow IRK* (Nugroho, 2013)

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah material dengan porositas tinggi yang terdiri dari lapisan *graphene* hidrofobik serta gugus fungsi hidrofilik pada permukaan yang membuatnya menguntungkan untuk aplikasi adsorpsi dan katalitik (Viswanathan, dkk., 2009). Karbon aktif atau biasa disebut juga dengan arang aktif, batubara aktif, *carbo activatus*, merupakan karbon inert mikropori dengan luas permukaan internal yang besar yaitu lebih dari 500 m²/g, yang telah diukur dari absorpsi isoterm gas karbon dioksida (CO₂) pada suhu ruang (300 K). Selama karbon aktif memiliki tingkat mikroporositas yang tinggi, 1 gram karbon aktif dapat memberikan luas permukaan antara 600 dan 1.200 kaki persegi (Gupta, 2018).

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang penting karena kapasitas penyerapannya yang luar biasa, memiliki afinitas tinggi untuk berbagai organik terlarut dan dapat dirancang khusus agar sesuai dengan aplikasi yang spesifik. Kegunaannya dalam pemurnian gas, dekafeinisasi, pemurnian emas, ekstraksi logam, pemurnian air, obat-obatan, pengolahan limbah, filter udara dalam masker gas dan respirator, filter udara terkompresi, dan banyak aplikasi lainnya. James Dewar, seorang ilmuwan yang pertama kali menemukan Dewar (tabung hampa udara, salah satu komoditas esensial) mempelajari karbon aktif secara rinci, terutama mengenai kapasitas penyerapannya (Gupta, 2018). Keuntungan dari material karbon aktif sebagai adsorben adalah hasil pengolahan limbah berkualitas tinggi, desain prosesnya sederhana, pengoperasian proses yang dikembangkan atau diadopsi mudah. Sebagai tambahan, bahan karbon tahan terhadap lingkungan korosif (asam dan basa) dan beracun (Viswanathan, dkk., 2009).

Secara fisik, material karbon aktif berikatan secara Van der Waals atau dispersi gaya London. Akan tetapi tidak dapat mengikat zat kimia tertentu seperti alkohol, glikol, asam kuat dan basa, logam dan kebanyakan senyawa anorganik misalnya litium (Li), natrium (Na), besi (Fe), timbal (Pb), dan arsen (As) (Gupta, 2018).

Karbon aktif merupakan produk kompleks yang sulit untuk diklasifikasikan berdasarkan perilaku, karakteristik permukaan, dan kriteria dasar lainnya. Namun, beberapa klasifikasi secara luas

dibuat untuk tujuan umum, berdasarkan ukuran, metode persiapan, dan aplikasi industri, karbon aktif dibedakan menjadi karbon aktif bubuk (PAC, *Powdered Activated Carbon*), karbon aktif butiran (GAC, *Granular Activated Carbon*), *extrude activated carbon* (EAC), *bead activated carbon* (BAC), *impregnated activated carbon*, dan karbon aktif berlapis polimer (Gupta, 2018).

Karbon aktif bubuk berupa butiran halus berdiameter kurang dari 1 mm. Dengan diameter rata-rata, permukaan sampai rasio volume dan jarak difusi yang kecil karbon aktif ini digunakan dalam pengambilan air baku, bak pencampur cepat, *clarifier*, dan filter gravitasi (Gupta, 2018). PAC atau karbon aktif bubuk dapat digunakan secara langsung, biasanya dalam aplikasi *batch*, ditambahkan ke sistem *sludge* air limbah industri untuk menyerap racun dan dalam beberapa kasus sebagai efek sekunder, senyawa biodegradasi. PAC bekas sulit diregenerasi dan biasanya harus dibuang (Washington State Departement of Technology, 2002).

Aktivasi karbon aktif yang dilaporkan oleh banyak peneliti diklasifikasikan menjadi empat proses utama yaitu proses pirolisis (Zhu, dkk., 2009), proses aktivasi fisika dan kimia (Bae, dkk., 2014; Ioannidou dan Zabaniotou, 2007; Zhu, dkk., 2009; Adinata, dkk., 2007) serta karbonisasi dan aktivasi uap / termal (Bae, dkk., 2014; Ioannidou dan Zabaniotou, 2007; Alvarez, dkk., 2014; Zhu, dkk., 2009). Aktivasi fisik meliputi tahap karbonisasi dan aktivasi dimana uap dan karbon dioksida (CO_2) yang merupakan reagen paling banyak digunakan secara luas, secara signifikan mempengaruhi porositas karbon aktif. Aktivasi karbon aktif menggunakan aktivasi kimia mensyaratkan satu tahap dimana reagen kimia seperti kalium hidroksida, asam fosfat, dan seng klorida bisa dengan mudah digunakan pada suhu kamar. Namun, tergantung bahan kimia reagen yang digunakan, pengotor seperti seng (Zn) dan fosfor (P) dapat ditemukan dalam produk karbon aktif, pada saat yang sama dapat mengakibatkan peningkatan biaya operasi karena penambahan bahan kimia yang digunakan (Bae, dkk., 2014).

Menurut definisi IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), pori dibedakan menjadi 3 kelompok yaitu:

1. Makropori (>50 nm)
2. Mesopori (2-50 nm)
3. Mikropori (<2 nm)

Ukuran pori karbon aktif khas ditunjukkan pada Tabel 2.3 di bawah ini. Makropori dan mesopori secara umum dapat dianggap sebagai jalan menuju partikel karbon, dan sangat penting untuk kinetika, sedangkan mikropori biasanya berkontribusi pada bagian utama dari luas permukaan internal (Gupta, 2018).

Tabel 2.3 Ukuran pori karbon aktif khas

	Mikropori	Mesopori atau pori transisi	Makropori
Diameter (nm)	<2	2-50	>50
Volume pori (cm ³ /g)	0,15-0,5	0,02-0,1	0,2-0,5
Luas permukaan (m ² /g)	100-1000	10-1000	0,5-2
Densitas partikel	0,6-0,9 g/cm ³		
Porositas	0,4-0,6		

(Thomas dan Crittenden, 1998)

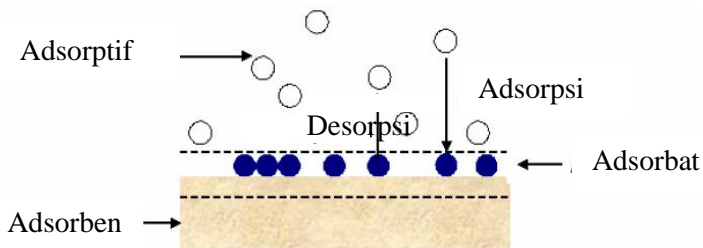
Distribusi ukuran pori dalam karbon aktif sangat penting untuk aplikasi praktis seperti adsorpsi tanin, metilen biru dan deklorinasi. Struktur pori yang diinginkan, distribusi pori, luas permukaan spesifik, tekstur, dan adsorpsi spesifik berkaitan dengan gugus fungsi permukaan. Telah dilaporkan bahwa pembentukan sejumlah besar gugus basa dan asam pada permukaan karbon teroksidasi untuk penyerapan dan sifat-sifat

lainnya dapat berbeda secara signifikan dari karbon yang tidak (Gupta, 2018). Proses adsorpsi karbon menghasilkan tiga limbah yaitu limbah yang diolah, *backwash effluent* (air yang kembali melepaskan padatan yang telah terperangkap dalam *bed*), dan sisa karbon yang dihabiskan (Washington State Departement of Technology, 2002).

2.3 Adsorpsi

Menurut definisi Ruthven (1984) dalam (Kralik, 2014), adsorpsi adalah proses yang terjadi ketika gas atau cairan terlarut (adsorptif) terakumulasi pada permukaan benda padat atau cairan (adsorben) membentuk lapisan molekul, ion, atau atom. Spesi (molekul, atom, ion) dari adsorptif yang melekat pada adsorben disebut adsorbat. Lapisan yang terbentuk dari adsorbat biasanya multilayer untuk adsorpsi fase gas dan monolayer untuk adsorpsi fase cair. Proses adsorpsi diilustrasikan dalam Gambar 2.2.

Adsorpsi fase cair banyak digunakan untuk pembersihan/penghilangan spesi yang tidak diinginkan dari campuran komponen. Ulasan singkat mengenai pengolahan air limbah dilakukan oleh Grassi, dkk. (2012) yang menjelaskan masing-masing adsorben (karbon aktif, lempung, mineral, adsorben berbiaya rendah) dan kemampuannya dalam mengolah limbah cair. Proses adsorpsi diilustrasikan dalam Gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Ilustrasi proses adsorpsi (Christmann, 2011)

2.3.1 Jenis-Jenis Adsorpsi

Adsorpsi terbagi menjadi 2 jenis yaitu adsorpsi fisik (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (kemisorpsi). Adsorpsi fisik terjadi karena adanya gaya Van der Waals antara molekul dan/atau atom pada permukaan adsorben dan adsorbat. Sedangkan adsorbat menyerupai bentuk cairan padat dari adsorptif (Kralik, 2014). Perbedaan antara adsorpsi fisik dan kimia ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

2.3.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi (Syauqiah, dkk., 2011), diantaranya:

1. Kecepatan pengadukan

Apabila kecepatan pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi akan berlangsung lama sebab adsorbat sukar menembus lapisan antara permukaan adsorben dan lapisan difusi yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Akan tetapi, jika pengadukan terlalu cepat kemungkinan dapat merusak struktur adsorben, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

2. Karakteristik adsorben

Adsorpsi dipengaruhi oleh dua sifat permukaan yaitu energi permukaan dan gaya tarik permukaan. Oleh karena itu, ukuran partikel dan luas permukaan merupakan sifat fisik terpenting dari bahan yang akan digunakan sebagai adsorben. Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah adsorben.

3. Kelarutan adsorbat

Proses adsorpsi terjadi pada molekul-molekul yang ada dalam larutan dan harus dapat berpisah dari cairannya untuk berikatan dengan permukaan adsorben. Sifat unsur yang terlarut mempunyai gaya tarik-menarik terhadap cairannya yang lebih kuat bila dibandingkan dengan unsur yang sukar larut. Dengan demikian unsur yang terlarut akan lebih sulit terserap pada adsorben jika dibandingkan dengan unsur yang tidak terlarut.

4. Konsentrasi adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

5. Struktur molekul adsorbat

Gugus hidroksil dan amino dalam adsorbat mengakibatkan pengurangan kemampuan adsorpsi sedangkan nitrogen mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi.

6. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat dengan cara membuka pori-pori adsorben. Akan tetapi pemanasan yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan rusaknya adsorben sehingga menurunkan kemampuan adsorpsi nya.

7. pH

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

8. Waktu kontak

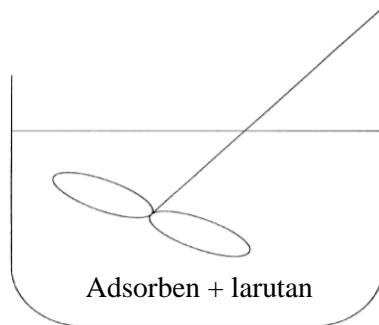
Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum saat terjadi kesetimbangan.

2.3.3 Metode *Batch*

Metode *batch* merupakan contoh penting dimana adsorben bergerak relatif terhadap dinding bejana. Proses paling sederhana yang melibatkan pencampuran *batch* adsorben dengan *batch* cairan. Setelah waktu yang ditentukan, adsorben dapat dipisahkan dari cairan dengan cara sedimentasi, penyaringan, dll untuk dibuang atau digunakan kembali. Karbon aktif bubuk sering digunakan pada metode ini untuk menghilangkan rasa dan bau dari air. Jika waktu yang cukup diizinkan untuk mencapai kesetimbangan maka pemuatan adsorbat pada adsorben akan berkaitan dengan konsentrasi akhir adsorbat dalam larutan melalui isotherm termodinamika yang berlaku pada suhu akhir dalam proses (Thomas dan Crittenden, 1998). Ilustrasi adsorpsi (kontak antara adsorben dan larutan) ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Tabel 2.4 Perbedaan antara fisisorpsi dan kemisorpsi

	Fisisorpsi	Kemisorpsi
Jenis ikatan	Van der Waals	Mirip ikatan kimia
Panas adsorpsi	Rendah, 10-40 kJ/mol	Tinggi, 20-400 kJ/mol
Perubahan kimia adsorptif	Tidak ada	Pembentukan senyawa permukaan
Reversibilitas	Reversibel sepenuhnya, yaitu desorpsi adsorbat terjadi dengan mengurangi aktivitas dari adsorptif dalam cairan di sekitar permukaan	Prosesnya reversibel, senyawa yang terdesorpsi berbeda dengan yang diadsorpsi
Energi aktivasi	Sangat rendah (mendekati nol)	Tinggi, hampir sama dengan reaksi kimia
Pengaruh suhu	Negatif	Dalam beberapa tingkat suhu positif, disebut adsorpsi teraktivasi
Pembentukan multilayer	Ya, pada adsorpsi fase gas biasanya disertai dengan pencairan dalam mikro dan mesopori	Tidak
Kekhasan interaksi adsorbat-adsorben	Sangat rendah	Tinggi



Gambar 2.3 Peralatan dasar adsorpsi *single batch* (Thomas dan Crittenden, 1998)

2.4 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer merupakan instrumen untuk mengukur transmittan atau absorbansi cahaya UV atau tampak suatu sampel sebagai fungsi terhadap panjang gelombang radiasi elektromagnetik. Spektrofotometri merupakan teknik yang sederhana, cepat, cukup spesifik dan dapat diterapkan pada sejumlah kecil senyawa. Pengukuran pada spektrofotometer UV-Vis dapat dilakukan pada panjang gelombang tunggal maupun melakukan *scan* pada rentang spektrum warna. Rentang area UV berada pada panjang gelombang 200-400 nm, sedangkan area cahaya tampak pada panjang gelombang 400-700 nm. Teknik pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan dalam analisa secara kuantitatif maupun kualitatif. Dalam analisa kualitatif misalnya untuk mengidentifikasi senyawa organik apabila terdapat data terekam yang tersedia. Sedangkan analisa kuantitatif digunakan untuk memastikan jumlah spesi molekul yang menyerap radiasi (Behera, dkk., 2012).

