



SKRIPSI

**PENURUNAN KONSENTRASI PEWARNA BATIK
REMASOL KUNING DARI LIMBAH UKM BATIK
PUTAT JAYA DENGAN ADSORBEN KARBON
AKTIF**

**PURI KENCANA PERMADI
NRP. 0121154000005**

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

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



SCRIPT

**REMAZOL YELLOW DYESTUFF REMOVAL FROM
UKM BATIK PUTAT JAYA WASTEWATER USING
ACTIVATED CARBON AS ADSORBENT**

**PURI KENCANA PERMADI
NRP.0121154000005**

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

**CHEMISTRY DEPARTEMENT
FACULTY OF SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

**PENURUNAN KONSENTRASI PEWARNA BATIK
REMASOL KUNING DARI LIMBAH UKM BATIK
PUTAT JAYA DENGAN ADSORBEN KARBON
AKTIF**

SKRIPSI

Disusun sebagai syarat memperoleh gelar
Sarjana Sains
Pada
Program Studi S-1 Kimia
Fakultas Sains
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Disusun Oleh:

PURI KENCANA PERMADI
NRP. 0121154000005

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

HALAMAN PENGESAHAN

**PENURUNAN KONSENTRASI PEWARNA BATIK
REMASOL KUNING DARI LIMBAH UKM BATIK
PUTAT JAYA DENGAN ADSORBEN KARBON
AKTIF**

SKRIPSI

Oleh:

PURI KENCANA PERMADI
NRP. 0121154000005

Surabaya, April 2019

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



Suprpto, Ph.D
NIP. 19720919 198802 1 002

Mengetahui,
Kepala Departemen Kimia



Prof. Dr. Didik Prasetyoko, S.Si., M.Sc.
NIP. 19710616 199703 1 002

PENURUNAN KONSENTRASI PEWARNA BATIK REMASOL KUNING DARI LIMBAH UKM BATIK PUTAT JAYA DENGAN ADSORBEN KARBON AKTIF

Nama : PURI KENCANA PERMADI
NRP : 01211540000005
Departemen : Kimia ITS
Dosen Pembimbing 1 : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Dosen Pembimbing 2 : Suprpto, Ph.D

ABSTRAK

Remasol kuning atau *Reactive Yellow* termasuk dalam jenis zat warna azo yang berbahaya apabila dibuang secara langsung ke lingkungan karena sifat *nonbiodegradable*, karsinogenik, dan mutagenik yang dimilikinya. Penelitian yang telah dilakukan berhasil menurunkan konsentrasi limbah pewarna batik remasol kuning menggunakan metode adsorpsi dengan adsorben karbon aktif. Beberapa parameter yang digunakan dalam penelitian ialah variasi waktu kontak, dosis adsorben, konsentrasi awal limbah, dan pH larutan. Absorbansi limbah remasol kuning sebelum dan sesudah adsorpsi diukur menggunakan spektrofotometer UV *Visible* pada panjang gelombang maksimum larutan 420 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada waktu kontak 50 menit, dosis adsorben sebesar 10 mg, konsentrasi awal limbah sebesar 38,763 ppm, serta pH larutan pada kondisi asam (pH 2) dan basa (pH 14). Metode adsorpsi yang digunakan pada penurunan konsentrasi limbah alami pewarna batik remasol kuning menghasilkan persen removal maksimum sebesar $85,288\% \pm 0,833$.

Kata kunci: *Adsorpsi, Karbon Aktif, Limbah, Zat Warna Azo, Remasol Kuning.*

REMAZOL YELLOW DYESTUFF REMOVAL FROM UKM BATIK PUTAT JAYA WASTEWATER USING ACTIVATED CARBON AS ADSORBENT

Name : PURI KENCANA PERMADI
NRP : 0121154000005
Departement : Chemistry
Advisor 1 : Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D
Advisor 2 : Suprpto, Ph.D

ABSTRACT

Remazol Yellow or Reactive Yellow is the type of azo dyes which are hazardous if they are discharged directly into the environment. It is because Remazol Yellow characteristic, i.e. non-biodegradable, carcinogenic and mutagenic. In this study, Remazol Yellow dyestuff removal using adsorption method with activated carbon as adsorbent has been carried out. Contact time, adsorbent dosage, initial waste concentration, and pH of the solution were studied. Absorbances of Remazol Yellow, before and after adsorption, were measured using a UV Visible spectrophotometer at the maximum wavelength (420 nm). The results of this study indicate that the optimum conditions for adsorption were obtained in 50 minutes of contact time, adsorbent dosage of 10 mg, initial waste concentration of 38.763 ppm, and pH of the solution under acidic conditions (pH 2) and alkaline (pH 14). The adsorption method used in concentration decreased of Remazol Yellow dye produced a maximum removal of $85.288\% \pm 0.833$.

Keywords: *Adsorption, Activated Carbon, Dyestuff, Azo Dyes, Remazol Yellow.*

*Karya ini aku persembahkan untuk
Ibu, Bapak, beserta keluarga tercinta
Dosen Pembimbing Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D dan Bapak
Suprpto, Ph.D
Teman-teman GOLDSCHMIDT (Kimia ITS 2015) dan BPH
HIMKA 2018
Serta sahabat-sahabatku yang selalu ada untukku*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga naskah Tugas Akhir yang berjudul **“Penurunan Konsentrasi Pewarna Batik Remasol Kuning Dari Limbah UKM Batik Putat Jaya dengan Adsorben Karbon Aktif”** dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud tanpa bantuan, dukungan, doa, serta dorongan semangat dari semua pihak yang terkait. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
2. Suprpto, Ph.D selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses pelaksanaan Tugas Akhir
3. Prof. Dr. Didik Prasetyoko, S.Si., M.Sc. selaku Kepala Departemen Kimia ITS yang telah memerikan segala fasilitas hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Dra. Ita Ulfina, M.Si, selaku Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik yang telah menyediakan segala fasilitas untuk mendukung proses penyelesaian Tugas Akhir.
5. Dr. Djoko Hartanto selaku dosen wali yang telah memberikan arahan serta bimbingannya selama proses perkuliahan berlangsung.
6. Kedua orang tua (Sarjono dan Fatma Widiyanti), adik (K Aradhea D Permadi), kakak (Bayu H Permadi dan Resti H), dan keponakan (A Naffazea Permadi) yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta doa yang tiada henti.
7. M N L Adhyatma, Mareta Z, Cantika A, Putri A S, Ita S, Nirwana A, Aristin K, Nadia L, Dewi K, Ivva R, Cyntia A, Adelia R, Camelia M, Diajeng A, dan Mutiara N yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Enggar Kartika, Ratih Ratnaningrum, dan Atika Wahyu.

9. Teman-teman GOLDSCMIDT Kimia angkatan 2015

Penulis menyadari bahwa penulisan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk meningkatkan kualitas dan perbaikan lebih lanjut. Semoga naskah Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca terutama bagi pihak-pihak yang menekuni bidang terkait.

Surabaya, April 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Zat Warna.....	7
2.2 Remasol Kuning.....	9
2.3 Adsorpsi	10
2.3.1 Adsorpsi fisika (<i>physical adsorption</i>).....	12
2.3.2 Adsorpsi kimia (<i>chemisorption</i>).....	12
2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi.....	13
2.5 Karbon Aktif	14
2.6 Spektroskopi.....	16
2.7 Spektrofotometri UV-Visible	17
2.8 Riview Penelitian Sebelumnya	22

2.9 Analisis Variasi (ANOVA)	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Alat dan Bahan	25
3.1.1 Alat	25
3.1.2 Bahan	25
3.2 Prosedur Kerja	25
3.2.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi	25
3.2.2 Preparasi Larutan Stok Limbah (Pengenceran 100x)..	26
3.2.3 Penentuan Konsentrasi Awal Larutan Stok Limbah Pengenceran 100x	26
3.2.4 Analisa Variasi Waktu Kontak	27
3.2.5 Analisa Variasi Dosis Adsorben	27
3.2.6 Analisa Variasi Konsentrasi Awal	27
3.2.7 Analisa Variasi pH	28
3.2.8 Analisis Variasi (ANOVA)	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Penentuan Panjang Gemombang Maksimum Limbah Remasol Kuning	31
4.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi Pewarna Sintetik Kalibrasi Remasol Kuning F4	32
4.3 Optimasi Waktu Kontak	33
4.4 Optimasi Dosis Adsorben	35
4.5 Optimasi Konsentrasi Awal	38
4.6 Optimasi pH Larutan	40
4.7 Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi	41
4.8 Hasil Analisis Variasi (ANOVA) dan LSD	42
BAB V KESIMPULAN	45

5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN	55
BIODATA PENULIS.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur <i>Remazol Yellow G</i> (PubChem, 2005)	10
Gambar 2.2 Proses Adsorpsi pada Karbon Aktif: Transfer Molekul Adsorbat ke Adsorben (Manocha, 2003)	11
Gambar 2.3 Ilustrasi Skema 3 Dimensi Sintesis Karbon Aktif dari Serat Kelapa (Yin dkk., 2016)	15
Gambar 2.4 Spektrum Elektromagnetik (Ouellette dan Rawn, 2018)	17
Gambar 2.5 Skema Spektrofotometer UV-Visible (a) <i>Single Beam</i> , (b) <i>Single Beam Reverse Optics</i> , (c) <i>Dual Beam</i> (Tranter, 2010)	19
Gambar 4.1 Kurva Pengukuran Panjang Gelombang (λ) Limbah Remazol Kuning.....	31
Gambar 4.2 Kurva Kalibrasi Remazol Kuning F4 Sintetik pada Panjang Gemombang Maksimum 420 nm.....	33
Gambar 4.3 Kurva Penentuan Waktu Kontak Optimum	34
Gambar 4.4 Kurva Penentuan Dosis Adsorben Optimum	36
Gambar 4.5 Kurva Penentuan Konsentrasi Awal Larutan Optimum	38
Gambar 4.6 Kurva Penentuan pH Optimum Larutan	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Zat Warna Berdasarkan Struktur (Ali, 2010).....	8
Tabel 2.2	Perkiraan Panjang Gelombang Warna-Warna pada Daerah Sinar Tampak (Triyati, 1985)	18
Tabel 4.1	Data Penentuan Adsorbansi dan Panjang Gelombang Sampel Limbah Remasol Kuning	32
Tabel 4.2	Variasi Konsentrasi yang Digunakan dalam Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan	39