Energi radiasi terdiri dari sejumlah besar gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang berbeda-beda. Bagian suatu radiasi dapat dipisahkan menjadi spektrum elektromagnetik seperti pada Tabel 2.5.

Absorpsi radiasi cahaya tampak dan UV berkaitan dengan eksitasi elektron pada atom dan molekul dari tingkat energi yang

lebih rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Karena tingkat energi materi terkuantisasi, hanya cahaya dengan jumlah energi yang tepat (dapat menyebabkan transisi dari satu tingkat ke tingkat lain) akan diserap (Royal Society of Chemistry, 2009). Eksitasi elektron-elektron ini direkam dalam bentuk panjang gelombang dan absorbansi, sesuai dengan jenis elektron-elektron yang terdapat dalam molekul yang dianalisis. Makin mudah elektron bereksitasi maka semakin besar panjang gelombang yang diabsorpsi. Makin banyak elektron yang bereksitasi maka semakin tinggi absorbansi (Suhartati, 2017).

Tabel 2.5 Daerah spektrum gelombang magnetik

Macam sinar	Panjang gelombang
Sinar X	10 – 100 pkm
UV jauh	10 – 200 nm
UV dekat	200 – 400 nm
Cahaya tampak	400 – 700 nm
IR dekat	0,75 – 2 μm
IR tengah	2,5 – 50 μm
IR jauh	50 – 1.000 μm
Gelombang mikro	0,1 – 100 cm
Gelombang radio	1 – 1.000 m

(Triyati, 1985)

Seperti terlihat pada skema diagram spektrofotometer UV-Vis yang ditunjukkan pada Gambar 2.4, suatu sumber cahaya dipancarkan dan melewati monokromator. Monokromator akan menguraikan sinar yang masuk dari sumber cahaya tersebut menjadi pita-pita panjang gelombang yang diinginkan untuk pengukuran suatu zat tertentu. Kemudian dari monokromator tadi, cahaya/energi radiasi diteruskan dan diserap oleh suatu larutan yang akan diperiksa di dalam kuvet. Jumlah cahaya yang diserap oleh larutan akan menghasilkan sinyal elektrik pada detektor yang

mana sinyal elektrik tersebut sebanding dengan cahaya yang diserap oleh larutan. Besarnya sinyal elektrik yang dialirkan ke pencatat dapat dilihat sebagai angka (Triyati, 1985)

2.4.1 Komponen Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis terdiri dari beberapa komponen (Owen, 2000) sebagai berikut:

1. Sumber cahaya

Sumber cahaya menghasilkan radiasi gelombang elektromagnetik yang luas. Sumber cahaya yang ideal akan menghasilkan intensitas yang konstan pada semua panjang gelombang dengan *noise* yang rendah dan stabilitas jangka panjang. Namun, sumber seperti itu tidak ada. Dua sumber yang umumnya digunakan dalam spektrofotometer UV-Vis yaitu:

a. Sumber pertama

Sumber pertama yaitu lampu busur deuterium, menghasilkan intensitas kontinu yang baik di wilayah UV dan memberikan intensitas yang bermanfaat di wilayah tampak. Meskipun lampu busur deuterium modern memiliki *noise* yang rendah, *noise* ini sering menjadi faktor pembatas dalam kinerja instrumen secara keseluruhan. Seiring berjalannya waktu intensitas cahaya lampu busur deuterium akan berkurang terus. Biasanya memiliki waktu paruh (waktu yang diperlukan intensitas untuk turun menjadi setengah dari nilai awal) sekitar 1.000 jam.

b. Sumber kedua

Sumber kedua merupakan lampu tungsten halogen, menghasilkan intensitas yang baik pada bagian spektrum UV dan di seluruh range cahaya tampak. Lampu ini menghasilkan *noise* yang sangat rendah dan *drift* rendah serta memiliki waktu pakai 10.000 jam.

2. Perangkat dispersi

Perangkat dispersi menyebabkan panjang gelombang cahaya yang berbeda tersebar di berbagai sudut. Ketika dikombinasikan dengan celah keluar yang sesuai, perangkat ini dapat digunakan untuk memilih panjang gelombang cahaya tertentu. Perangkat dispersi terdiri dari 2 jenis yaitu prisma dan kisi holografik. Prisma

menghasilkan pelangi dari cahaya matahari. Prinsip yang sama ini digunakan dalam spektrofotometer. Prisma sederhana dan murah, tetapi dispersi yang dihasilkan kaku dan nonlinier. Apalagi sudut dispersi ini peka terhadap suhu. Untuk itulah pada spektrofotometer modern digunakan kisi holografik yang terbuat dari kaca kosong yang memiliki alur sangat sempit. Dimensi alur memiliki urutan yang sama dengan panjang gelombang cahaya yang terdispersi.

3. Area sampel

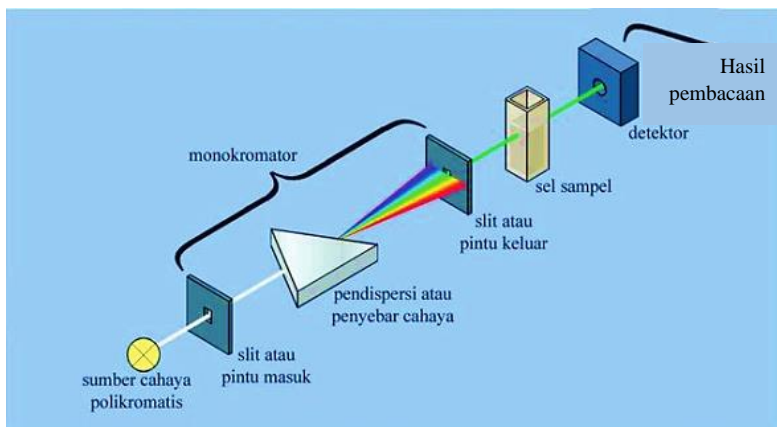
Sampel yang diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis dapat berupa padatan maupun cairan. Pada sampel cair biasanya digunakan wadah transparan yang disebut sel/kuvet. Kuvet standar berisikan pelarut yang digunakan untuk melarutkan sampel dan biasa disebut sebagai blanko.

4. Detektor

Detektor dapat terdiri dari satu atau lebih jumlahnya yang berfungsi untuk mengukur intensitas radiasi dengan cara mengubah sinyal cahaya menjadi sinyal listrik.

5. Komponen optik lain

Komponen optik lain seperti lensa atau cermin, menyampaikan cahaya melalui instrumen.



Gambar 2.4 Skema diagram spektrofotometer UV-Vis *single beam* (Suhartati, 2017)

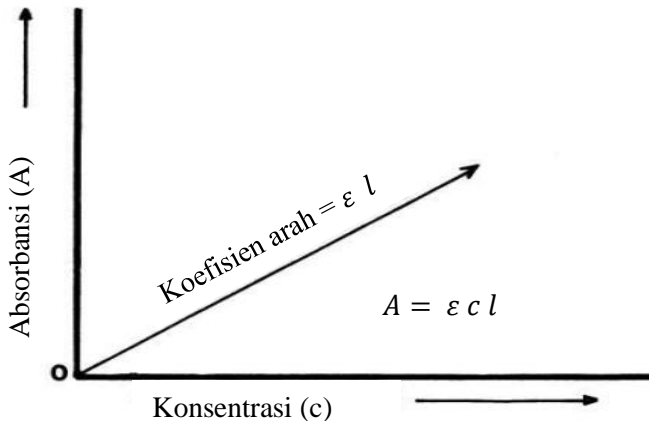
2.4.2 Hukum Lambert-Beer

Hukum dasar yang mengatur analisa spektrofotometri kuantitatif adalah hukum Lambert-Beer. Hukum Beer menyatakan bahwa intensitas seberkas paralel radiasi monokromatik berkurang secara eksponensial dengan jumlah molekul yang terserap. Dengan kata lain, absorbansi sebanding konsentrasi. Sedangkan hukum Lambert menyatakan bahwa intensitas seberkas paralel radiasi monokromatik berkurang secara eksponensial ketika melewati media dengan ketebalan homogen. Kombinasi kedua hukum ini menghasilkan hukum Lambert-Beer (Behera, dkk., 2012) yang ditunjukkan pada persamaan 2.1 berikut:

$$A = \epsilon c l \quad (2.1)$$

Dimana A merupakan absorbansi, ϵ merupakan absorbtivitas molar ($\text{dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) (konstanta zat tertentu pada panjang gelombang tertentu yang spesifik). c merupakan konsnetrasi larutan (mol dm^{-3}) dan l adalah lebar kuvet (cm).

Jika absorbansi larutan sampel yang diketahui konsentrasinya diukur dan dialurkan terhadap konsentrasi yang berkaitan, plot absorbansi terhadap konsentrasi seharusnya linier jika hukum Lambert Beer dipatuhi. Grafik ini biasa disebut kurva kalibrasi, seperti pada Gambar 2.5 Pengaluran absorbansi terhadap konsentrasi. Garis lurus yang dihasilkan ini tidak selalu diperoleh melewati titik awal (titik nol). Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor fisika dan kimia. Faktor fisika disebabkan oleh keadaan alat, misal sumber cahaya yang dipakai, lebar celah, kepekaan rekorder dan sebagainya. Faktor kimia dapat disebabkan oleh perbedaan pH larutan, konsentrasi, suhu dan terjadinya reaksi kimia dalam larutan seperti oksidasi, disosiasi, polimerisasi dan pembentukan kompleks (Suhartati, 2017).



Gambar 2.5 Pengaluran absorbansi terhadap konsentrasi
(Suhartati, 2017)

2.5 Uji t : Dua Rata-rata Sampel Berpasangan

Uji kesamaan dua rata-rata digunakan untuk mengetahui ada atau tidak adanya perbedaan antara dua buah data. Salah satu teknik analisis statistik untuk menguji kesamaan dua rata-rata ialah uji t (t-test) karena rumus yang digunakan disebut rumus t. Rumus t sendiri memiliki banyak macam dan pemakaiannya disesuaikan dengan karakteristik kedua data yang akan dibandingkan (Usman dan Akbar, 2006). Rumus uji t untuk dua sampel berpasangan ditunjukkan dalam persamaan 2.2 berikut.

$$t = \frac{\bar{d}\sqrt{n}}{s_d} \quad (2.2)$$

Dimana \bar{d} merupakan rata-rata selisih antara 2 data, n adalah jumlah sampel dimana sampel kedua data berjumlah sama. s_d merupakan standar deviasi selisih antara 2 atau lebih data (Miller dan Miller, 2010), dengan rumus seperti persamaan 2.3.

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

Dimana X_i merupakan nilai data dan \bar{X} adalah rata-rata nilai antara 2 atau lebih data.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai upaya pengurangan konsentrasi pewarna sintetis *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam limbah cair hasil *finishing* industri tekstil (khususnya batik) masih sangat jarang dilakukan. Penelitian tentang pewarna ini di Indonesia pernah dilakukan oleh Lau dkk. pada tahun 2018 dengan metode biodegradasi menggunakan biosistem vertikal. Mikroorganisme yang digunakan adalah tanaman *Typha angustifolia linnaeus*, karena mikroorganisme ini belum pernah digunakan dalam pengolahan limbah cair. Biosistem vertikal yang digunakan berukuran 30 cm x 30 cm x 37 cm dan dilengkapi tabung tempat pengambilan sampel. Bak ini diisi batu koral setinggi 15 cm dan pasir bersih berukuran 1-5 mm setinggi 20 cm pada bagian atas. Konsentrasi limbah buatan pewarna *Indigosol Golden Yellow IRK* sebesar 25 mg/L yang dibuat dengan melarutkan 250 mg zat warna dalam 10 L akuades. Kemudian 10 L larutan ini diolah ke dalam biosistem vertikal dengan sistem *batch* selama 0; 1; 2; 3; hingga 4 hari. Zat warna *Indigosol Golden Yellow IRK* yang sudah diolah, diambil dan diuji penurunan konsentrasinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pada hari ke-0 konsentrasi *Indigosol Golden Yellow IRK* sebesar 25,807 mg/L; kemudian mengalami penurunan pada hari ke-1 menjadi 13,470 mg/L (efektivitas penurunan sebesar 47,80%). Pada hari ke-2 konsentrasi *Indigosol Golden Yellow IRK* menjadi 6,0967 dengan efektivitas penurunan sebesar 76,37%. Pada hari ke-3 konsentrasi *Indigosol Golden Yellow IRK* menjadi 2,364 dengan efektivitas penurunan sebesar 90,83%. Selama 4 hari perlakuan konsentrasi *Indigosol Golden Yellow IRK* mengalami penurunan menjadi 0,0409 mg/L (efektivitas penurunan sebesar 99,84%). Penurunan konsentrasi ini disebabkan oleh proses biodegradasi.

Penelitian mengenai upaya pengurangan konsentrasi pewarna sintetis *Indigosol Golden Yellow IRK* juga pernah dilakukan oleh Nugroho pada tahun 2013 dengan metode elektodegradasi. Metode ini dipilih karena tidak menghasilkan limbah sampingan berupa *sludge*, tidak diperlukan penambahan bahan kimia yang mahal dan prosesnya berlangsung lebih cepat.

Dalam penelitiannya, elektroda grafit (C) dari baterai bekas dipilih sebagai pengganti elektroda titanium, TiRuO₂, Boron-Doped Diamond karena bahan grafit memiliki kekuatan dan ketahanan fisik yang baik pada kondisi elektrolisis biasa (potensial tidak terlalu tinggi) dan dapat digunakan dalam waktu yang lama pada densitas arus tinggi. Ada 3 variasi yang digunakan yaitu kuat arus (0,5; 1; 5 A), konsentrasi elektrolit NaCl (0,5; 1; 2 M) dan pH larutan 2; 4; 6. Elektrolisis dilakukan pada 100 mL larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* selama 30 menit dengan tegangan sebesar 6 V. Sebelum proses elektrolisis, terlebih dahulu dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum zat warna pada konsentrasi 20 mg/L dengan masing-masing pH 2; 4; dan 6 dan didapatkan data panjang gelombang maksimum zat warna pada panjang gelombang 420 nm (pH 2) dan 463 nm (pH 4 dan 6). Penentuan pH optimum dilakukan pada larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 100 ppm dan didapatkan hasil optimum degradasi zat warna pada pH 4 dengan % penurunan antara 90-95% pada beberapa konsentrasi NaCl berbeda.

Penelitian lain mengenai adsorpsi pewarna anionik menggunakan karbon aktif yang dipreparasi dari *Delanie regia* dipaparkan oleh Sumalatha dkk. pada tahun 2014. Jenis pewarna yang diadsorpsi adalah Indigo Carmine dengan panjang gelombang maksimum 707 nm. Adsorpsi menerapkan metode *batch* dengan variasi konsentrasi awal zat warna, pH, waktu kontak, ukuran partikel, dosis adsorben dan temperatur. Sebanyak 100 mL larutan Indigo Carmine dengan konsentrasi tertentu (100 - 500 mg/L) diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan konstan pengadukan 200 rpm dengan dosis karbon aktif (0,5 - 6 g/L) selama waktu kontak tertentu (10 - 60 menit) dan pH larutan 3 - 10. Pada variasi konsentrasi awal larutan terjadi penurunan %*removal* seiring dengan meningkatnya konsentrasi awal larutan. Sehingga sisi aktif yang tersedia pada permukaan adsorben kurang jika dibandingkan dengan banyaknya molekul zat warna yang semakin bertambah. Sedangkan pada variasi pH terjadi penurunan %*removal* pada kondisi semakin basa dan diperoleh pH optimum 3. Pada variasi waktu kontak didapatkan waktu kontak optimum

adsorpsi selama 35 menit. Hal ini dikarenakan setelah 35 menit penurunan konsentrasi zat warna berlangsung melambat dan cenderung konstan. Peningkatan waktu kontak menyebabkan berkurangnya ketersediaan sisi aktif pada permukaan adsorben sehingga *%removal* akan berkurang. Sedangkan pada waktu kontak sebelum 35 menit terjadi peningkatan penyerapan zat warna yang cepat sebab ketersediaan sisi aktif lebih memadai dan kemungkinan masih ada yang belum terisi. Dosis adsorben optimum ditetapkan sebesar 4 g/L. *%removal* semakin meningkat seiring bertambahnya dosis adsorben yang digunakan. Hal ini dikarenakan semakin bertambahnya luas permukaan adsorben sehingga sisi aktif yang tersedia untuk dapat menyerap zat warna semakin banyak pula.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beker, kaca arloji, pengaduk kaca, labu ukur, pipet volum, pipet tetes, pipet ukur, neraca analitik, spatula, botol semprot, bola hisap, botol timbang, erlenmeyer, corong, kertas saring *Whattman*, *hotplate* dan *magnetic stirrer*. Analisa pada uji adsorpsi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis (*Thermo Scientific GENESIS 10S*).

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pewarna sintesis *Indigosol Golden Yellow IRK*, aqua DM, larutan asam klorida (HCl 37%, PT. Smartlab Indonesia), karbon aktif *pro analysis* (Merck) yang digunakan langsung tanpa *treatment* selanjutnya dan padatan natrium hidroksida (NaOH, Merck).

3.2 Prosedur Kerja

3.2.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Indigosol Golden Yellow IRK*

Pada tahap ini dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum dari larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*. Pertama, pembuatan larutan stok *Indigosol Golden Yellow IRK* 1.000 mg/L dengan cara melarutkan 0,100 g serbuk *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan aqua DM sampai tanda batas labu ukur 100 mL. Larutan dikocok agar tercampur sempurna. Kemudian larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 1.000 mg/L diambil sebanyak 0,6 mL dan diencerkan dalam labu ukur 10 mL dengan aqua DM sehingga didapatkan larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan konsentrasi 60 mg/L. Larutan dikocok agar tercampur sempurna, kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang cahaya tampak 400-700 nm.

Panjang gelombang maksimum ditentukan dari nilai absorbansi tertinggi pada kurva.

3.2.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Pada pembuatan kurva kalibrasi ini dibuat larutan standar *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan konsentrasi 0,08; 1; 20; 40; 60; 80; 100; dan 120 mg/L. Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 1.000 mg/L diambil masing-masing sebanyak 0,01; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; dan 1,2 mL diencerkan dalam labu ukur 10 mL dengan aqua DM ditambahkan hingga tanda batas labu ukur. Untuk larutan dengan konsentrasi 0,08 ppm diencerkan dari 0,8 mL larutan 1 ppm. Larutan dikocok agar tercampur sempurna. Masing-masing larutan standar *Indigosol Golden Yellow IRK* diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Absorbansi masing-masing larutan standar *Indigosol Golden Yellow IRK* kemudian di plot terhadap konsentrasi sehingga akan diperoleh persamaan garis lurus $y = ax + b$. Persamaan tersebut kemudian digunakan pada penentuan konsentrasi akhir larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* setelah adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif.

3.2.3 Uji Adsorpsi dengan Metode *Batch*

3.2.3.1 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Uji Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Uji adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* pada variasi waktu kontak digunakan adsorben karbon aktif. Dalam penentuan waktu kontak optimum dilakukan variasi waktu kontak 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; dan 140 menit. Adsorben karbon aktif diambil sebanyak 10 mg dan dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL berisi 25 mL larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 60 mg/L. Proses adsorpsi dilakukan dalam keadaan tertutup dengan cara menempatkan kaca arloji di atas gelas beker dan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm pada variasi waktu kontak berbeda. Kemudian filtrat dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring

Whatman. Filtrat dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* yang telah diperoleh. Absorbansi hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis lurus kurva kalibrasi untuk mengetahui konsentrasi akhir larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* setelah proses adsorpsi. Selanjutnya dilakukan perhitungan %*removal* larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*.

3.2.3.2 Pengaruh Massa Adsorben terhadap Uji Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Waktu kontak optimum yang diperoleh pada variasi waktu kontak digunakan untuk uji adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* pada variasi massa adsorben. Karbon aktif yang digunakan memiliki massa sebesar 8; 10; 12; 14; 16; 18; dan 20 mg kemudian dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL dengan adsorbat larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* 60 mg/L sebanyak 25 mL. Kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama waktu yang telah ditentukan. Proses adsorpsi dilakukan tertutup dengan menutup gelas beker menggunakan kaca arloji. Uji adsorpsi ini bertujuan untuk mengetahui massa adsorben karbon aktif optimum dalam menyerap larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*. Filtrat dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring *Whatman* dan dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* yang telah diperoleh. Absorbansi hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis lurus kurva kalibrasi untuk mengetahui konsentrasi akhir larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* setelah proses adsorpsi. Selanjutnya dilakukan perhitungan %*removal* larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*.

3.2.3.3 Pengaruh Konsentrasi Adsorbat pada Uji Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Parameter ketiga dalam penelitian ini adalah pengaruh konsentrasi adsorbat *Indigosol Golden Yellow IRK*. Variasi

konsentrasi adsorbat yaitu 40; 60; 80; 100; dan 120 mg/L larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*. Masing-masing larutan diambil sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL berisi adsorben karbon aktif. Kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm pada waktu dan massa adsorben yang telah ditentukan sebelumnya. Proses adsorpsi dilakukan secara tertutup dengan menutup gelas beker menggunakan kaca arloji. Uji adsorpsi ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi adsorbat *Indigosol Golden Yellow IRK* optimum yang dapat diserap oleh adsorben karbon aktif. Filtrat dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring *Whatman* dan dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* yang telah diperoleh. Absorbansi hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis lurus kurva kalibrasi untuk mengetahui konsentrasi akhir larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* setelah proses adsorpsi. Selanjutnya dilakukan perhitungan %*removal* larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*.

3.2.3.4 Pengaruh pH terhadap Uji Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Uji adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* dilanjutkan dengan melakukan variasi pH larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* yang terdiri dari pH 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 dan 12. Pengkondisian pH larutan dapat diakukan dengan cara menambahkan 0,1N NaOH atau 0,1N HCl. Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan konsentrasi optimum yang telah didapatkan sebelumnya diambil sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam gelas beker 100 mL berisi karbon aktif dengan massa yang telah ditentukan dalam parameter pengaruh massa adsorben. Kemudian gelas beker ditutup dengan kaca arloji. Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 300 rpm selama waktu yang telah ditentukan dari uji pengaruh waktu kontak. Filtrat dipisahkan dengan cara disaring menggunakan kertas saring *Whatman* dan dianalisa menggunakan

spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* yang telah diperoleh. Absorbansi hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis dimasukkan ke dalam persamaan garis lurus kurva kalibrasi untuk mengetahui konsentrasi akhir larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* setelah proses adsorpsi. Selanjutnya dilakukan perhitungan %removal larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

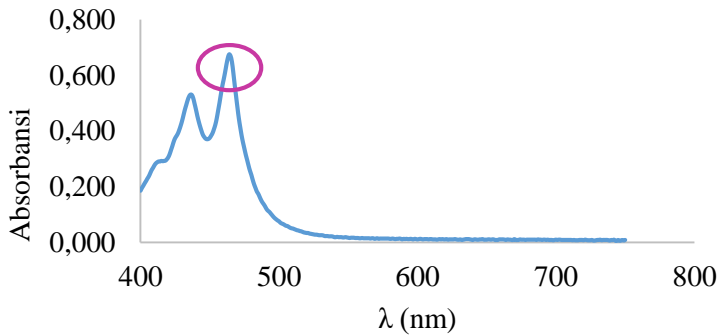
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Indigosol Golden Yellow IRK*

Tahap awal pada percobaan ini adalah penentuan panjang gelombang maksimum pewarna sintesis *Indigosol Golden Yellow IRK*. Panjang gelombang serapan maksimum dipilih untuk meminimalisir kesalahan dalam pengukuran absorbansi (Behera, dkk., 2012) pada tahap penelitian selanjutnya. Penentuan panjang gelombang maksimum larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang cahaya tampak yaitu 400-700 nm karena larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* memiliki warna komplementer kuning. Pada percobaan ini blanko yang digunakan adalah aquademin yang merupakan pelarut dari analat (larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*). Blanko sendiri merupakan larutan yang diperlakukan sama dengan analat namun tidak mengandung analat itu sendiri (Torowati dan Galuh, 2014). Aquademin digunakan karena syarat dari pelarut yang baik adalah harus mampu melarutkan sampel dengan sempurna, tidak mengandung ikatan rangkap terkonjugasi pada struktur molekulnya dan tidak berwarna, serta memiliki kemurnian yang tinggi (Suhartati, 2017). Hasil pengukuran berupa kurva hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang seperti pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa panjang gelombang maksimum larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* adalah 464 nm dengan absorbansi 0,676. Nilai panjang gelombang ini berada dalam rentang panjang gelombang 435-480 dimana warna biru merupakan warna yang terserap dan warna kuning merupakan warna komplementer (warna yang tampak oleh mata manusia).