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Langkah Penelitian	55
LAMPIRAN B Diagram Alir	56
LAMPIRAN C Perhitungan	65
LAMPIRAN D Tabel Kurva Kalibrasi.....	67
LAMPIRAN E Tabel Hasil Adsorpsi.....	68
LAMPIRAN F Perhitungan Uji ANOVA (<i>One Way</i>) dan LSD	74
LAMPIRAN G Dokumentasi Penelitian	86

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil merupakan salah satu jenis industri prioritas nasional yang masih sangat prospektif untuk dikembangkan. Kementerian Perindustrian (Kemenperin) mencatat bahwa pada tahun 2016, nilai investasi industri Tekstil dan Produk Tekstil (TPT) mencapai Rp7,54 triliun dengan perolehan devisa yang signifikan dari nilai ekspor sebesar USD11,87 miliar dan mampu menyerap tenaga kerja sebanyak 17,03 persen dari total tenaga kerja industri manufaktur. Pada saat ini, industri batik menjadi salah satu jenis industri tekstil yang marak untuk dikembangkan. Industri batik juga dapat berperan sebagai pelopor pengenalan budaya Indonesia di samping bertujuan untuk peningkatan taraf perekonomian. Selain diproduksi dalam skala besar, industri batik juga banyak dikembangkan melalui Usaha Kecil Menengah (UKM) di berbagai daerah. Salah satu daerah di Indonesia yang pada saat ini menjadikan industri batik sebagai usaha dalam meningkatkan perekonomian penduduk lokal ialah kota Surabaya.

Surabaya merupakan salah satu kota dengan persebaran penduduk terbesar di Indonesia menjadikan persaingan perekonomian di daerah tersebut begitu ketat. Permasalahan besar yang pernah dialami kota ini ialah berdirinya lokalisasi bisnis prostitusi di kelurahan Putat Jaya, kecamatan Sawahan, Surabaya, dengan alasan untuk meningkatkan perekonomian warga yang berdomisili di daerah tersebut. Gang Dolly yang merupakan sebutan bagi daerah lokalisasi bisnis prostitusi ini merupakan lokalisasi bisnis prostitusi terbesar di Asia Tenggara, yang mana diketahui bahwa lokalisasi bisnis prostitusi menyalahi Peraturan Daerah (Perda) No. 7 Tahun 1999 tentang Larangan Menggunakan Bangunan atau Tempat untuk Perbuatan Asusila serta Pemikatan untuk Melakukan Perbuatan Asusila. Oleh karena itu, pada tanggal 18 Juni 2014 Pemerintah Kota Surabaya resmi menutup lokalisasi prostitusi Dolly (Detik.com, 2015). Keinginan kuat Pemerintah

Kota Surabaya untuk mengubah citra negatif dari kawasan lokalisasi bisnis prostitusi tersebut salah satunya ialah dengan didirikannya “Rumah Batik” yang kemudian berkembang menjadi Usaha Kecil Menengah (UKM) (Tribunnews.com, 2018). Beberapa UKM Batik yang berdiri di daerah ekslokalisasi prostitusi Dolly di antaranya ialah UKM Jarak Arum, UKM Alpujabar, UKM Canting Surya, dan UKM Warna Ayu (Kompas.com, 2018).

Berkembangnya industri batik di kawasan ekslokalisasi prostitusi Dolly juga memiliki dampak negatif bagi lingkungan sekitar. Seperti yang kita ketahui bahwa perkembangan industri tekstil mengakibatkan bertambahnya limbah industri yang dihasilkan baik ditinjau dari volume limbah maupun jenisnya. Hal ini akan sangat merugikan apabila peningkatan produksi limbah tidak diimbangi dengan pengelolaan limbah secara tepat. Salah satu bahan utama yang digunakan dalam industri batik dan merupakan sumber limbah yang bersifat *nonbiodegradable* ialah zat warna tekstil (Sa’adah dkk., 2015). Menurut Keputusan Menteri Perindustrian No. 151 Tahun 2013, zat warna (*dyestuff*) adalah pewarna, berasal dari alam atau sintetik yang dapat digunakan untuk mewarnai bahan tekstil. Limbah tekstil yang umumnya berasal dari sisa zat warna yang merupakan suatu senyawa kompleks aromatik berupa senyawa azo dan turunannya dari gugus benzen bersifat sulit untuk didegradasi sehingga keberadaannya di lingkungan dapat menjadi sumber penyakit karena sifat karsinogenik dan mutagenik yang dimilikinya (Sa’adah dkk., 2015).

Remasol Kuning merupakan salah satu jenis zat warna yang digunakan dalam pembuatan batik di UKM Batik Putat Jaya. Remasol Kuning atau *Reactive Yellow 105* termasuk dalam jenis zat warna azo, di mana zat warna ini dimanfaatkan untuk pewarnaan tekstil karena mudah digunakan, memiliki warna yang stabil, dan warna resisten terhadap pencucian (DiazGomez-Trevino dkk., 2013). Zat warna azo memiliki gugus amina aromatik primer dan bermanfaat sebagai pewarna utama dalam industri pencelupan dan pencetakan tekstil. Limbah yang

dihasilkan berwarna pekat dan akan menimbulkan efek negatif bagi lingkungan terutama pada daerah perairan apabila limbah tidak dikelola secara tepat. Sebagian besar zat warna azo bersifat sulit mengalami biodegradasi karena struktur kompleks dan stabilitas dari senyawa tersebut (Weng dan Tao, 2018). Zat warna azo juga bersifat karsinogenik dan mutagenik yang memiliki potensi bahaya terhadap kesehatan seperti mengakibatkan kerusakan hati dan ginjal. Selain itu, zat warna azo yang mencemari perairan akan mengurangi penetrasi cahaya sehingga menghambat proses fotosintesis dan akan mengganggu pertumbuhan alami dalam ekosistem perairan (Zhao dkk., 2018). Oleh karena itu, diperlukannya pengolahan limbah pewarna tekstil secara efektif untuk meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan.

Pengolahan limbah zat warna dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi (Abramian dan El-Rassy, 2009). Berbagai metode pengolahan limbah zat warna yang telah dikembangkan di antaranya adalah pemisahan dengan membran, degradasi zat warna dengan mikroorganisme aerob dan anaerob, oksidasi, koagulasi, flokulasi, dan osmosis. Beberapa metode tersebut telah terbukti efektif untuk mendegradasi zat warna yang terkandung dalam limbah cair namun, terdapat pula kekurangan seperti banyaknya jumlah bahan kimia yang digunakan (Aljeboree dkk., 2017). Teknik adsorpsi yang didasarkan pada transfer polutan dari larutan menuju fase padat diketahui sebagai salah satu metode yang efisien untuk pengolahan limbah air. Adsorpsi memiliki keunggulan dibandingkan metode pengolahan limbah lainnya dalam berbagai aspek seperti biaya yang murah, desain metode yang sederhana, kemudahan operasi, dan adsorben yang digunakan bersifat non-toksik jika dibandingkan dengan metode konvensional pengolahan air limbah lainnya (Ghaedi dkk., 2012).

Pemanfaatan berbagai adsorben dalam proses adsorpsi limbah zat warna Remasol Kuning telah diteliti. Beberapa jenis adsorben yang dapat di gunakan untuk adsorpsi limbah remasol kuning di antaranya ialah Hidrotalsit-Magnetit (HT-M) (Imaniah dkk., 2017), *Montmorillonite* KSF (MKSF), FeKSF (DiazGomez-Trevino dkk, 2013), *Apple Plup* (AP), *Apple Plup Carbon* (APC),

Apple Plup-TiO₂ (APTiO₂) (Ozbay dan Yargic, 2015), *Fe-Zeolitic Tuff* (Solache-Rios dkk., 2010), alumina, silika (Wahyuningsih dkk., 2017) dan lain-lain. Pada penelitian ini, digunakan karbon aktif komersial sebagai adsorben untuk mengurangi konsentrasi Remasol Kuning dari limbah industri batik.

Adsorpsi dengan karbon aktif merupakan metode pengolahan limbah secara *physico-chemical* yang populer untuk mendegradasi senyawa organik yang terlarut dalam air limbah (Namasivayam dan Kavitha, 2002). Karbon aktif merupakan istilah umum yang digunakan untuk menggambarkan adsorben karbon dengan kristalinitas senyawa yang tinggi dan struktur pori internal yang berkembang dengan baik (Kosheleva dkk., 2018). Seperti yang diketahui bahwa karbon aktif merupakan jenis adsorben yang sering digunakan dalam pengelolaan limbah industri, memiliki permukaan yang berukuran mikropori, memiliki struktur homogen dengan luas permukaan yang besar, serta menunjukkan stabilitas terhadap radiasi (Iqbal dan Ashiq, 2007). Hal tersebut melatarbelakangi pemilihan karbon aktif komersial sebagai adsorben limbah zat warna (Remasol Kuning).