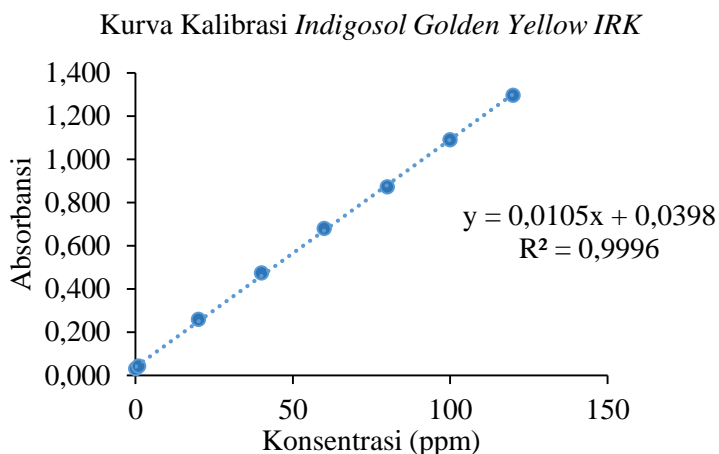
Gambar 4.1 Kurva panjang gelombang maksimum *Indigosol Golden Yellow IRK*

4.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Tahap selanjutnya dilakukan pembuatan kurva kalibrasi larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* konsentrasi 0,08; 1; 20; 40; 60; 80; 100; dan 120 ppm dengan melakukan pengukuran absorbansi larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* pada panjang gelombang 464 nm. Absorbansi yang diperoleh (Tabel 4.1) kemudian dialurkan terhadap konsentrasi larutan sehingga akan diperoleh kurva kalibrasi (Royal Society of Chemistry, 2009) seperti Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Data absorbansi larutan pada beberapa konsentrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,08	0,030
1	0,043
20	0,259
40	0,473
60	0,678
80	0,878
100	1,090
120	1,296



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan standar *Indigosol Golden Yellow IRK*

Kurva kalibrasi ini dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi akhir larutan setelah proses adsorpsi pada tahap selanjutnya. Dari kurva kalibrasi di atas didapatkan persamaan linier $y = 0,0105x + 0,0398$ dengan koefisien korelasi sebesar 0,9996 artinya terdapat hubungan yang sangat kuat antara variabel bebas x (konsentrasi) dengan variabel y (absorbansi). Nilai koefisien korelasi yang positif menunjukkan bahwa keeratan hubungan konsentrasi dan absorbansi yang searah, dimana dengan meningkatnya konsentrasi maka terjadi peningkatan absorbansi pula (Astuti, 2017). Nilai koefisien korelasi yang mendekati 1 ini menandakan bahwa kurva regresi yang dibuat memiliki tingkat kesalahan yang kecil dan sangat baik untuk standar pengukuran dalam dekolorisasi sampel zat warna (Febiyanto, dkk., 2016).

4.3 Pengaruh Waktu Kontak terhadap Uji Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

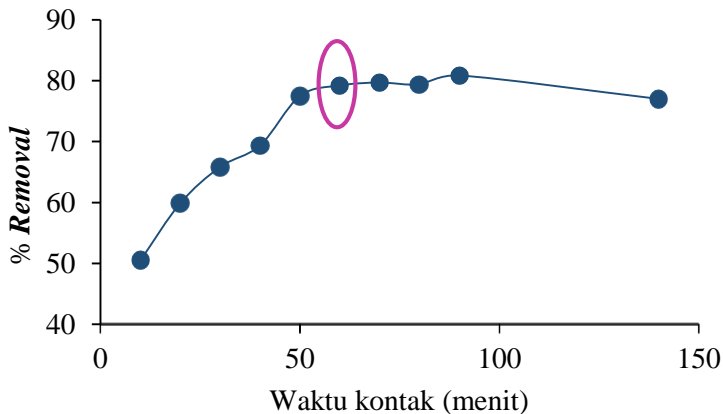
Variasi pertama dalam adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* ini adalah variasi waktu kontak. Waktu kontak merupakan hal yang menentukan dalam proses adsorpsi. Gaya adsorpsi molekul

zat terlarut akan meningkat jika waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat semakin lama. Sehingga dapat dimungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut berlangsung lebih baik (Syauqiah, dkk., 2011). Namun pada kondisi tertentu adsorpsi akan menunjukkan kestabilan karena sudah jenuh sehingga terjadi proses kesetimbangan (Nasution, dkk., 2015). Waktu kontak juga merupakan faktor penting dalam adsorpsi yaitu sebagai pengujian terhadap daya tahan dan kinerja adsorben sebelum mencapai titik jenuh atau titik dimana adsorben sudah tidak dapat menyerap adsorbat lagi (Asip, dkk., 2008).

Variasi lama waktu kontak dalam penelitian ini yaitu 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; dan 140 menit. Tujuan dilakukannya variasi waktu kontak untuk mengetahui pengaruh lama waktu kontak adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* sehingga diperoleh waktu kontak optimum adsorpsi. Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan konsentrasi 60 ppm diambil sebanyak 25 mL dan diadsorpsi dengan karbon aktif sebanyak 10 mg. Proses adsorpsi dilakukan sebanyak 3x. Pengulangan prosedur adsorpsi bertujuan untuk menguji keseksamaan (presisi) metode pengujian yang digunakan. Metode pengujian dikatakan seksama jika memberikan simpangan baku relatif (RSD) $\leq 2\%$ (Ambarwati, 2013). Setelah proses adsorpsi selesai, dilakukan perhitungan *%removal Indigosol Golden Yellow IRK* menggunakan persamaan linier yang didapatkan dari pengaluran absorbansi larutan standar terhadap konsentrasi pada kurva kalibrasi. Hubungan antara *%removal* terhadap lama waktu kontak ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak adsorpsi maka semakin besar *%removal Indigosol Golden Yellow IRK*. Pada waktu kontak 10 hingga 50 menit terjadi peningkatan *%removal* yang cukup besar yaitu $50,537\% \pm 0,827$; $59,907\% \pm 1,452$; $65,856\% \pm 1,679$; $69,383\% \pm 1,678$; dan $77,490\% \pm 0,941$. Sedangkan pada menit ke-50 dan 60 terlihat bahwa peningkatan *%removal* tidak terlalu besar yaitu dari $77,490\% \pm 0,941$ ke $79,227\% \pm 1,282$. Adsorpsi selama 60 hingga 140 menit menunjukkan *%removal* yang fluktuatif dan cenderung konstan berturut-turut sebesar $79,227\% \pm 1,282$; $79,701\% \pm 0,894$;

79,385% \pm 1,620; 80,859% \pm 0,977; dan 77,016% \pm 0,118. Terjadinya penurunan %*removal* dapat disebabkan oleh tercapainya keadaan setimbang adsorpsi, sehingga adsorben akan cenderung melepas zat warna yang diserap (desorpsi) karena pori-pori karbon aktif telah jenuh. Waktu jenuh adalah keadaan dimana konsentrasi tidak mengalami perubahan bahkan setelah waktu tertentu adsorben mengalami desorpsi (Nasution, dkk., 2015).



Gambar 4.3 Grafik hubungan %*removal* terhadap lama waktu kontak adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Dalam menentukan waktu kontak optimum adsorpsi dilakukan uji statistik berupa uji t untuk melihat perbedaan %*removal* antara dua waktu kontak apakah memberikan perbedaan yang signifikan atau tidak. Pada uji statistik ini dibuat hipotesis dimana H_0 diterima apabila tidak terdapat perbedaan secara signifikan (terjadi jika $t \text{ hitung} < t \text{ kritis}$), sedangkan H_1 diterima apabila terdapat perbedaan secara signifikan (terjadi jika $t \text{ hitung} > t \text{ kritis}$). Dari hasil uji statistik didapatkan nilai $t \text{ hitung}$ pada waktu kontak 50 dan 60 menit sebesar 9,526 sedangkan $t \text{ kritis}$ sebesar 4,303. Artinya H_0 ditolak sehingga H_1 diterima (terdapat perbedaan yang signifikan) antara kedua %*removal* karena $t \text{ hitung} > t \text{ kritis}$. Sedangkan antara waktu kontak 60 menit dengan 70; 80; 90; dan 140 diperoleh nilai $t \text{ hitung}$ yang lebih kecil dari $t \text{ kritis}$

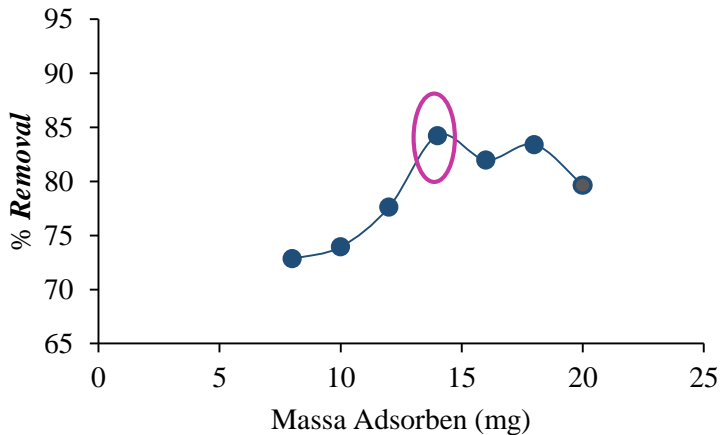
(H_0 diterima) sehingga dapat ditentukan bahwa waktu kontak optimum *Indigosol Golden Yellow IRK* selama 60 menit dengan %removal sebesar $79,227\% \pm 1,282$, sebab tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara data %removal pada waktu kontak 60 menit dengan 70; 80; 90; dan 140 menit. Namun terdapat perbedaan yang signifikan antara data %removal pada waktu kontak 60 menit dengan 50 menit. Nilai t hitung antara waktu kontak 60 menit dengan 70; 80; 90; dan 140 menit berturut-turut adalah 0,480; 0,150; 1,592; dan 3,464 dimana nilai-nilai tersebut lebih kecil dari t kritis yaitu sebesar 4,303. Analisa uji t selengkapnya dapat dilihat dalam Lampiran D.

4.4 Pengaruh Massa Adsorben terhadap Uji Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Waktu kontak optimum yang didapatkan dari variasi pertama kemudian digunakan sebagai lama waktu kontak pada adsorpsi dengan variasi massa adsorben. Massa adsorben merupakan parameter yang penting untuk menentukan kapasitas adsorben dalam jumlah tertentu pada percobaan. Umumnya semakin besar massa adsorben semakin tinggi pula %removal suatu pewarna, dimana kuantitas sisi aktif serapan akan meningkat dengan bertambahnya jumlah adsorben. Pengaruh massa adsorben memberikan ide terhadap kemampuan adsorpsi pewarna yang dapat diserap oleh adsorben dalam jumlah terkecil, sehingga dapat diketahui kemampuan adsorben dalam menyerap pewarna ditinjau dari sudut pandang ekonomi (Yagub, dkk., 2014).

Tujuan dilakukannya variasi massa adsorben pada penelitian ini adalah untuk mengetahui massa adsorben yang diperlukan dalam adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* agar diperoleh hasil yang optimum. Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* konsentrasi 60 ppm diambil sebanyak 25 mL dan diadsorpsi selama 60 menit dengan massa adsorben sebesar 8; 10; 12; 14; 16; 18 dan 20 mg. Proses adsorpsi dilakukan sebanyak 3x. Pengulangan prosedur adsorpsi bertujuan untuk menguji keseksamaan (presisi) metode pengujian yang digunakan. Metode pengujian dikatakan seksama jika memberikan simpangan baku relatif (RSD) $\leq 2\%$ (Ambarwati,

2013). Grafik hubungan antara *%removal* dengan massa adsorben ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik hubungan *%removal* terhadap massa adsorben karbon aktif pada adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa massa adsorben optimum pada adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* sebesar 14 mg dengan *%removal* $84,225\% \pm 0,187$. Adsorpsi dengan massa adsorben sebesar 8 hingga 14 mg menunjukkan terjadinya peningkatan *%removal* berturut-turut sebesar $72,838\% \pm 2,043$; $73,940\% \pm 2,021$; $77,613\% \pm 0,703$; dan $84,225\% \pm 0,187$. Terjadinya kenaikan *%removal* adsorpsi ini dipengaruhi oleh semakin banyaknya sisi aktif adsorben yang mampu menyerap larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* seiring dengan bertambahnya massa adsorben yang digunakan. Setelah mencapai kondisi optimum adsorpsi pada massa adsorben sebesar 14 mg, terjadi penurunan dan kenaikan *%removal* adsorpsi secara berturut-turut yaitu $81,969\% \pm 2,024$; $83,386\% \pm 0,288$; dan $79,660\% \pm 1,425$. Terjadinya penurunan *%removal* dapat disebabkan karena adanya gaya tarik yang tidak begitu kuat antara permukaan karbon aktif dan ion zat warna yang disebabkan oleh luas permukaan yang tersedia untuk proses adsorpsi terlalu besar seiring dengan

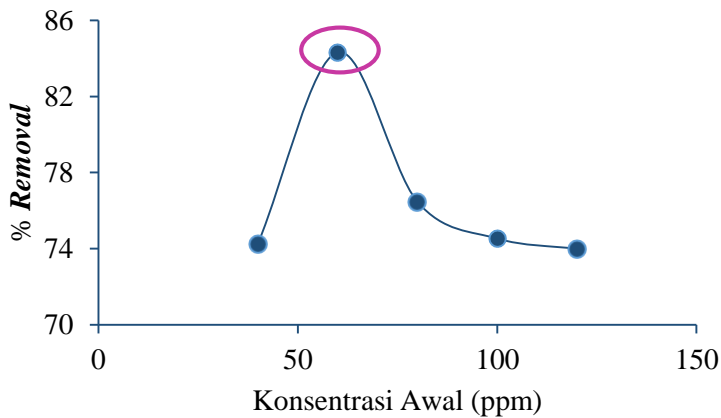
bertambahnya massa adsorben (Afifah, 2014) sehingga ion zat warna mengalami desorpsi.

4.5 Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan terhadap Uji Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Jumlah adsorpsi penurunan konsentrasi zat warna sangat tergantung pada konsentrasi awal pewarna. Pengaruh konsentrasi awal pewarna tergantung pada hubungan langsung antara konsentrasi zat warna dan sisi aktif yang tersedia pada permukaan adsorben. Umumnya *%removal* zat warna akan berkurang seiring dengan peningkatan konsentrasi awal zat warna yang mungkin disebabkan kejenuhan sisi aktif pada permukaan adsorben. Namun di sisi lain, peningkatan konsentrasi zat warna juga meningkatkan kapasitas adsorben yang mungkin dikarenakan adanya gaya dorong yang tinggi untuk perpindahan massa pada zat warna berkonsentrasi awal tinggi (Yagub, dkk., 2014). Pada penelitian ini dilakukan uji adsorpsi dengan melakukan variasi konsentrasi awal sebesar 40; 60; 80; 100; dan 120 ppm. Tujuan variasi ini adalah untuk mencari konsentrasi awal *Indigosol Golden Yellow IRK* optimum yang terserap oleh karbon aktif. Uji adsorpsi dilakukan pada 25 mL *Indigosol Golden Yellow IRK* konsentrasi tersebut di atas dengan 14 mg karbon aktif (massa adsorben optimum yang didapatkan dari variasi sebelumnya) selama 60 menit. Proses adsorpsi dilakukan sebanyak 3x. Pengulangan prosedur adsorpsi bertujuan untuk menguji keseksamaan (presisi) metode pengujian yang digunakan. Metode pengujian dikatakan seksama jika memberikan simpangan baku relatif (RSD) $\leq 2\%$ (Ambarwati, 2013). Pengaruh variasi konsentrasi awal terhadap adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* ditunjukkan pada Gambar 4.5.

Gambar 4.5 menunjukkan bahwa konsentrasi awal *Indigosol Golden Yellow IRK* yang diserap secara optimum adalah 60 ppm dengan *%removal* sebesar $84,324\% \pm 0,186$. Pada konsentrasi awal larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* sebesar 40 ppm *%removal* yang dihasilkan ($74,254\% \pm 0,475$) lebih rendah daripada *%removal* konsentrasi larutan 60 ppm, ini dapat dikarenakan adanya sisi aktif pada permukaan adsorben yang kosong,

sedangkan pada konsentrasi larutan 80 hingga 120 ppm %removal berangsur mengalami penurunan yaitu sebesar $76,464\% \pm 0,921$; $74,525\% \pm 0,295$; dan $73,980\% \pm 0,224$. Hal ini dapat dikarenakan proses adsorpsi sudah mencapai titik kesetimbangan sehingga sisi aktif adsorben sudah tidak dapat menyerap zat warna lagi seiring dengan bertambahnya konsentrasi zat warna. Jika konsentrasi zat warna meningkat maka jumlah molekul zat warna akan bertambah banyak sehingga permukaan adsorben tidak mampu menampung banyaknya molekul yang tersedia.



Gambar 4.5 Grafik hubungan %removal terhadap adsorpsi larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan variasi konsentrasi awal

4.6 Pengaruh pH terhadap Uji Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

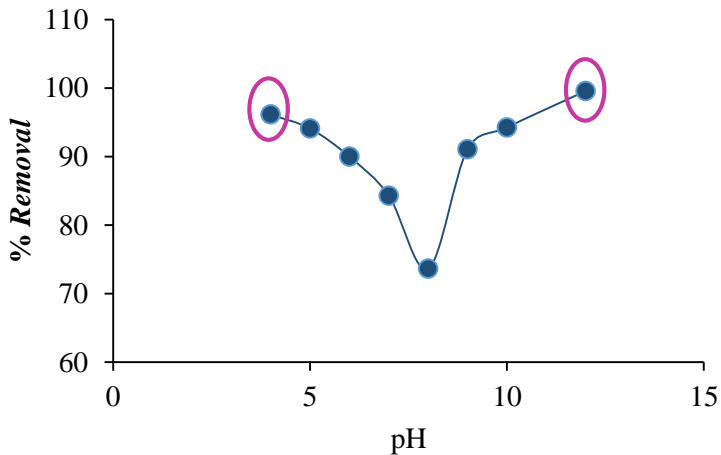
Efisiensi adsorpsi tergantung pada pH larutan, sebab variasi pH mengarah pada variasi derajat ionisasi dari molekul adsorptif dan sifat permukaan adsorben. Kemampuan adsorpsi permukaan dan jenis pusat aktif permukaan ditunjukkan oleh faktor signifikan yang merupakan titik nol muatan (pH_{pzc}). pH dimana muatan permukaan adalah nol disebut titik nol muatan (pzc), biasanya digunakan untuk mengukur atau mendefinisikan sifat elektrokinetik suatu permukaan. Nilai pH digunakan untuk menggambarkan pzc pada sistem dimana H^+ atau OH^- adalah

penentu potensial ion. Karena kehadiran gugus fungsi seperti OH^- adsorpsi zat warna kationik disukai pada $\text{pH} > \text{pH}_{\text{pzc}}$. Sedangkan adsorpsi zat warna anionik disukai pada $\text{pH} < \text{pH}_{\text{pzc}}$ dimana permukaan menjadi bermuatan positif (Yagub, dkk., 2014).

Kondisi pH sistem mengakibatkan perubahan distribusi muatan pada adsorben dan zat warna sebagai akibat adanya reaksi protonasi dan deprotonasi gugus fungsi. Dalam penelitian (Jaslin, 2006), permukaan adsorben mengalami protonasi di pH rendah dan terdeprotonasi pada pH tinggi. Adsorpsi yang tinggi pada pH asam dikarenakan meningkatnya protonasi oleh penetralan muatan negatif dari permukaan adsorben sehingga memudahkan proses difusi pada adsorben (Nasution, dkk., 2015).

Pada penelitian ini dilakukan variasi pH untuk mencari pH optimum adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* pada konsentrasi 60 ppm. Proses adsorpsi dilakukan sebanyak 3x. Pengulangan prosedur adsorpsi bertujuan untuk menguji keseksamaan (presisi) metode pengujian yang digunakan. Metode pengujian dikatakan seksama jika memberikan simpangan baku relatif (RSD) $\leq 2\%$ (Ambarwati, 2013). Sebanyak 25 mL larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* dikontakkan dengan 14 mg karbon aktif selama 60 menit. Kemudian dihitung *%removal* adsorpsi dan dinyatakan dalam grafik hubungan antara *%removal* dengan pH larutan (Gambar 4.6).

Indigosol Golden Yellow IRK merupakan zat warna anionik dengan pH alami larutan konsentrasi 60 ppm adalah 7. Kemudian dilakukan variasi pH larutan menjadi 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10 dan 12 dengan menambahkan HCl 0,1N atau NaOH 0,1N. Gambar 4.6 menunjukkan bahwa pH optimum adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* adalah pada pH 4 (suasana asam) dengan *%removal* sebesar $96,162\% \pm 0,616$. *%removal* berangsur-angsur menunjukkan penurunan menjadi $94,128\% \pm 0,853$ (pH 5); $90,008\% \pm 1,741$ (pH 6); $84,324\% \pm 0,186$ (pH 7); dan $73,634\% \pm 0,491$ (pH 8).



Gambar 4.6 Grafik hubungan %removal terhadap adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan variasi pH larutan

Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* dalam suasana larutan semakin asam (pH rendah) akan memberikan %removal yang besar karena adanya protonasi pada permukaan karbon aktif yang menyebabkan muatan permukaan menjadi lebih positif sehingga dapat terjadi gaya tarik antara molekul zat warna dengan permukaan adsorben. Pada penelitian ini %removal zat warna mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya pH larutan dalam kondisi basa yaitu dari pH 8 ($73,634\% \pm 0,491$), pH 9 ($91,103\% \pm 1,388$), pH 10 ($94,285\% \pm 0,766$) hingga memberikan %removal tertinggi pada pH 12 (suasana basa) yaitu sebesar $99,604\% \pm 0,363$. Hal ini dikarenakan, apabila larutan semakin basa maka ion OH^- akan semakin banyak sehingga karbon aktif akan bermuatan negatif.

4.7 Optimasi Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK*

Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* telah dilakukan pada variasi waktu kontak (10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; dan 140 menit), variasi massa adsorben (8; 10; 12; 14; 16; 18; dan 20 mg), variasi konsentrasi awal larutan (40; 60; 80; 100; dan 120 ppm),

dan variasi pH (4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; dan 12). Adsorpsi dilakukan pada 25 mL larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* menggunakan metode *batch* dengan kecepatan pengadukan 300 rpm. Filtrat hasil adsorpsi dan adsorben dipisahkan dengan cara penyaringan menggunakan kertas saring *Whatman*. Waktu kontak optimum yang didapatkan selama 60 menit, kemudian waktu ini dijadikan acuan untuk mencari massa adsorben optimum. Massa adsorben optimum diperoleh sebesar 14 mg, massa ini kemudian digunakan sebagai acuan pula dalam adsorpsi dengan variasi konsentrasi awal larutan. Konsentrasi awal optimum larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* sebesar 60 ppm. Konsentrasi optimum ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan pH optimum adsorpsi. Dari hasil adsorpsi dengan keempat parameter tadi didapatkan optimasi adsorpsi larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* pada konsentrasi 60 ppm dengan massa adsorben sebesar 14 mg selama waktu kontak 60 menit pada kondisi asam (pH 4) dengan %*removal* sebesar $96,162\% \pm 0,592$ dan pada kondisi basa (pH 12) dengan %*removal* sebesar $99,604\% \pm 0,361$. Hasil optimasi ini dapat dijadikan acuan dalam aplikasi secara langsung adsorpsi untuk mengurangi konsentrasi limbah pewarna *Indigosol*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adsorpsi pewarna sintetis *Indigosol Golden Yellow IRK* terjadi pada kondisi optimum waktu kontak selama 60 menit dengan massa adsorben karbon aktif sebesar 14 mg dan konsentrasi awal larutan 60 ppm pada pH 4 dengan *%removal* sebesar $96,162\% \pm 0,592$ dan pH 12 dengan *%removal* sebesar $99,604\% \pm 0,361$.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat dilakukan inovasi pembuatan adsorben yang disintesis sendiri serta dapat dilakukan metode lain dalam penghilangan pewarna sintetis *Indigosol Golden Yellow IRK* mengingat bahwa penelitian mengenai pewarna ini masih sangat jarang dilakukan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, D., Wan, D. W. M. A., dan Aroua, M. K., 2007, "Preparation and characterization of activated carbon from palm shell by chemical activation with K_2CO_3 ", *Bioresource Technology*, **98**(1), hh. 145-149.
- Afifah, M., 2014, "Adsorpsi dan regenerasi karbon aktif batu bara dan tempurung kelapa terhadap zat warna anionik congo red", *Skripsi*, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Alvarez, J., Lopez, G., Amutio, M., Bilbao, dan J., Olazar, M., 2014, "Upgrading the rice husk char obtained by flash pyrolysis for the production of amorphous silica and high quality activated carbon", *Bioresource Technology*, **170**, hh. 132-137.
- Ambarwati, Ariyani, N., dan Palupi, M. F., 2013, "Validasi metode spektrofotometri pada uji kadar sediaan injeksi obat hewan enrofloksasin", *Jurnal Sains Veteriner*, **31**(2), hh. 266-273.
- Asip, F., Mardhiah, R., dan Husna, 2008, "Uji efektifitas cangkang telur dalam mengadsorpsi ion Fe dengan proses batch", *Jurnal Teknik Kimia*, **15**(2), hh. 22-26.
- Astuti, C. C., 2017, "Analisis korelasi untuk mengetahui keeratan hubungan antara keaktifan mahasiswa dengan hasil belajar akhir", *Journal of Information and Computer Technology Education*, **1**(1), hh. 1-7.
- Bae, W., Kim, J., dan Chung, J., 2014, "Production of granular activated carbon from food-processing wastes (walnut shells and jujube seeds) and its adsorptive properties", *Journal of Air Waste Management Association*, **64**(8), hh. 879-886.
- Behera, S., Ghanty, S., Ahmad, F., Santra, S., dan Banerjee, S., 2012, "UV-Visible spectrophotometric method development and validation of assay of paracetamol tablet

- formulation”, *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, **3**(12), hh. 4945-4953.
- Christmann, K., 2011, “Modern methods in heterogeneous catalysis research”, *Lecture Series 2010/2011*, Institut für Chemie und Biochemie, Freie Universität Berlin.
- Cisneros, R. L., Espinoza, A. G., dan Litter, M. I., 2002, “Photodegradation of an azo dye of the textile industry”, *Chemosphere*, **48**, hh. 393-399.
- Cundari, L., Kemit, A. S., dan Usman, B. R., 2017, “Adsorption of jumptan liquid waste by betel nuts activated carbon in a continuous fixed-bed adsorber”, *MATEC Web of Conferences*, **101**, hh. 1-5.
- Febiyanto, M. S. K. A., Soleh, A., dan Afif, M., 2016, “Elektrodekolorisasi limbah cair pewarna batik dengan memanfaatkan batang karbon dari limbah baterai bekas”, *Jurnal MIPA*, **39**(2), hh. 135-142.
- Gemeay, A. H., Mansour, I. A., El-Sharkawy, R. G., dan Zaki, A. B., 2003, “Kinetics and mechanism of the heterogeneous catalyzed oxidative degradation of indigo carmine”, *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, **193**, hh. 109-120.
- Gilbert, K. G., 2017, “Dyes”, *Elsevier*, **3**, hh. 1174-1179.
- Grassi, M., Kaykioglu, G., Belgiorno, V., dan Lofrano, G., 2012, “Removal of emerging contaminants from water and wastewater by adsorption process” dalam: *Emerging compounds removal from wastewater* (G. Lofrano Ed.), Dordrecht, The Netherlands: Springer, hh. 15-37.
- Grimau, V. L., dan Gutierrez, M. C., 2006, “Decolourisation of simulated reactive dyebath effluents by electrochemical oxidation assisted by UV light”, *Chemosphere*, **62**, hh. 106-112.
- Gupta, T., 2018, “Carbon: the black, the gray and the transparent”, *E-book*, Springer International Publishing.
- Hachem, C., Bocquillon, F., Zahraa, O., dan Bouchy, M., 2001, “Decolourisation of textile industry wastewater by the