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan, penelitian ini memberikan solusi mengenai pengolahan limbah zat warna Remasol Kuning yang diperoleh dari UKM Batik Putat Jaya dengan adsorben karbon aktif komersial. Instrumen *UV-Visible* digunakan untuk penentuan absorbansi larutan yang kemudian dari absorbansi tersebut dikonversi menjadi persen removal zat warna. Kondisi optimum dalam proses adsorpsi ditentukan untuk memperoleh persen removal maksimum dari zat warna yang terkandung dalam limbah. Harapan dari penelitian ini ialah mampu membantu menyelesaikan permasalahan pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari produksi batik di daerah esklokalisasi Dolly.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitina ini yaitu apakah teknik adsorpsi dengan adsorben karbon aktif komersial dapat efektif menurunkan konsentrasi limbah batik Remasol Kuning dari UKM Batik Putat Jaya. Bagaimana kondisi optimum selama proses

adsorpsi berlangsung akan menjadi pembahasan dalam penelitian ini untuk menghasilkan persen removal maksimum zat warna Remasol Kuning dari limbah Batik UKM Putat Jaya.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menurunkan konsentrasi pewarna batik Remasol Kuning dari limbah UKM Batik Putat Jaya dengan adsorben karbon aktif sebelum dibuang ke lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mencari kondisi optimum dalam proses adsorpsi limbah pewarna batik Remasol Kuning dengan adsorben karbon aktif komersial sehingga dapat menghasilkan persen removal maksimum.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan proses adsorpsi limbah pewarna batik Remasol Kuning dari UKM batik Putat Jaya dengan adsorben karbon aktif komersial. Variasi kondisi yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi waktu kontak, dosis adsorben, konsentrasi awal, dan pH. Jumlah limbah yang digunakan dalam proses tersebut sebesar 25 mL dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Digunakan instrument *Spectrophotometer Genesys 10S UV-Visible* untuk menentukan absorbansi larutan. Konsentrasi limbah pewarna ditentukan berdasarkan kurva kalibrasi zat warna Remasol Kuning sintetik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat di antaranya sebagai berikut:

1. Memberikan alternatif proses pengolahan limbah pewarna batik Remasol Kuning dari UKM Batik Putat Jaya dengan metode yang dapat diterapkan langsung di lokasi produksi batik.
2. Mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah zat warna Remasol Kuning dari proses produksi batik.

3. Sebagai informasi ilmu pengetahuan mengenai kondisi optimum dalam proses adsorpsi limbah pewarna batik Remasol Kuning dengan adsorben karbon aktif.

BAB II

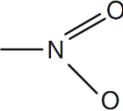
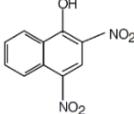
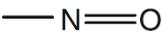
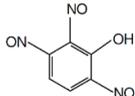
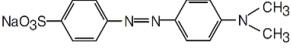
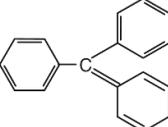
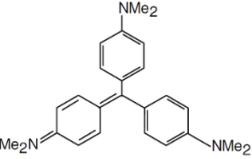
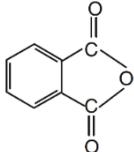
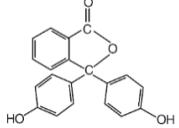
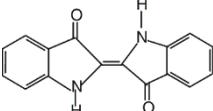
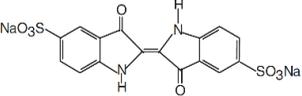
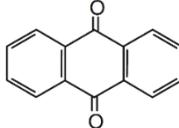
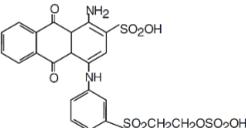
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Zat Warna

Zat warna merupakan senyawa organik yang memiliki struktur aromatik kompleks, di mana senyawa ini mengandung gugus benzena, toluena, xilena, dan antrasena. Struktur aromatik kompleks memungkinkan zat warna menjadi sangat stabil dan bersifat resisten terhadap degradasi biokimia (Ekinci dan Guzel, 2018). Menurut Keputusan Menteri Perindustrian No. 151 Tahun 2013, zat warna (*dye stuff*) adalah pewarna, berasal dari alam atau sintetis yang dapat digunakan untuk mewarnai bahan tekstil. Sedangkan dalam pengertian lain dijelaskan bahwa molekul zat warna adalah gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor yang berfungsi sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna dengan serat. Zat organik tidak jenuh yang terdapat dalam zat warna merupakan senyawa aromatik yaitu senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya, serta senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen (Manurung dkk., 2004).

Terdapat beberapa cara untuk mengklasifikasikan zat warna komersial, di antaranya ialah berdasarkan struktur, warna, dan metode aplikasi (Yagub dkk., 2014). Struktur utama yang bertanggungjawab untuk penyerapan cahaya dalam molekul zat warna adalah kromofor yakni sistem elektron terdelokalisasi dengan ikatan rangkap terkonjugasi. Kromofor sering mengandung heteroatom N, O, dan S dengan elektron yang tidak berikatan (*nonbonding electrons*). Klasifikasi zat warna berdasarkan struktur terdapat pada Tabel 2.1. Selain pengelompokan tersebut, zat warna juga dapat diklasifikasikan berdasarkan muatan partikelnya menjadi zat warna kationik (zat warna asam dan reaktif), anionik (semua zat warna dasar), dan non ionik (zat warna terdispersi) apabila zat warna tersebut dilarutkan dalam medium aqueous (Purkait dkk., 2005).

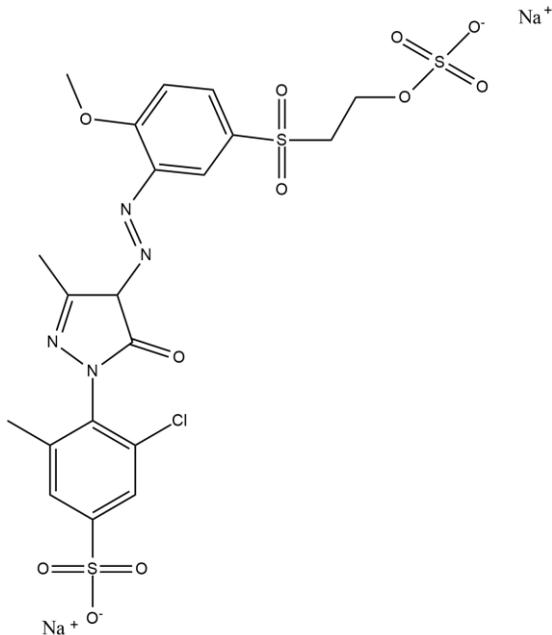
Tabel 2.1 Klasifikasi Zat Warna Berdasarkan Struktur (Ali, 2010)

Jenis Zat Warna	Kromofor	Contoh
Nitro		 <p><i>C. I. Acid Yellow 24</i></p>
Nitroso		 <p><i>Fast Green O</i></p>
Azo		 <p><i>Methyl Orange</i></p>
Trifenil- metana		 <p><i>C. I. Basic Violet 3</i></p>
<i>Phtha- lein</i>		 <p><i>Phenolphthalein</i></p>
Indigo		 <p><i>C. I. Acid Blue 71</i></p>
Antra- kuinon		 <p><i>C. I. Reactive Blue 19</i></p>

Salah satu klasifikasi zat warna berdasarkan strukturnya ialah zat warna azo. Senyawa azo membentuk sebagian besar zat warna dari berbagai zat warna yang kita ketahui dan merupakan zat warna sintetik yang paling banyak digunakan dan paling umum dilepaskan ke lingkungan (Zhao dan Hardin, 2007). Zat warna azo memiliki gugus amina aromatik primer yang digunakan sebagai pewarna utama dalam industri pencelupan dan pencetakan tekstil. Limbah yang dihasilkan berwarna pekat dan akan menimbulkan efek negatif bagi lingkungan terutama daerah perairan apabila limbah tidak dikelola secara tepat. Sebagian besar pewarna azo bersifat sulit mengalami biodegradasi karena struktur kompleks dan stabilitas dari senyawa tersebut (Weng dan Tao, 2018).

2.2 Remasol Kuning

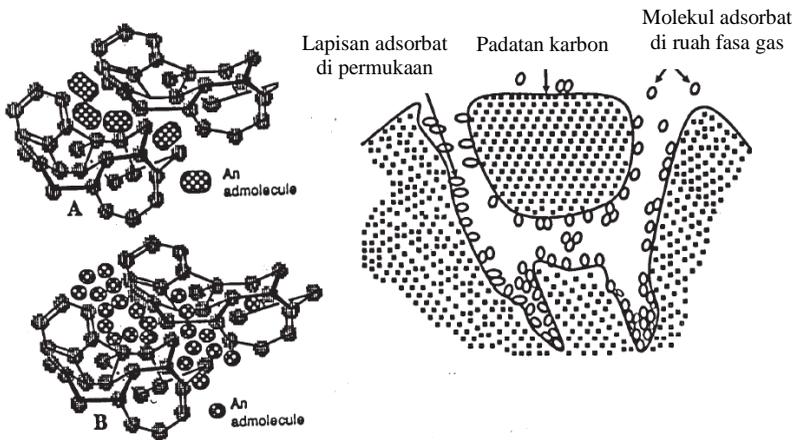
Remasol Kuning atau *Remazol Yellow* merupakan salah satu zat warna jenis azo yang sering digunakan dalam industri tekstil (Ariguna dkk., 2014). Remasol Kuning memiliki warna yang stabil dan warna resisten terhadap pencucian (DiazGomez-Trevino dkk., 2013). Zat warna Remasol berikatan kovalen dengan serat kain melalui mekanisme adisi nukleofilik. Pada saat proses setelah penyabunan dan pembilasan, zat warna yang terhidrolisis dan tidak bereaksi akan terlepas dari serat kain. Namun, ikatan kovalen antara Remasol dengan serat kain menjadikannya sebagai zat warna yang tahan luntur (Broadbent dkk., 2017). Remasol Kuning berbentuk serbuk berwarna kuning dan bersifat larut dalam air. *Remazol Yellow G* memiliki rumus molekul $C_{20}H_{19}ClN_4Na_2O_{11}S_3$ dengan berat molekul sebesar 668,999 g/mol. Nama lain dari *Remazol Yellow G* di antaranya ialah *C. I. Reactive Yellow 14*, *Procion Yellow MX4R*, CHEBI:58965, EINECS 242-710-5, 18976-74-4, dan masih banyak lagi (PubChem, 2005). Struktur *Remazol Yellow G* terdapat pada Gambar 2.1. Beberapa produk berbahaya hasil dari dekomposisi Remasol Kuning ialah karbon monoksida, karbon dioksida, oksida nitrogen, dan oksida sulfur (MSDS, 2005).