- photocatalytic degradation process”, *Dyes and Pigments*, **49**, hh. 117-125.
- IARC, 2010, “Some aromatic amines, organic dyes, and related exposures” dalam: *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Human*, Lyon, Perancis: International Agency for Research on Cancer, h. 55.
- Ioannidou, O., dan Zabaniotou, A., 2007, “Agricultural residues as precursors for activated carbon production: a review”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **11**(9), hh. 1966-2005.
- Jaslin, I., 2006, “Penentuan reaksi protonasi dan deprotonasi molekul organik serta konstanta kesetimbangan reaksinya dengan titrasi potensiometri”, *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 18 November 2006, *Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Jiwalak, N., 2010, “A study of the adsorption of indigo and indigo derivatives onto silk”, *Thesis*, School of Chemistry, Suranaree University of Technology, Thailand.
- Kralik, M., 2014, “Adsorption, chemisorption, and catalysis”. *Chemical Paper*, **68**(12), hh. 1625-1638.
- Lakshmi, U. R., Srivastava, V. C., Mall, I. D., dan Lataye, D. H., 2009, “Rice husk ash as an effective adsorbent: evaluation of adsorptive characteristics for indigo carmine dye”, *Journal of Environmental Management*, **90**, hh. 710-720.
- Laszlo, J. A., 1996, “Preparing an ion exchange resin from sugarcane bagasse to remove reactive dye from wastewater”, *Textile Chemist and Colorist*, **28**(5), hh. 13-17.
- Lau, S. M. O., Suyasa, I. W. B., dan Sibarani, J., 2018, “Biodegradasi zat warna *indigosol golden yellow IRK* menggunakan biosistem vertikal, *Ecotropic*, **18**(1), h. 86.
- Miller, J. N. dan Miller, J. C., 2010, “Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry 6ed”, Gosport: Ashford Colour Press Ltd.
- Nasution, H., Mayudendi, dan Siregar, S. H., 2015, “Penentuan waktu kontak dan pH optimum penyerapan zat warna direct

yellow menggunakan abu terbang (fly ash) batubara, *Prosiding SEMIRATA 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Barat*, hh. 747-756.

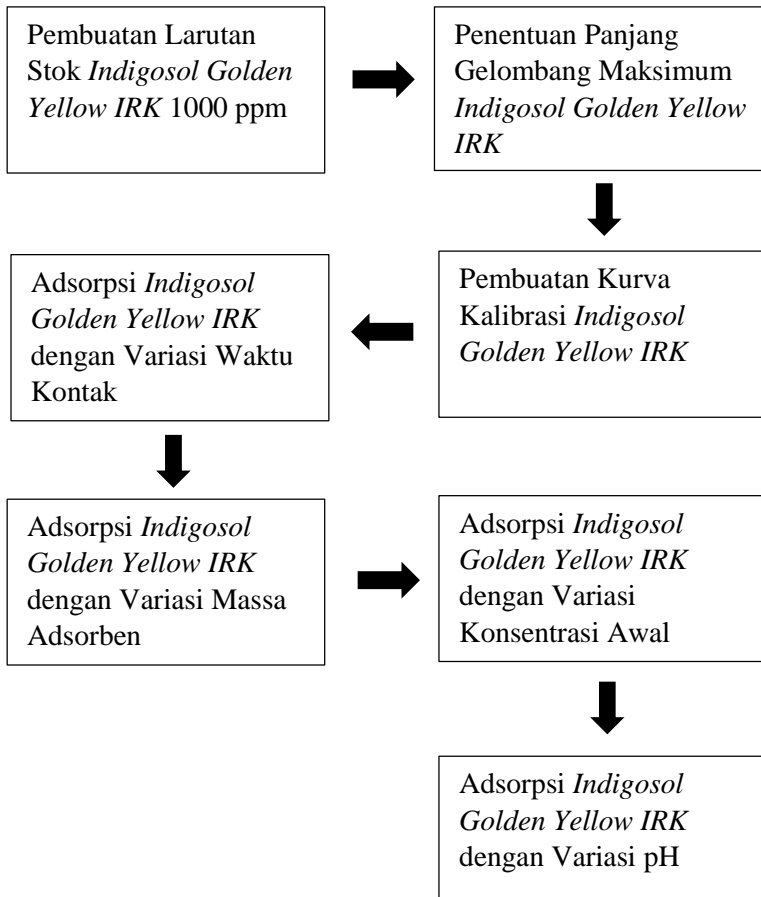
- Nugroho, S., 2013, "Elektrodegradasi *indigosol golden yellow IRK* dalam limbah batik dengan elektroda grafit", *Skripsi*, Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Owen, T., 2000, "Fundamentals of modern UV-visible spectroscopy 1st ed", Germany: Agilent Technologies.
- Rahmawati, N. I., Suhartana, dan Gunawan, 2009, "Pengolahan limbah cair industri batik dengan metoda elektrokoagulasi menggunakan seng bekas sebagai elektroda", *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, **12**(2), hh. 40-46.
- Ruthven, D. M., 1984, "Principles of Adsorption and Adsorption Processes", Canada: John Wiley and Sons.
- Royal Society of Chemistry, 2009, "Advancing the Chemical Sciences", <http://www.rsc.org> (diakses pada 14 Agustus 2018).
- Stasiak, N., Kukula-Koch, W., dan Glowniak, K., 2014, "Review : modern industrial and pharmacological applications of indigo dye and its derivatives, *Acta Poloniae Pharmaceutica*, **71**(2), hh. 215-221.
- Suhartati, T., 2017, "Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-Vis Dan Spektrometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik", Lampung: AURA (Anugrah Utama Raharja).
- Sumalatha, B., Kumar, Y. P., Kumar, K. K., Babu, D. J., Narayana, A. V., Das, K. M., dan Venkateswarulu, T. C., 2014, "Removal of indigo carmine from aqueous solution by using activated carbon", *Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, **5**(2), hh. 912-922.
- Surya Online, 2017, "Dolly, dari kampung prostitusi jadi kampung batik", 26 Maret 2017
<http://surabaya.tribunnews.com/2017/03/26/dolly-dari->

- [kampung-prostitusi-kini-jadi-kampung-batik](#) (diakses pada 15 April 2019).
- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, H. A., 2011, “Analisis variasi waktu dan kecepatan pengadukan pada adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif”, *Info Teknik*, **12**(1), hh. 13-14.
- Thomas, W. J., dan Crittenden, B., 1998, “Adsorption Technology and Design 1st ed”, Great Britain: The Spartan Press, Ltd.
- Timar-Balazsy, A., dan Eastop, D., 2012, “Chemical Principles of Textile Conservation”, London: Routledge.
- Torowati dan Galuh, B. S., 2014, “Penentuan nilai limit deteksi dan kuantisasi alat titrasi potensiometer untuk analisis uranium”, *Jurnal BATAN*, **13**, hh. 9-15.
- Triyati, E., 1985, “Spektrofotometer ultra-violet dan sinar tampak serta aplikasinya dalam oseanografi”, *Oseana*, **10**(1), hh. 39-47.
- Usman, H. dan Akbar, R. P. S., 2006, “Pengantar Statistika 2nd ed”, Yogyakarta: Bumi Aksara.
- Viswanathan, B., Nell, P. I., dan Karadarajan, T. K., 2009, “Methods of Activation and Specific Applications of Carbon Materials”. Chennai: National Centre for Catalysis Research.
- Washington State Departement of Technology, 2002, “Treatment-specific guidance: Carbon Adsorption”. *Ecology Fact Sheet*. December 2002, hh. 96-415.
- Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, S., dan Ang, H. M., 2014, “Dye and its removal from aqueous solution by adsorption: A review”, *Advances in Colloid and Interface Science*, **209**, hh. 172-184.
- Zhu, J., Shi, B., dan Chen, L., 2009, “Production, characterization and properties of chloridized mesoporous activated carbon from waste tyres”, *Waste Management and Research*. **27**, hh. 553-560.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

A. Diagram Alir Penelitian



❖ **Pembuatan Larutan Stok *Indigosol Golden Yellow IRK* 1000 ppm**

Indigosol Golden Yellow IRK (s)

Ditimbang sebanyak 0,1000 g dengan neraca analitik

Dilarutkan dalam gelas beker dengan aqua DM

Dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL hingga tanda batas,

Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm (aq)

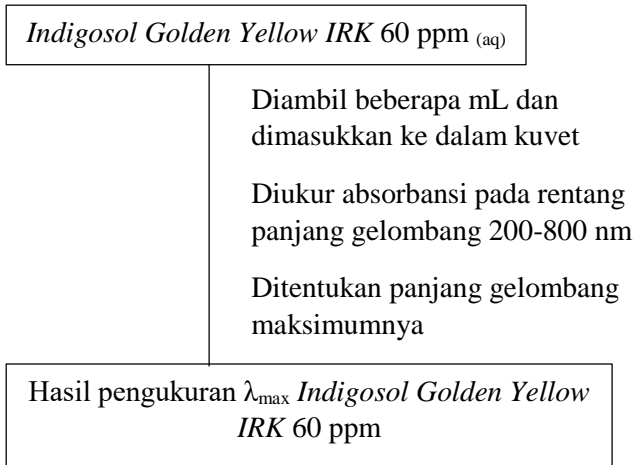
❖ **Penentuan Panjang Gelombang Maksimum *Indigosol Golden Yellow IRK***

Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm (aq)

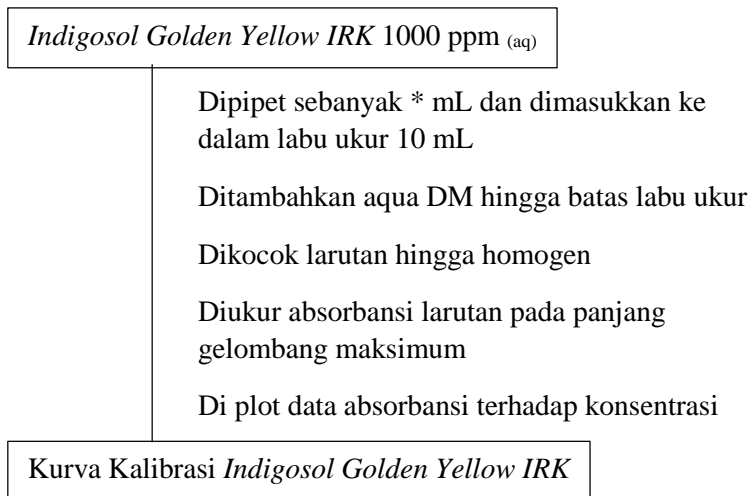
Dipipet sebanyak 0,6 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL

Ditambahkan aqua DM hingga tanda batas, kocok hingga homogen

Indigosol Golden Yellow IRK 60 ppm (aq)

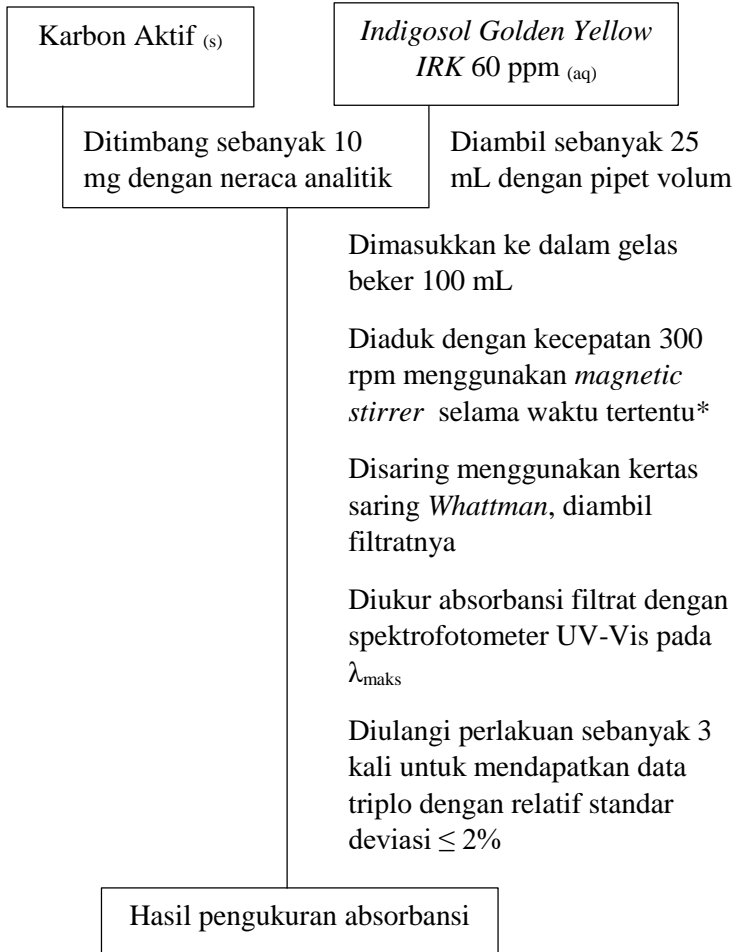


❖ **Pembuatan Kurva Kalibrasi *Indigosol Golden Yellow IRK***



Ket : * (volume larutan *Indigosol Golden Yellow IRK 1000 ppm*) yang dibutuhkan dihitung melalui rumus pengenceran