Gambar 2.1 Struktur *Remazol Yellow G* (PubChem, 2005)

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses pemisahan secara selektif terhadap suatu komponen atau zat pengotor (*impurity*) yang terkandung dalam fluida dengan cara mengkontakkan fluida tersebut dengan adsorben padatan. Metode ini diterima secara luas sebagai metode pemurnian yang efektif baik untuk pemurnian air ataupun air limbah. (Danny dkk., 2003). Pada proses adsorpsi terjadi perpindahan massa dari fluida (dapat berupa fasa gas atau cairan) ke fasa padatan. Zat terlarut yang terserap pada permukaan padatan disebut dengan adsorbat, sedangkan padatan yang menyerap disebut dengan adsorben. Pada proses adsorpsi terjadi proses pengikatan oleh permukaan adsorben padatan terhadap atom-atom, ion-ion, atau molekul-molekul adsorbat dengan gaya intermolekular yang lemah (Putranto dan Angelina, 2014).



Gambar 2.2 Proses Adsorpsi pada Karbon Aktif: Transfer Molekul Adsorbat ke Adsorben (Manocha, 2003)

Pada awal proses adsorpsi, terjadi perpindahan zat terlarut secara konveksi dari fasa curah cairan menuju adsorben. Selanjutnya, pada bagian antarmuka (*interface*) antara fasa cair dan fasa padat terjadi kesetimbangan konsentrasi. Dari antarmuka akan dilanjutkan dengan proses perpindahan zat terlarut secara difusi ke dalam partikel adsorben yang berlangsung dengan lambat. Laju adsorpsi dikendalikan oleh laju difusi (tahap paling lambat yang terjadi pada proses adsorpsi) dari molekul-molekul solut dalam pori-pori kapiler partikel adsorben (Putranto dan Angelina, 2014). Bila kapasitas adsorpsi yang dihasilkan masih sangat besar, maka sebagian besar adsorbat akan terikat dan teradsorpsi di permukaan adsorben. Namun, bila permukaan adsorben sudah jenuh dengan adsorbat maka dapat terjadi dua kemungkinan yaitu:

- Terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan. Gejala seperti ini disebut dengan adsorpsi *multilayer*.
- Tidak terbentuk lapisan kedua dan seterusnya sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida (Wijayanti, 2009).

Proses adsorpsi hanya terjadi di permukaan dan tidak masuk ke dalam fasa bulk/ruah. Ilustrasi proses adsorpsi dapat dilihat pada

Gambar 2.2. Berdasarkan interaksi molekul antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu adsorpsi fisika (*physical adsorption*) dan (*chemisorption*).

2.3.1 Adsorpsi fisika (*physical adsorption*)

Adsorpsi fisika yaitu proses adsorpsi yang berhubungan dengan gaya van der Waals (Mufrodi dkk., 2008). Pada adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (intermolekular) lebih kecil dibandingkan dengan gaya tarik menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relative lemah. Pada fisisorpsi, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke permukaan lainnya. Dengan demikian, permukaan yang ditinggalkan adsorbat dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida pada proses fisisorpsi biasanya cepat tercapai dan bersifat *reversible* (Shofa, 2012). Adsorpsi fisika biasanya digunakan untuk menentukan luas permukaan dan ukuran pori adsorben (Murti, 2008).

2.3.2 Adsorpsi kimia (*chemisorption*)

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia yang terjadi dapat berupa ikatan kovalen atau ikatan ion. Pada kemisorpsi, ikatan yang terbentuk antara adsorben dan adsorbat sangat kuat sehingga adsorbat tidak mudah untuk terdesorpsi. Adsorpsi kimia diawali dengan proses fisisorpsi di mana adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya van der Waals atau ikatan hidrogen yang kemudian dilanjutkan dengan proses kemisorpsi. Pada adsorpsi kimia, adsorbat dan adsorben biasanya bergabung dengan membentuk ikatan kovalen (Shofa, 2012). Adsorpsi kimia biasanya digunakan untuk penentuan daerah pusat aktif dan kinetika reaksi permukaan (Murti, 2008).

2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

- **Karakteristik adsorben**

Karakteristik adsorben dapat berupa sifat fisik dan kimia dari adsorben. Ukuran pori dan luas permukaan adsorben merupakan karakteristik adsorben yang penting di mana secara teori, semakin kecil ukuran pori adsorben maka luas permukaan semakin besar sehingga jumlah molekul yang teradsorpsi akan bertambah. Selain itu, ukuran pori adsorben dan adsorbat harus sesuai karena diameter pori adsorben harus sedikit lebih besar dibandingkan dengan diameter pori adsorbat agar adsorbat dapat menempati pori adsorben (Shofa, 2012).

- **Karakteristik adsorbat**

Karakteristik adsorbat dapat berupa sifat fisik dan kimia dari adsorbat seperti ukuran molekul, polaritas molekul, dan komposisi kimia (Wijayanti, 2009). Agar proses adsorpsi dapat terjadi, molekul-molekul adsorbat harus memiliki diameter yang lebih kecil dari pada diameter pori adsorben. Pada karakteristik polaritas molekul, apabila adsorben bersifat non polar (misal karbon aktif), maka molekul-molekul non polar lebih kuat teradsorpsi dibandingkan dengan molekul yang bersifat polar. Sebaliknya, adsorben yang bersifat polar akan lebih kuat mengadsorpsi molekul-molekul yang bersifat polar dibandingkan dengan molekul non polar (Shofa, 2012).

- **Sifat fasa cair**

Menurut Wijayanti (2009), sifat fasa cair dapat berupa pH dan temperatur larutan. Saat molekul-molekul adsorbat menempel pada permukaan adsorben, terjadi pembebasan sejumlah energi sehingga adsorpsi dikatakan memiliki sifat eksotermis.

- **Tekanan adsorbat**

Berdasarkan interaksi molekular yang terjadi pada proses adsorpsi, tekanan adsorbat akan mempengaruhi jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi. Pada proses fisisorpsi, apabila tekanan adsorbat meningkat maka jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi akan bertambah. Sedangkan pada proses kemisorpsi,

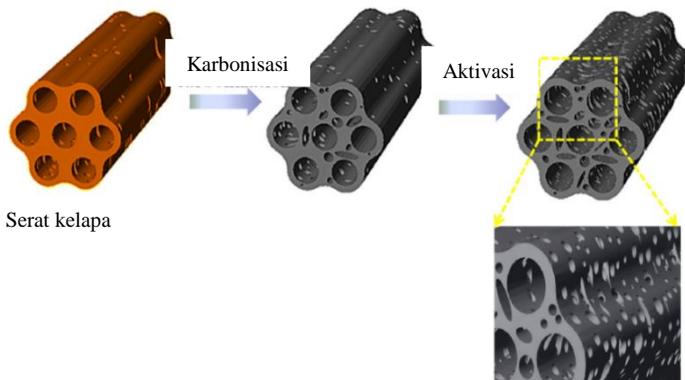
apabila tekanan adsorbat meningkat maka jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi akan berkurang (Shofa, 2012).

2.5 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan material berpori yang terdiri dari karbon dengan luas permukaan dan pori yang berkembang dengan baik. Luas permukaan dan pori karbon tersebut memungkinkan karbon dapat digunakan sebagai adsorben (Arnelli dkk., 2018). Karbon aktif diketahui sebagai material yang banyak digunakan dalam aplikasi pengelolaan lingkungan seperti pengelolaan air, air limbah, dan penyaringan gas. Luas permukaan yang besar, material berukuran mikropori, dan tingkat reaktifitas permukaan yang tinggi menjadikan karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben serba guna. Di samping itu, karbon aktif secara khusus efektif digunakan untuk adsorpsi polutan organik dan anorganik dalam medium *aqueous* (Kosheleva dkk., 2018).

Bahan organik apa pun dapat dijadikan sebagai starting material (prekursor) karbon aktif setelah mengalami karbonisasi dan aktivasi dari komponen organik yang terkandung di dalamnya (Kosheleva dkk., 2018). Material yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif di antaranya ialah kayu, tempurung kelapa, biji zaitun, biji buah, batang kapas, jerami padi, tongkol jagung, dan lain-lain (Ashour, 2010). Dengan demikian, semua bahan yang mengandung karbon dapat dikonversi menjadi karbon aktif meskipun sifat dari produk akhirnya akan berbeda, tergantung dari sifat bahan baku yang digunakan, sifat agen pengaktif, serta kondisi pada proses karbonisasi dan aktivasi (Kosheleva dkk., 2018). Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsi dari karbon aktif selektif, tergantung volume pori dan luas permukaannya. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/g dengan daya serap sebesar 25-1000% terhadap berat dari karbon aktif (Kurniawan dkk., 2014).

Metode pembuatan karbon aktif terdiri dari proses karbonisasi dan proses aktivasi. Karbonisasi tidak hanya dapat dilakukan melalui proses pirolisis menggunakan *furnace*, melainkan telah dikembangkan metode karbonisasi lainnya seperti karbonisasi hidrotermal dan pemanasan dengan gelombang mikro (Kosheleva dkk., 2018). Sedangkan proses aktivasi terdiri dari dua metode yaitu aktivasi secara kimia dan aktivasi secara fisika. Pada aktivasi kimia, prekursor dalam bentuk terpisah dicampur dengan agen pengaktif seperti seng klorida ($ZnCl_2$), asam fosfat (H_3PO_4), dan KCl, yang selanjutnya campuran tersebut dikarbonisasi dalam kondisi tanpa adanya udara atau menggunakan gas inert pada temperatur tidak lebih dari $800^\circ C$. Sedangkan aktivasi secara fisika lebih sering digunakan, di mana dilakukan melalui proses gasifikasi pada karbon dengan aliran gas pengoksidasi pada suhu $850-1000^\circ C$ hingga tingkat pembakaran tertentu (Ashour, 2010). Proses ini umumnya dilakukan dengan adanya gas inert untuk mengubah prekursor organik menjadi karbon primer yang mana merupakan campuran abu, karbon amorf, dan kristal karbon (Kosheleva dkk., 2018). Gambar 2.3 menunjukkan ilustrasi sintesis karbon aktif dan perubahan ukuran pori mulai dari raw material, hasil karbonisasi, dan hasil aktivasi.

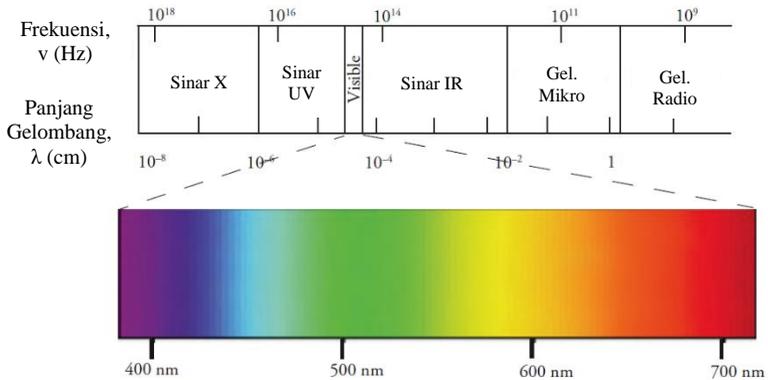


Gambar 2.3 Ilustrasi Skema 3 Dimensi Sintesis Karbon Aktif dari Serat Kelapa (Yin dkk., 2016)

Karbon aktif dibagi menjadi dua jenis yaitu karbon aktif sebagai pemucat dan penyerap uap. Karbon aktif sebagai pemucat pada umumnya berbentuk serbuk dengan diameter pori mencapai 1000Å. Karbon aktif jenis ini digunakan dalam fasa cair di mana berfungsi untuk memindahkan zat-zat pengganggu penyebab warna dan bau yang tidak diinginkan. Sedangkan karbon aktif sebagai penyerap uap pada umumnya berbentuk granular atau pelet dengan diameter pori berkisar antara 10-200 Å. Karbon aktif jenis ini digunakan dalam fasa gas di mana berfungsi untuk pemisahan dan pemurnian gas (Sembiring dan Sinaga, 2003).

2.6 Spektroskopi

Spektroskopi adalah ilmu yang mempelajari tentang interaksi radiasi elektromagnetik dengan molekul. Radiasi elektromagnetik itu sendiri meliputi sinar X, sinar gamma, sinar *ultraviolet* (UV), sinar tampak, radiasi *infrared* (IR), gelombang mikro, dan gelombang radio (Ouellette dan Rawn, 2018). Daerah spektrum elektromagnetik ditunjukkan pada Gambar 2.4. Spektrum elektromagnetik mencakup berbagai frekuensi energi, tetapi paling banyak dimanfaatkan ialah pada kisaran frekuensi lebih dari 10^{19} Hz (sinar gamma) dan 10^3 Hz (gelombang radio). Sedangkan untuk daerah sinar tampak memiliki wilayah yang kecil dari spektrum dan berbeda dengan tipe radiasi lainnya pada frekuensi energi fotonnya. Penyerapan cahaya pada panjang gelombang UV-Visible (180nm-800nm) sering terjadi pada berbagai molekul seperti pada sejumlah besar molekul organik (Passos dan Saraiva, 2019). Analisa penyerapan cahaya pada daerah tersebut dapat dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Visible.



Gambar 2.4 Spektrum Elektromagnetik (Ouellette dan Rawn, 2018)

2.7 Spektrofotometri UV-Visible

Spektrofotometri UV-Visible adalah metode analisis berdasarkan interaksi antara radiasi elektromagnetik *ultraviolet* (190-380nm) dan sinar tampak (380-780nm) dengan menggunakan instrument spektrofotometer pada suatu materi (senyawa) (Mulja dan Suharman, 1995). Perkiraan panjang gelombang pada daerah sinar tampak menurut Tiyati (1985) dapat dilihat pada Tabel 2.2. Spektrofotometer serapan UV-Visible bekerja pada panjang gelombang *ultraviolet* (175nm) hingga melampaui ujung merah pada daerah sinar tampak (900nm). Selain itu, tidak jarang spesifikasi penyerapan instrument terbesar mampu memperluas jangkauan hingga dekat dengan daerah *infrared* atau *near infrared region* (NIR) (Tranter, 2017). Radiasi sinar *ultraviolet* (UV) atau sinar tampak diserap oleh molekul ketika cahaya berada pada energi yang tepat dan mengakibatkan elektron dari molekul tersebut tersusun ulang menuju tingkat energi yang lebih tinggi dalam sistem (Rodger dan Sanders, 2017).

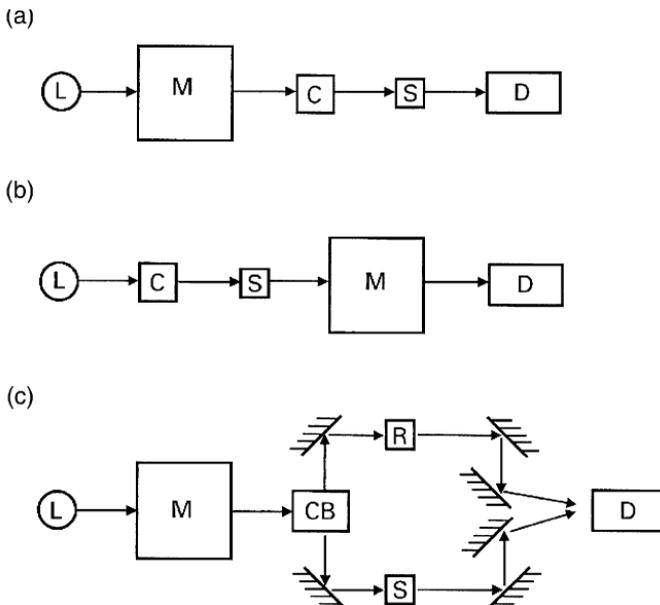
Tabel 2.2 Perkiraan Panjang Gelombang Warna-Warna pada Daerah Sinar Tampak (Triyati, 1985)

Warna yang Diserap	Warna Komplementer	Panjang Gelombang (nm)
Ungu	Hijau kuning	400-435
Biru	Kuning	435-480
Biru hijau	Oranye	480-490
Hijau biru	Merah	490-500
Hijau	Merah lembayung	500-560
Hijau kuning	Ungu	560-580
Kuning	Biru	580-595
Oranye	Biru hijau	595-610
Merah	Hijau biru	610-750

Prinsip kerja spektrofotometri *UV-Visible* ialah mengukur jumlah cahaya yang diserap atau ditransmisikan oleh molekul-molekul di dalam larutan. Ketika panjang gelombang cahaya ditransmisikan melalui larutan, sebagian energi cahaya tersebut akan diserap (diabsorpsi). Besarnya kemampuan molekul-molekul zat terlarut untuk mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu dikenal dengan istilah absorbansi (Rusli, 2009). Molekul dengan ikatan rangkap terkonjugasi akan menyerap energi di daerah *ultraviolet* pada spektrum elektromagnetik. Ikatan sigma dan ikatan rangkap karbon-karbon terisolasi menyerap radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang yang lebih rendah dan frekuensi yang lebih tinggi. Spektrum *ultraviolet* (UV) merupakan plot antara serapan cahaya pada sumbu vertikal dengan panjang gelombang cahaya (dalam satuan nanometer, nm) pada sumbu horizontal (Ouellette dan Rawn, 2018).

Menurut Tranter tahun 2010, terdapat tiga jenis spektrofotometer *UV-Visible* yaitu *UV-Vis single beam*, *UV-Vis singel beam reverse optics*, dan *UV-Vis dual beam atau double beam*. Pada spektrofotometer *UV-Vis single beam* (Gambar 2.5 a), sinar yang berasal dari sumber sinar ditransmisikan melalui monokromator untuk menghasilkan sinar dengan panjang gelombang yang diinginkan. Cahaya tersebut kemudian melewati

sampel dan menuju detektor. Monokromator discan pada rentang panjang gelombangnya sehingga spektrum terukur dari respon detektor. Untuk meningkatkan resolusi dan akurasi spektra, instrument dengan spesifikasi tinggi memiliki dua atau bahkan tiga monokromator yang tersusun secara seri. Pada spektrofotometer UV-Vis *single beam reverse optics* (Gambar 2.5 b), susunan *reverse optics* yang serupa diikuti dengan monokromator sampel akhir dan pada bagian akhir ialah detektor. Sedangkan pada spektrofotometer UV-Vis *dual beam* (Gambar 2.5 c), sinar dibagi menjadi dua di mana satu sinar akan diteruskan menuju sampel dan sinar yang lainnya akan diteruskan melalui *reference*. Selanjutnya, kedua beam tersebut akan digabungkan kembali menuju jalur optik tunggal dan diteruskan menuju detektor yang sama.



Gambar 2.5 Skema Spektrofotometer UV-Visible (a) *Single Beam*, (b) *Single Beam Reverse Optics*, (c) *Dual Beam* (Tranter, 2010)

Keterangan Gambar 2.4 adalah sebagai berikut:

L = *light source* (sumber sinar)

M = monokromator

C = *chopper*

B = *beam splitter* (pemisah sinar)

R = *reference sample* (sampel *reference*)

S = *test sample* (sampel uji)

D = detektor

Penjelasan dari masing-masing komponen dalam spektrofotometer UV-Visible di antaranya ialah:

- *Light source* (sumber sinar)

Syarat utama sumber sinar pada instrumen spektrofotometer UV-Visible ialah cakupan yang memadai daerah spektra dengan intensitas yang cukup dan stabilitas sinar keluar (Tranter, 2016). Beberapa sumber sinar yang digunakan di antaranya ialah lampu deuterium, lampu tungsten, dan lampu merkuri. Sumber radiasi deuterium (D_2) dapat digunakan pada rentang panjang gelombang 190-380nm (daerah ultraviolet dekat). Sumber radiasi tungstein merupakan campuran dari filamen tungstein dan gas iodin (tungstein-iodin) yang digunakan pada rentang panjang gelombang 380-900nm (daerah sinar tampak). Sedangkan sumber radiasi merkuri merupakan sumber radiasi yang mengandung uap merkuri bertekanan rendah yang pada umumnya digunakan untuk kalibrasi panjang gelombang pada spektrofotometer UV-Visible (khususnya pada daerah ultraviolet) (Wardani, 2012).