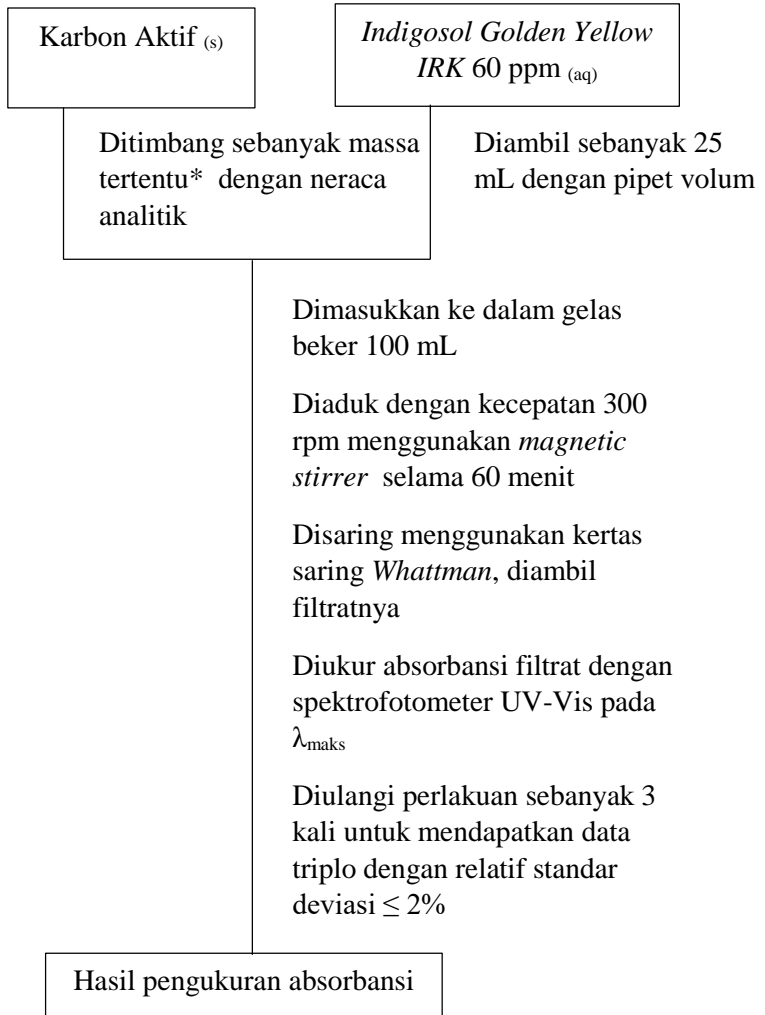
❖ **Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan Variasi Waktu Kontak**



Ket:

*(variasi waktu kontak) yaitu selama 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; dan 140 menit

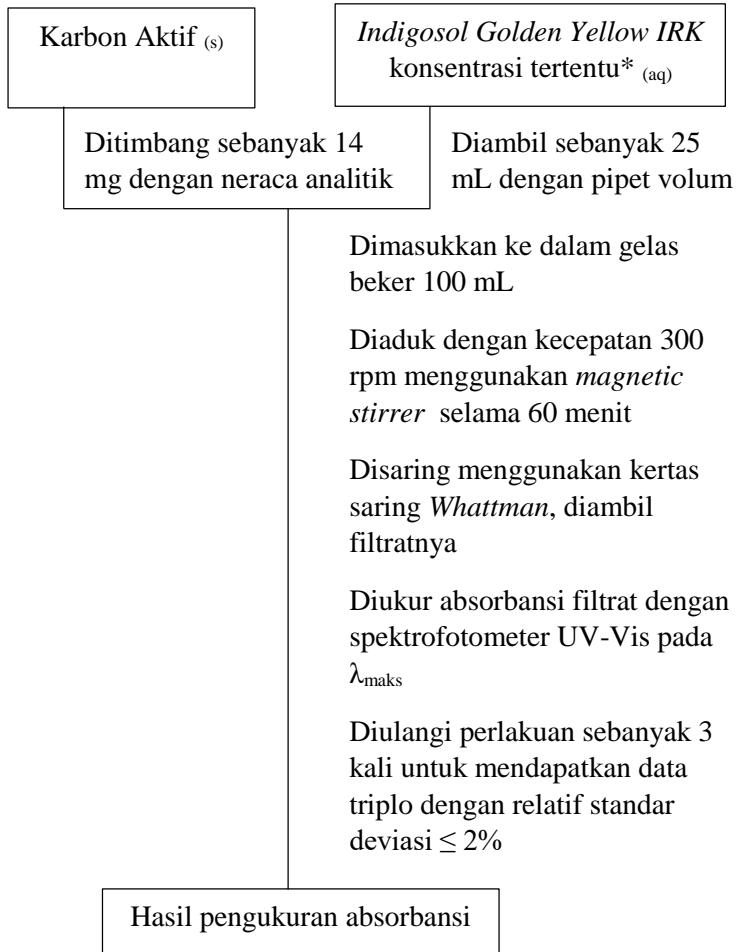
❖ **Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow* IRK dengan Variasi Massa Adsorben**



Ket :

*(variasi massa adsorben) sebesar 8; 10; 12; 14; 16; 18; dan 20 mg

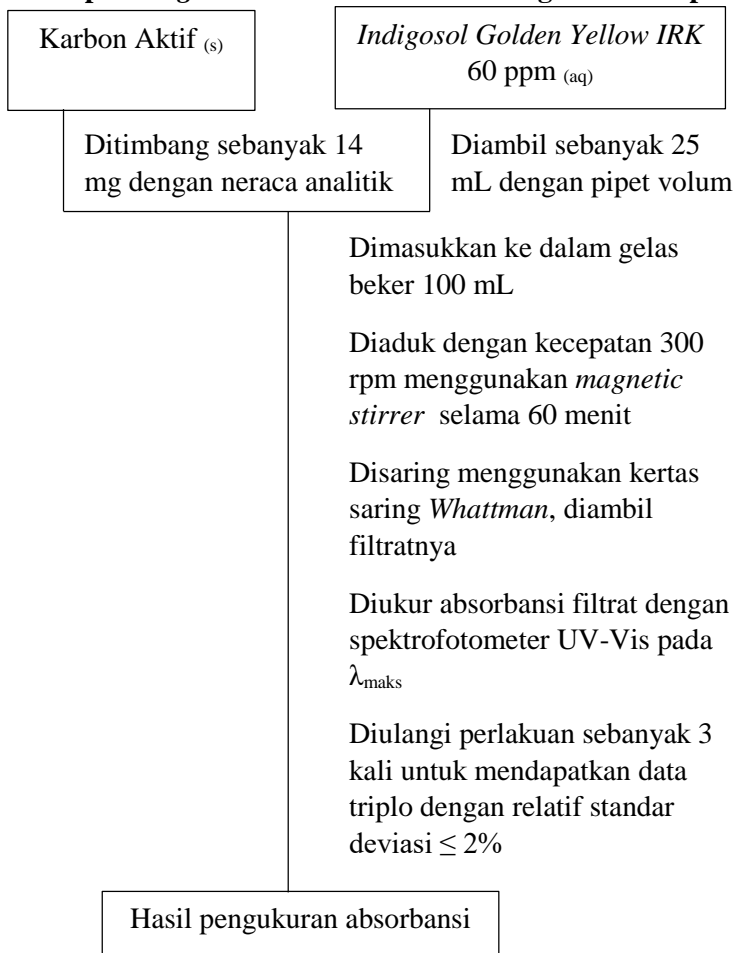
❖ **Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan Variasi Konsentrasi Awal**



Ket:

*(variasi konsentrasi awal larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*) yaitu sebesar 40; 60; 80; 100; dan 120 ppm

❖ **Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* dengan Variasi pH**



Ket:

*(variasi pH larutan *Indigosol Golden Yellow IRK*) yaitu sebesar 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; dan 12

B. Perhitungan

❖ Massa *Indigosol Golden Yellow IRK* untuk Pembuatan Larutan Stok 1000 ppm

$$\text{Massa (mg)} = \text{Konsentrasi (mg/L)} \times \text{Volume (L)}$$

Contoh:

$$\begin{aligned} \text{Massa } \textit{Indigosol Golden Yellow IRK} &= 1000 \text{ mg/L} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 100 \text{ mg} \\ &= 0,1000 \text{ g} \end{aligned}$$

❖ Konsentrasi Larutan Kurva Kalibrasi

Dalam pembuatan kurva kalibrasi dilakukan pengenceran larutan stok *Indigosol Golden Yellow IRK* 1000 ppm menjadi konsentrasi 0,08; 1; 20; 40; 60; 80; 100; dan 120 ppm.

Rumus pengenceran:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

Contoh :

Pengenceran menjadi konsentrasi 20 ppm dalam labu ukur 10 mL

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 20 \text{ ppm} \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ mL}$$

Jadi, larutan stok 1000 ppm yang diencerkan sebanyak 0,2 mL.

❖ Konsentrasi Larutan Sebelum dan Sesudah Adsorpsi

Persamaan garis lurus yang didapatkan dari pengaluran absorbansi terhadap konsentrasi pada kurva kalibrasi yaitu $y = ax + b$ yang ekuivalen dengan persamaan Lambert-Beer yaitu $A = \epsilon b c$ maka dapat diterapkan bahwa A (absorbansi hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis) adalah y , dan x

adalah c (konsentrasi) sehingga dapat dihitung nilai konsentrasi larutan.

Persamaan garis lurus hasil pengaluran kurva kalibrasi yaitu

$$y = 0,0105 x + 0,0398$$

Untuk mencari konsentrasi (x) dengan substitusi nilai absorbansi ke dalam y .

$$x = \frac{y - 0,0398}{0,0105}$$

Contoh:

Menghitung konsentrasi awal larutan untuk variasi waktu kontak

Absorbansi = 0,673

$$x = \frac{y - 0,0398}{0,0105}$$

$$x = \frac{0,673 - 0,0398}{0,0105}$$

$$x = 60,305$$

Jadi, konsentrasi awal larutan pada variasi waktu kontak sebesar 60,305 ppm.

❖ ***%removal Adsorpsi Indigosol Golden Yellow IRK***

$$\%removal = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \%$$

Ket:

C_0 adalah konsentrasi awal larutan (sebelum adsorpsi)

C_t adalah konsentrasi akhir larutan (setelah adsorpsi)

Contoh:

Menghitung *%removal* adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* pada variasi waktu kontak 10 menit

$$\%removal = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned} \%removal &= \frac{60,305 \text{ ppm} - 30,114 \text{ ppm}}{60,305 \text{ ppm}} \times 100 \% \\ &= 50,063 \% \end{aligned}$$

Perhitungan standar deviasi:

$$\text{Standar deviasi (s)} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Contoh:

Menghitung standar deviasi *%removal* variasi waktu kontak 10 menit

$$\begin{aligned} s &= \sqrt{\frac{(50,063-50,537)^2 + (50,695-50,537)^2 + (50,853-50,537)^2}{3-1}} \\ &= 0,418\% \end{aligned}$$

Perhitungan relatif standar deviasi:

$$\text{RSD} = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

Dimana s merupakan standar deviasi dan \bar{x} adalah rata-rata *%removal*

Contoh:

Menghitung relatif standar deviasi *%removal* variasi waktu kontak 10 menit

$$\begin{aligned} \text{RSD} &= \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \\ &= \frac{0,418 \%}{50,537 \%} \times 100\% \\ &= 0,827\% \end{aligned}$$

C. Tabel Data Hasil Adsorpsi

❖ Data Hasil Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* Variasi Waktu Kontak

Waktu (menit)	Absorbansi Awal	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% <i>removal</i>	Rata-rata % <i>removal</i>	Relatif Standar Deviasi (%)
10	0,673	0,356	60,305	30,114	51,162	50,537	0,827
		0,352		29,733	51,808		
		0,351		29,638	51,969		
20	0,673	0,300	60,305	24,781	60,200	59,907	1,452
		0,290		23,829	61,814		
		0,291		23,924	61,653		
30	0,673	0,263	60,305	21,257	66,172	65,856	1,679
		0,256		20,590	67,301		
		0,249		19,924	68,431		
40	0,673	0,228	60,305	17,924	71,821	69,383	1,678
		0,242		19,257	69,561		
		0,231		18,210	71,336		

Waktu (menit)	Absorbansi Awal	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% <i>removal</i>	Rata-rata % <i>removal</i>	Relatif Standar Deviasi (%)
50	0,673	0,185	60,305	13,829	78,760	77,490	0,941
		0,177		13,067	80,052		
		0,185		13,829	78,760		
60	0,673	0,176	60,305	12,971	80,213	79,227	1,282
		0,164		11,829	82,150		
		0,174		12,781	80,536		
70	0,673	0,164	60,305	11,829	82,150	79,701	0,894
		0,173		12,686	80,697		
		0,168		12,210	81,504		
80	0,673	0,176	60,305	12,971	80,213	79,385	1,620
		0,174		12,781	80,536		
		0,161		11,543	82,634		