- Monokromator

Monokromator berfungsi untuk mendapatkan radiasi monokromatis dari sumber sinar yang memancarkan radiasi polikromatis (Wardani, 2012). Monokromator paling sederhana terdiri dari kisis difraksi yang dapat berputar atau prisma dengan sejumlah cermin untuk mengarahkan sinar dari celah masuk menuju *aperture* (celah keluar) (Tranter, 2016).

- Sel atau Kuvet

Kuvet atau sel merupakan wadah sampel yang akan dianalisis. Terdapat dua macam kuvet berdasarkan bahan pembuatannya yaitu kuvet silika (kuarsa) dan kuvet gelas.

- Detektor

Detektor berfungsi untuk mengubah sinyal radiasi yang diterima menjadi sinyal elektronik (Wardani, 2012). Detektor dalam spektrofotometer UV-Visible standar yang paling sering digunakan ialah tabung penggandaan foton atau *photomultiplier tube* (PMT) atau semikonduktor berbasis perangkat seperti *silicon diode*, dan diperluas lagi menjadi detektor *diode array*. Detektor PMT memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi dan banyak digunakan dalam instrumen dengan tujuan untuk penelitian. Sedangkan detektor *silicon diode* memiliki tingkat sensitivitas yang lebih rendah, harga yang lebih murah, dan tidak memerlukan tegangan tinggi seperti pada detektor PMT (Tranter, 2016).

Spektrofotometri UV-Visible mengaplikasikan Hukum Lambert Beer untuk analisa kuantitatif seperti penentuan konsentrasi sampel yang diuji dan analisa kualitatif seperti identifikasi sifat molekul (Mohammed, 2018). Menurut Hukum Lambert Beer, serapan berbanding lurus terhadap ketebalan sel yang disinari dan berbanding lurus dengan konsentrasi (banyak molekul zat). Persamaan Lambert Beer ialah sebagai berikut:

$$A = \frac{I_0}{I_t} = \epsilon \times b \times c \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

di mana, A = absorbansi; I_0 = intensitas sinar yang datang; I_t = Intensitas sinar yang diteruskan (ditransmisikan); ϵ = koefisien absorbansi molar ($\text{mol}^{-1} \text{L cm}^{-1}$); b = ketebalan cell/kuvet (cm); c = konsentrasi larutan (mol L^{-1}) (Passos, 2018).

Syarat suatu sampel dapat dianalisa menggunakan spektrofotometri UV-Visible ialah:

- Sampel memiliki gugus kromofor.
- Sampel tidak memiliki gugus kromofor tetapi berwarna.
- Sampel tidak memiliki gugus kromofor dan tidak berwarna maka ditambahkan preaksi warna (Vis).
- Sampel tidak memiliki gugus kromofor maka dibuat menjadi turunannya yang memiliki gugus kromofor (UV) (Rusli, 2009).

2.8 Riview Penelitian Sebelumnya

Penurunan konsentrasi zat warna Remasol Kuning pernah dilakukan oleh beberapa peneliti menggunakan berbagai metode. Beberapa metode yang pernah diterapkan untuk degradasi zat warna Remasol Kuning di antaranya ialah adsorpsi, elektrokroksidasi, dan fotodegradasi. Ozbay dan Yargick pada tahun 2015 melakukan penelitian terkait optimasi removal limbah Remasol Kuning dengan adsorben *apple pulp*, *apple pulp carbon*, *apple pulp-TiO₂*, dan *apple pulp carbon-TiO₂*. Prosedur penelitian tersebut dilakukan menggunakan berbagai variasi parameter. Parameter yang digunakan ialah pH (2-10), konsentrasi awal larutan zat warna (10-100 mg/L), dan waktu kontak (40-120 menit). Hasil penyerapan zat warna Remasol Kuning maksimum pada penelitian ini sebesar 86,97% di mana diperoleh dengan memanfaatkan *apple pulp-TiO₂* sebagai adsorben. Variasi parameter yang digunakan ialah pH (optimum pada pH 2), konsentrasi awal larutan (optimum pada konsentrasi 10 mg/L), dan waktu kontak (optimum pada waktu 120 menit). Metode yang sama juga pernah digunakan oleh Ara, dkk. pada penelitiannya tahun 2015. Penelitian tersebut memanfaatkan karbon aktif yang berasal dari serbuk gergaji sebagai adsorben zat warna Remasol Kuning. Penelitian yang dilakukan oleh Ara dkk. memberikan hasil removal zat warna Remasol Kuning maksimum sebesar 94%. Kondisi optimum adsorpsi terjadi pada pemanfaatan 0,01M NaCl_(aq) yang berfungsi sebagai aktivator karbon aktif, dosis adsorben sebesar 1 g, konsentrasi awal larutan 50 mg/L, pH larutan asam (2), dan waktu kontak 24 jam.

Kombinasi metode adsorpsi dan fotodegradasi untuk menurunkan konsentrasi Remasol Yellow FG pernah dilakukan oleh Wahyuningsih dkk. pada tahun 2017. Pada penelitian ini digunakan agen pengaktif asam dan basa untuk aktivasi adsorben. Adsorpsi Remasol Yellow FG dengan adsorben alumina dan silika yang diaktivasi menggunakan agen pengaktif asam memberikan hasil dekolorisasi maksimum pada pH larutan 3 dan 7. Sedangkan pemanfaatan agen pengaktif basa pada adsorben memberikan hasil dekolorisasi maksimum pada pH larutan tinggi dan rendah yaitu 4,

6, 10. Penerapan metode fotoelektrokatalitik untuk mendegradasi Remasol Yellow FG dilakukan dengan memanfaatkan fotoanoda Ti/TiO₂-PBO. Metode tersebut mampu menghasilkan dekolonisasi Remasol Yellow FG sebesar 72,75% pada pH asam (pH 3). Sedangkan kombinasi teknik adsorpsi dan fotoelektrokatalitik lebih efektif untuk dekolonisasi Remasol Yellow FG dengan hasil dekolonisasi sebesar 99,70%.

2.9 Analisis Variasi (ANOVA)

Analysis of variance yang sering disingkat menjadi ANOVA merupakan teknik analisis yang dapat digunakan untuk memisahkan dan memperkirakan berbagai penyebab variasi. ANOVA juga dapat digunakan dalam situasi di mana ada lebih dari satu sumber variasi acak (Miller dan Miller, 2010). Pada pengertian lain dijelaskan bahwa analisis variasi (ANOVA) merupakan teknik pengujian data yang digunakan untuk mencari perbedaan atau persamaan beberapa nilai rata-rata dari data yang diperoleh. Sebelum dilakukannya uji ANOVA, persyaratan dari data yang akan diuji haruslah terpenuhi dahulu. Persyaratan pengujian beberapa data rata-rata sama halnya dengan uji kesamaan dua rata-rata yaitu data dipilih secara acak, data berdistribusi normal, dan data harus homogen (Usman dan Akbar, 2006).

ANOVA dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu *One Way* ANOVA (ANOVA satu jalur) dan *Two Way* ANOVA (ANOVA dua jalur). *One Way* ANOVA ialah anova yang mempelajari perbedaan antara satu variabel bebas dengan satu variabel terikat. Pada ANOVA satu jalur, dapat diketahui ada atau tidaknya perbedaan beberapa variabel bebas dengan sebuah variabel terikat dan masing-masing variabel tidak mempunyai jenjang. Sedangkan pada ANOVA dua jalur, dapat diketahui ada atau tidaknya perbedaan beberapa variabel bebas dengan sebuah variabel terikatnya dan masing-masing variabel mempunyai dua jenjang atau lebih. Banyaknya jenjang yang dimiliki variabel bebas dan variabel terikat akan menentukan nama dari ANOVA. Sebagai contoh dilakukan pengujian data dengan variabel bebas yang memiliki jenjang 2 buah dan variabel terikatnya memiliki jenjang 2

buah pula, maka disebut sebagai ANOVA 2x2 (Usman dan Akbar, 2006).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Pada penelitian ini digunakan peralatan sederhana dan peralatan instrumen. Peralatan yang digunakan di antaranya ialah peralatan gelas yang meliputi gelas beker, kaca arloji, pengaduk, botol timbang, labu ukur, pipet ukur, pipet volum, *magnetic stirrer*, erlenmeyer dan *hot plate*. Sedangkan peralatan instrumen yang digunakan antara lain neraca analitik, dan *Spectrophotometer Genesys 10S UV-Visible*.

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah pewarna batik Remasol Kuning yang diperoleh dari UKM Batik Putat Jaya, aqua demineral, karbon aktif komersial dari Merck, kertas saring Whatman diameter 110 mm CAT No. 1441-110, indikator pH universal, larutan NaOH dari Merck, larutan HCl dari Merck.

3.2 Prosedur Kerja

3.2.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Penentuan panjang gelombang maksimum (λ_{\max}) terlebih dahulu dilakukan sebelum proses pembuatan kurva kalibrasi. *Scanning* pewarna sintetik Remasol Kuning 60 ppm menggunakan instrumen *UV-Visible* pada rentang panjang gelombang 200-800 nm akan menunjukkan absorbansi maksimum dari larutan tersebut. Absorbansi maksimum dari hasil *scanning* pada nilai panjang gelombang tertentu kemudian digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum larutan. Panjang gelombang maksimum tersebut selanjutnya akan digunakan dalam proses pembuatan kurva kalibrasi dan penentuan persen removal dari hasil adsorpsi.

Kurva kalibrasi dibuat dari larutan pewarna sintetik Remasol Kuning dengan variasi konsentrasi larutan sebesar 10; 20; 30; 40;

50; dan 60 ppm. Ditentukan nilai absorbansi dari masing-masing variasi konsentrasi larutan menggunakan *Spectrophotometer Genesys 10S UV-Visible* pada panjang gelombang (λ) 420 nm. Tahap selanjutnya yaitu diploting variasi konsentrasi larutan sebagai sumbu x dan absorbansi larutan sebagai sumbu y untuk menentukan kurva kalibrasi dari pewarna sintetik Remasol Kuning. Persamaan kurva kalibrasi yang diperoleh digunakan untuk menentukan konsentrasi dari limbah pewarna batik Remasol Kuning pada prosedur selanjutnya.

3.2.2 Preparasi Larutan Stok Limbah (Pengenceran 100x)

Pada penelitian ini sampel yang akan diadsorpsi menggunakan karbon aktif adalah limbah pewarna batik Remasol Kuning yang diperoleh dari UKM Batik Putat Jaya. Larutan stok limbah untuk analisis disiapkan dalam pengenceran 100x. Tidak diberikan perlakuan khusus pada limbah pewarna batik Remasol Kuning sebelum diencerkan dengan aqua demineral. Proses pembuatan larutan stok limbah pengenceran 100x dilakukan dengan cara mengambil sampel limbah pewarna batik Remasol Kuning sebanyak 10 mL menggunakan pipet ukur dan selanjutnya dilarutkan dengan aqua demineral dalam labu ukur 100 mL. Larutan stok limbah pengenceran 100x digunakan dalam analisa variasi waktu kontak, dosis adsorben, dan pH.

3.2.3 Penentuan Konsentrasi Awal Larutan Stok Limbah Pengenceran 100x

Pada penelitian ini nilai panjang gelombang maksimum (λ_{\max}) dari larutan stok limbah pewarna batik Remasol Kuning pengenceran 100x diukur menggunakan *Spectrophotometer Genesys 10S UV-Visible*. Panjang gelombang maksimum ditentukan berdasarkan nilai absorbansi maksimum dari larutan stok limbah pewarna batik Remasol Kuning pengenceran 100x. Absorbansi maksimum digunakan untuk menentukan konsentrasi awal larutan stok limbah pewarna batik Remasol Kuning pengenceran 100x. Konsentrasi awal dihitung berdasarkan persamaan yang diperoleh dari kurva kalibrasi pewarna sintetik

Remasol Kuning. Kurva kalibrasi ditentukan dengan variasi konsentrasi 10; 20; 30; 40; 50; dan 60 ppm.

3.2.4 Analisa Variasi Waktu Kontak

Analisa variasi waktu kontak ditentukan dengan menggunakan 10 mg karbon aktif komersial dari Merck dan sampel limbah pewarna batik Remasol Kuning pengenceran 100x sebanyak 25 mL. Pengujian waktu kontak dilakukan pada suhu ruang ($\pm 28^{\circ}\text{C}$) dan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 400 rpm. Variasi waktu kontak yang digunakan ialah 10; 20; 30; 40; 50; dan 60 menit. Ditentukan persen removal berdasarkan pengurangan konsentrasi sebelum dan sesudah dilakukannya adsorpsi pada limbah pewarna batik Remasol Kuning. Penentuan konsentrasi dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan dari kurva kalibrasi pewarna sintetik Remasol Kuning. Waktu optimum ditentukan berdasarkan nilai persen removal terbesar yang kemudian digunakan untuk analisa variasi dosis adsorben, konsentrasi awal larutan, dan pH (Riapanitra dkk., 2006).

3.2.5 Analisa Variasi Dosis Adsorben

Adsorben yang digunakan pada penelitian ini adalah karbon aktif komersial dari Merck tanpa *pre-treatment*. Analisa variasi dosis adsorben ditentukan dengan menggunakan 25 mL limbah pewarna batik Remasol Kuning pengenceran 100x. Pengujian dosis adsorben dilakukan pada suhu ruang ($\pm 28^{\circ}\text{C}$) dan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 400 rpm. Waktu yang digunakan dalam penelitian ini ialah 50 menit, di mana waktu tersebut ditentukan berdasarkan waktu optimum yang telah diperoleh dari prosedur variasi waktu kontak yang telah dilakukan sebelumnya. Variasi dosis adsorben yang digunakan ialah 10; 20; 30; 40; 50; dan 60 mg (Ara dkk., 2015).

3.2.6 Analisa Variasi Konsentrasi Awal

Variasi konsentrasi awal ditentukan dengan menggunakan 10 mg karbon aktif proanalisis dari Merck tanpa *pre-treatment* dan

adsorbat sampel limbah pewarna batik Remasol Kuning pengenceran 100x sebanyak 25 mL. Waktu yang digunakan dalam proses adsorpsi ialah 50 menit dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Pengujian konsentrasi awal dilakukan pada suhu ruang ($\pm 28^\circ\text{C}$). Waktu dan dosis adsorben yang digunakan dalam metode analisa variasi konsentrasi awal ditentukan berdasarkan nilai optimum dari waktu dan dosis adsorben yang telah diperoleh pada analisa sebelumnya. Konsentrasi awal ditentukan berdasarkan variasi pengenceran adsorbat limbah pewarna batik Remasol Kuning. Pengenceran yang digunakan dalam penentuan konsentrasi awal larutan limbah ialah 80; 90; 100; 110; dan 120 kali pengenceran. Absorbansi dari setiap pengenceran limbah ditentukan menggunakan *Spectrophotometer Genesys 10S UV-Visible* yang kemudian data tersebut digunakan untuk menghitung nilai konsentrasi awal larutan limbah berdasarkan persamaan kurva kalibrasi (Christina, dkk., 2007).

3.2.7 Analisa Variasi pH

Variasi pH dilakukan dengan penambahan $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ 0,1M (untuk menurunkan pH limbah) dan $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ 0,1M (untuk menaikkan pH limbah). Variasi pH yang digunakan berada di sekitar pH awal stok limbah pengenceran 100x. Penambahan $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ dan $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$ dilakukan secara bertahap yang kemudian dilakukan pengukuran pH untuk setiap variasi menggunakan pH universal. Selanjutnya dilakukan adsorpsi pada limbah pewarna batik remasol kuning pada berbagai variasi pH (4; 5; 6; 7; 8; 9; 10). Pada prosedur ini digunakan 10 mg karbon aktif komersial dari Merck tanpa *pre-treatment*, 25 mL limbah pewarna batik remasol kuning, dan waktu reaksi selama 50 menit di mana perlakuan tersebut berdasarkan kondisi optimum pada prosedur yang telah dilakukan sebelumnya. Absorbansi diukur menggunakan *Spectrophotometer Genesys 10S UV-Visible* yang kemudian data tersebut digunakan untuk menghitung konsentrasi larutan limbah berdasarkan persamaan kurva kalibrasi (Riapanitra dkk., 2006).

3.2.8 Analisis Variasi (ANOVA)

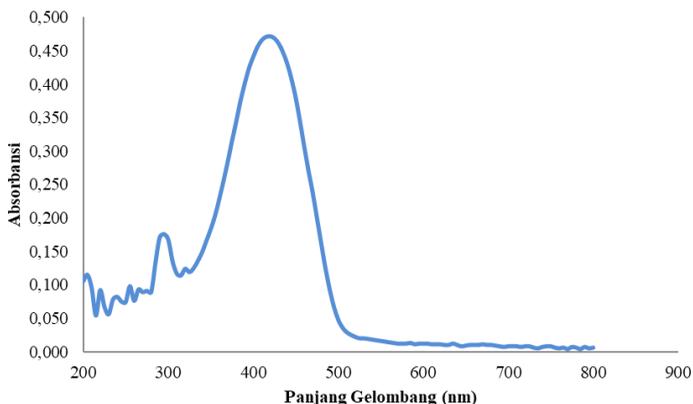
Analisis variasi (ANOVA) dilakukan pada data hasil persen removal variasi waktu kontak, dosis adsorben, dan konsentrasi awal larutan. Nilai persen removal yang diperoleh dari masing-masing parameter adsorpsi merupakan variable bebas, sedangkan waktu, dosis, serta konsentrasi awal larutan yang digunakan dalam percobaan merupakan variable terikat. Tiap parameter adsorpsi dianalisa variasi menggunakan *One Way* ANOVA. Berdasarkan uji *One Way* ANOVA yang telah dilakukan, selanjutnya akan diperoleh nilai F_{hitung} dan F_{tabel} . Kemudian dibandingkan nilai F_{hitung} dan F_{tabel} untuk mengetahui apakah parameter adsorpsi yang digunakan memiliki pengaruh terhadap persen removal zat warna atau tidak. Apabila nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} , maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hipotesis ditolak (H_0 ditolak) yang berarti terdapat perbedaan nilai rata-rata persen removal secara signifikan antara masing-masing parameter adsorpsi. Begitu pula sebaliknya, apabila nilai F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} , maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hipotesis diterima (H_0 diterima) yang berarti tidak terdapat perbedaan nilai rata-rata persen removal secara signifikan antara masing-masing parameter adsorpsi (Usman dan Akbar, 2006).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Limbah Remasol Kuning

Limbah pewarna batik yang digunakan sebagai adsorbat pada penelitian ini ialah limbah Remasol Kuning yang berasal dari UKM Batik Putat Jaya, Surabaya. Sampel limbah berwarna kuning pekat sehingga perlu dilakukan pengenceran sebelum nilai panjang gelombang maksimum dari limbah pewarna batik ditentukan. Sampel limbah Remasol Kuning dibuat dalam pengenceran 100x dengan pelarut aqua DM dan kemudian diukur nilai panjang gelombang dari sampel limbah menggunakan Spektrofotometer UV *Visible*. Penentuan panjang gelombang maksimum diukur pada rentang panjang gelombang 200-800nm. Rentang panjang gelombang tersebut telah mewakili daerah sinar *ultraviolet* (190-380nm) dan daerah sinar tampak (380-780nm) (Rodger dan Sanders, 2017). Dalam hal ini, aqua DM digunakan sebagai blanko pada proses pengukuran. Blanko merupakan larutan yang berisi matriks selain komponen yang dianalisis (Tahir, 2014).