Waktu (menit)	Absorbansi Awal	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% <i>removal</i>	Rata-rata % <i>removal</i>	Relatif Standar Deviasi (%)
90	0,673	0,156	60,305	11,067	83,441	80,859	0,977
		0,166		12,019	81,827		
		0,161		11,543	82,634		
140	0,673	0,185	60,305	13,829	78,760	77,016	0,118
		0,186		13,924	78,599		
		0,185		13,829	78,760		

❖ **Data Hasil Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow* IRK Variasi Dosis Adsorben**

Massa Adsorben (mg)	Absorbansi Awal	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% removal	Rata-rata % removal	Relatif Standar Deviasi (%)
8	0,675	0,223	60,500	17,448	72,716	72,838	2,043
		0,209		16,114	74,968		
		0,205		15,733	75,611		
10	0,675	0,202	60,500	15,448	76,094	73,940	2,021
		0,196		14,876	77,059		
		0,218		16,971	73,520		
12	0,675	0,184	60,500	13,733	78,990	77,613	0,703
		0,184		13,733	78,990		
		0,178		13,162	79,955		

Massa Adsorben (mg)	Absorbansi Awal	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% <i>removal</i>	Rata-rata % <i>removal</i>	Relatif Standar Deviasi (%)
14	0,675	0,140	60,500	9,543	86,068	84,225	0,187
		0,139		9,448	86,229		
		0,141		9,638	85,907		
16	0,675	0,153	60,500	10,781	83,977	81,969	2,024
		0,144		9,924	85,425		
		0,166		12,019	81,885		
18	0,675	0,144	60,500	9,924	83,596	83,386	0,288
		0,145		10,019	83,438		
		0,147		10,210	83,123		
20	0,675	0,163	60,500	11,733	80,605	79,660	1,425
		0,167		12,114	79,975		
		0,177		13,067	78,401		

❖ **Data Hasil Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow* IRK Variasi Konsentrasi Awal**

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi Awal	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% <i>removal</i>	Rata-rata % <i>removal</i>	Relatif Standar Deviasi (%)
40	0,473	0,151	41,257	10,590	76,740	74,254	0,475
		0,150		10,495	76,978		
		0,153		10,781	76,263		
60	0,679	0,140	60,876	9,543	86,157	84,324	0,186
		0,139		9,448	86,317		
		0,141		9,638	85,997		
80	0,872	0,240	79,257	19,067	77,205	76,464	0,921
		0,229		18,019	78,549		
		0,238		18,876	77,449		
100	1,090	0,310	100,019	25,733	75,246	74,525	0,295
		0,306		25,352	75,632		
		0,306		25,352	75,632		
120	1,296	0,365	119,638	30,971	74,924	73,980	0,224
		0,366		31,067	74,843		
		0,369		31,352	74,602		

❖ **Data Hasil Adsorpsi *Indigosol Golden Yellow IRK* Variasi pH**

pH	Absorbansi Awal	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% <i>removal</i>	Rata-rata % <i>removal</i>	Relatif Standar Deviasi (%)
4	0,679	0,066	60,876	2,495	95,901	96,162	0,616
		0,060		1,924	96,840		
		0,067		2,590	95,745		
5	0,679	0,076	60,876	3,448	94,337	94,128	0,853
		0,073		3,162	94,806		
		0,083		4,114	93,242		
6	0,679	0,094	60,876	5,162	91,521	90,008	1,741
		0,103		6,019	90,113		
		0,114		7,067	88,392		
7	0,679	0,140	60,876	9,543	84,324	84,324	0,186
		0,139		9,448	84,481		
		0,141		9,638	84,168		

pH	Absorbansi Awal	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% <i>removal</i>	Rata-rata % <i>removal</i>	Relatif Standar Deviasi (%)
8	0,679	0,207	60,876	15,924	73,842	73,634	0,491
		0,207		15,924	73,842		
		0,211		16,305	73,217		
9	0,679	0,098	60,876	5,543	90,895	91,103	1,388
		0,104		6,114	89,956		
		0,088		4,590	92,459		
10	0,679	0,079	60,876	3,733	93,867	94,285	0,766
		0,079		3,733	93,867		
		0,071		2,971	95,119		
12	0,679	0,041	60,876	0,114	99,812	99,604	0,363
		0,041		0,114	99,812		
		0,045		0,495	99,186		

D. Analisa Uji t : Paired Two Sampels for Mean

Analisa uji t dilakukan untuk melihat *%removal* antara dua data apakah memiliki perbedaan yang signifikan guna menentukan kondisi waktu kontak optimum. Uji t dilakukan menggunakan Data Analysis pada Microsoft Excel. Dengan asumsi seperti berikut.

Asumsi :

H_0 yaitu apabila $t_{hitung} < t_{tabel}$ maka tidak ada perbedaan signifikan.

H_1 yaitu apabila $t_{hitung} > t_{tabel}$ maka terdapat perbedaan signifikan.

❖ Uji t antara data waktu kontak 50 menit dan 60 menit

t-Test: Paired Two Sample for Means

	$t = 50$	$t = 60$
Mean	77,490	79,227
Variance	0,532	1,031
Observations	3	3
Pearson Correlation	0,988	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-9,526	
P(T<=t) one-tail	0,005	
t Critical one-tail	2,920	
P(T<=t) two-tail	0,011	
t Critical two-tail	4,303	

$$t_{hitung} = |-9,526| = 9,526$$

$$t_{tabel} = 4,303$$

Kesimpulan:

$t_{hitung} > t_{tabel}$ maka terdapat perbedaan signifikan antara %removal pada waktu kontak 50 dan 60 menit. Sehingga H_0 ditolak, H_1 diterima.

❖ **Uji t antara data waktu kontak 60 menit dan 70 menit**

t-Test: Paired Two Sample for Means

	$t = 60$	$t = 70$
Mean	79,227	79,701
Variance	1,031	0,507
Observations	3	3
Pearson Correlation	-0,954	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-0,480	
P(T<=t) one-tail	0,339	
t Critical one-tail	2,920	
P(T<=t) two-tail	0,678	
t Critical two-tail	4,303	

$$t_{hitung} = |-0,480| = 0,480$$

$$t_{tabel} = 4,303$$

Kesimpulan:

$t_{hitung} < t_{tabel}$ maka tidak ada perbedaan signifikan antara %removal pada waktu kontak 60 dan 70 menit. Sehingga H_0 diterima.

❖ Uji t antara data waktu kontak 60 menit dan 80 menit

t-Test: Paired Two Sample for Means

	<i>t</i> = 60	<i>t</i> = 80
Mean	79,227	79,385
Variance	1,031	1,654
Observations	3	3
Pearson Correlation	-0,242	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-0,150	
P(T<=t) one-tail	0,447	
t Critical one-tail	2,920	
P(T<=t) two-tail	0,894	
t Critical two-tail	4,303	

$$t_{hitung} = |-0,150| = 0,150$$

$$t_{tabel} = 4,303$$

Kesimpulan:

$t_{hitung} < t_{tabel}$ maka tidak ada perbedaan signifikan antara %removal pada waktu kontak 60 dan 80 menit. Sehingga H_0 diterima.

❖ Uji t antara data waktu kontak 60 menit dan 90 menit

t-Test: Paired Two Sample for Means

	<i>t</i> = 60	<i>t</i> = 90
Mean	79,227	80,859
Variance	1,031	0,624
Observations	3	3
Pearson Correlation	-0,933	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	-1,592	
P(T<=t) one-tail	0,126	
t Critical one-tail	2,920	
P(T<=t) two-tail	0,252	
t Critical two-tail	4,303	

$$t_{hitung} = |-1,592| = 1,592$$

$$t_{tabel} = 4,303$$

Kesimpulan:

$t_{hitung} < t_{tabel}$ maka tidak ada perbedaan signifikan antara %removal pada waktu kontak 60 dan 90 menit. Sehingga H_0 diterima.

❖ Uji t antara data waktu kontak 60 menit dan 140 menit

t-Test: Paired Two Sample for Means

	<i>t</i> = 60	<i>t</i> = 140
Mean	79,227	77,016
Variance	1,031	0,008
Observations	3	3
Pearson Correlation	-0,988	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	3,464	
P(T<=t) one-tail	0,037	
t Critical one-tail	2,920	
P(T<=t) two-tail	0,074	
t Critical two-tail	4,303	

$$t_{hitung} = 3,464$$

$$t_{tabel} = 4,303$$

Kesimpulan:

$t_{hitung} < t_{tabel}$ maka tidak ada perbedaan signifikan antara %removal pada waktu kontak 60 dan 140 menit. Sehingga H_0 diterima.

E. Dokumentasi



Serbuk *Indigosol Golden Yellow IRK*



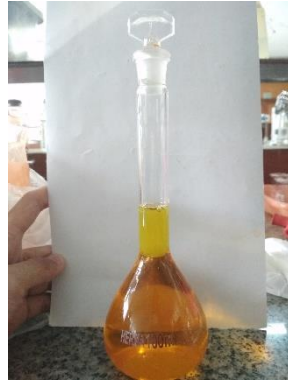
Penimbangan serbuk *Indigosol Golden Yellow IRK*



Pelarutan serbuk *Indigosol Golden Yellow IRK*



Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK* dimasukkan labu ukur



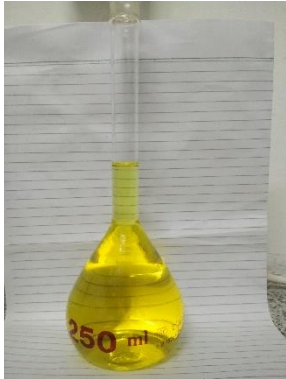
Penambahan aqua DM (Pembuatan larutan stok 1000 ppm)



Pengenceran larutan stok 1000 ppm menjadi 60 ppm



Penambahan aqua DM hingga batas labu ukur



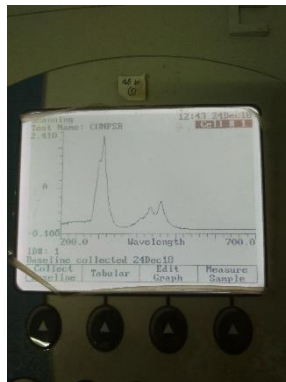
Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK 60* ppm



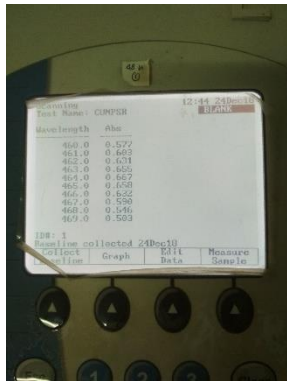
Preparasi Sampel dalam Kuvet



Pengukuran λ_{maks} *Indigosol Golden Yellow IRK 60* ppm



Hasil Pengukuran λ_{maks} *Indigosol Golden Yellow IRK 60* ppm



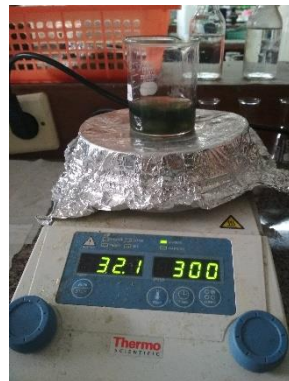
Penentuan λ_{maks}
Indigosol Golden
Yellow IRK 60 ppm



Pembuatan Kurva
 Kalibrasi



Penimbangan Adsorben
 Karbon Aktif



Proses Adsorpsi



Penyaringan untuk memisahkan adsorben dan filtrat hasil adsorpsi



Filtrat Hasil Adsorpsi



Kertas Saring Setelah Digunakan Untuk Memisahkan Adsorben dan Filtrat Hasil Adsorpsi



Pengukuran Absorbansi Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK 60* ppm (Sebelum Adsorpsi)



Pengukuran Absorbansi Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK 60* ppm (Setelah Adsorpsi 10 menit)



Pengukuran Absorbansi Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK 60* ppm (Setelah Adsorpsi 10 menit) - duplo



Pengukuran Absorbansi Larutan *Indigosol Golden Yellow IRK 60* ppm (Setelah Adsorpsi 10 menit) - triplo

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Dewi Kartika Sari merupakan anak ke 5 dari 6 bersaudara dan dilahirkan di Nganjuk pada 11 Mei 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di RA Al-Ghozali Prambon Nganjuk, SDN Kampungbaru 1 Nganjuk, SMPN 1 Tanjunganom Nganjuk, dan SMAN 1 Kediri. Penulis melanjutkan studi ke jenjang sarjana di Departemen Kimia Fakultas Sains Institut Teknologi Sepuluh Nopember sejak tahun 2015 dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 01211540000085. Selama menempuh masa perkuliahan, penulis aktif sebagai staf Departemen Dalam Negeri HIMKA-ITS 2016/2017. Selain kegiatan organisasi, penulis juga mengikuti kegiatan kepanitiaan di ITS seperti Chemistry Week. Penulis juga mengikuti beberapa pelatihan pengembangan diri dan keprofesian seperti LKMM Pra TD FMIPA ITS 2015, LKMW TD Kimia ITS 2015, dan Pelatihan ISO 9001:2015, ISO 45001:2018, ISO 17025:2017. Pada tahun 2018 penulis menyelesaikan kerja praktek di Bagian Laboratorium Pengujian Hasil Produk PPSDM Migas Cepu. Penulis menyelesaikan tugas akhir jenjang S1 di bidang Instrumentasi dan Sains Analitik Departemen Kimia ITS dengan pembimbing Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D dan Bapak Suprpto, Ph.D. Apabila terdapat kritik dan saran mengenai penulisan naskah ini dapat menghubungi penulis melalui email dewi14085@gmail.com.