Gambar 4.1 Kurva Pengukuran Panjang Gelombang (λ) Limbah Remasol Kuning

Gambar 4.1 menunjukkan nilai panjang gelombang maksimum larutan limbah Remasol Kuning ialah 420 nm, di mana pada panjang gelombang tersebut memiliki nilai absorbansi tertinggi yaitu sebesar 0,472. Nilai absorbansi dan panjang gelombang pada rentang 400-445 nm dapat dilihat pada Tabel 4.1. Penentuan panjang gelombang maksimum dimaksudkan untuk mendapatkan nilai absorpsivitas yang memberikan sensitivitas pengukuran tertinggi (Kusumawardhani dkk., 2015). Panjang gelombang maksimum yang telah ditentukan akan digunakan untuk pengukuran absorbansi pada tahap selanjutnya.

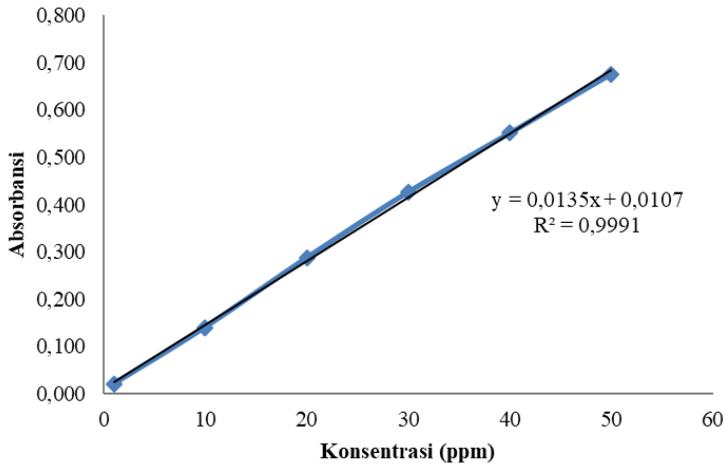
Tabel 4.1 Data Penentuan Absorbansi dan Panjang Gelombang Sampel Limbah Remasol Kuning

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
400	0,441
405	0,456
410	0,466
415	0,471
420	0,472
425	0,469
430	0,461
435	0,448
440	0,431
445	0,408

4.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi Pewarna Sintetik Kalibrasi Remasol Kuning F4

Pewarna sintetik Remasol Kuning F4 digunakan sebagai bahan dalam pembuatan kurva kalibrasi karena zat warna ini memiliki nilai panjang gelombang maksimum yang sama dengan sampel limbah pewarna batik yaitu 420 nm. Pembuatan kurva kalibrasi Remasol Kuning dilakukan dengan menyiapkan larutan standar Remasol Kuning sintetik (konsentrasi 1; 10; 20; 30; 40; dan 50 ppm) terlebih dahulu. Selanjutnya diukur masing-masing larutan standar Remasol Kuning sintetik menggunakan

spektrofotometer UV *Visible* pada panjang gelombang 420 nm. Hasil pengukuran absorbansi yang diperoleh diplot dalam kurva kalibrasi sebagai sumbu y dan konsentrasi larutan sebagai sumbu x.



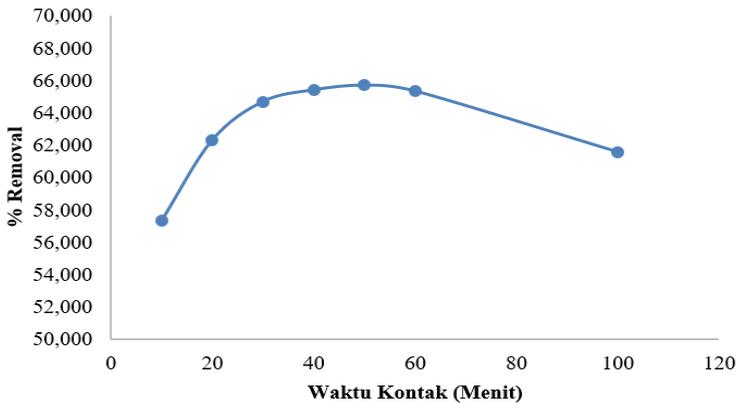
Gambar 4.2 Kurva Kalibrasi Remasol Kuning F4 Sintetik pada Panjang Gemombang Maksimum 420 nm

Persamaan regresi linier yang diperoleh yaitu $y = 0,00135x + 0,0107$ dengan nilai $R^2 = 0,9991$. Persamaan regresi linier yang diperoleh selanjutnya akan digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel pada percobaan penentuan kondisi optimum adsorpsi. Persamaan regresi linier tersebut telah sesuai dengan syarat yang diizinkan di mana dapat digunakan jika faktor korelasinya $0,995 \leq r \leq 1$. Hal ini berarti koefisien korelasi yang didapatkan dari kurva kalibrasi menunjukkan hasil yang linier (Riadi, 2016). Kurva kalibrasi Remasol Kuning F4 sintetik dapat dilihat pada Gambar 4.2.

4.3 Optimasi Waktu Kontak

Variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu kontak pada proses adsorpsi limbah Remasol Kuning dengan adsorben karbon aktif. Hal ini bertujuan untuk menentukan

waktu optimum di mana limbah Remasol Kuning akan teradsorp secara maksimal dan menghasilkan persen removal yang tinggi. Penentuan waktu kontak optimum dianalisa pada variasi waktu 10; 20; 30; 40; 50; 60; dan 100 menit. Proses perlakuan adsorpsi pada tiap variasi waktu dilakukan secara triplo (tiga kali) yang bertujuan untuk melihat akurasi dan presisi dari hasil adsorpsi limbah tersebut (Kusriani dkk., 2017). Kriteria keseksamaan (presisi) diberikan jika metode memiliki simpangan baku (standar deviasi) kurang dari atau sama dengan 2% (Harmita, 2004).



Gambar 4.3 Kurva Penentuan Waktu Kontak Optimum

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa persen removal meningkat seiring meningkatnya waktu kontak hingga variasi waktu 50 menit. Persen removal limbah Remasol Kuning sebesar 57,302% \pm 0,249 pada variasi waktu 10 menit, 62,288% \pm 0,124 pada variasi waktu 20 menit, 64,672% \pm 0,249 pada variasi waktu 30 menit, 65,395% \pm 0,124 pada variasi waktu 40 menit, dan 65,684% \pm 0 pada variasi waktu 50 menit. Sedangkan pada variasi waktu 60 dan 100 menit, hasil persen removal limbah mengalami penurunan menjadi 65,323% \pm 0,249 pada variasi waktu 60 menit dan 61,565% \pm 1,864 pada variasi waktu 100 menit.

Pada awal adsorpsi, laju berlangsung begitu cepat karena seluruh permukaan pori adsorben masih kosong yang

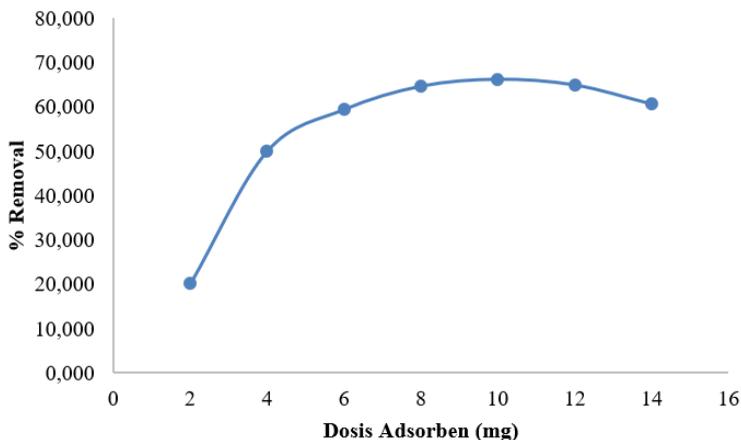
mengakibatkan molekul zat warna akan menempel dan membentuk suatu lapisan pada permukaan adsorben tersebut (Puspita dkk., 2017). Hal ini ditunjukkan dengan besarnya perubahan nilai persen removal limbah Remasol Kuning pada variasi waktu 10 dan 20 menit. Namun, setelah waktu kontak semakin meningkat, permukaan yang kosong pada adsorben akan semakin berkurang sehingga kemampuan adsorben untuk menyerap molekul zat warna akan menurun. Bersamaan dengan ini, laju pelepasan kembali molekul zat warna dari permukaan adsorben meningkat hingga mencapai suatu titik kesetimbangan (Puspita dkk., 2017). Oleh karena itu, pada variasi waktu 30 hingga 50 menit, tidak terjadi perubahan persen removal yang signifikan.

Berdasarkan penelitian ini, waktu optimum adsorpsi terjadi pada variasi waktu 50 menit dengan persen removal sebesar 65,684% yang selanjutnya akan digunakan pada proses analisa variasi dosis adsorben, konsentrasi awal adsorbat, dan pH larutan. Sedangkan pada variasi waktu 60 dan 100 menit, nilai persen removal cenderung mengalami penurunan. Penurunan persen removal yang terjadi menandakan bahwa adsorben mengalami waktu jenuh. Waktu jenuh berarti keadaan di mana konsentrasi tidak mengalami perubahan bahkan setelah waktu tertentu adsorben mengalami desorpsi yaitu melepaskan kembali zat warna yang telah diadsorpsi karena pori-pori dari adsorben telah terlalu jenuh oleh zat warna (Mufrodi dkk., 2008). Penjelasan lain mengatakan bahwa proses pengadukan yang berlangsung pada waktu yang terlalu lama dapat menyebabkan ikatan antara adsorbat dan karbon aktif yang terbentuk akan terlepas kembali (Mizwar dan Diena, 2012).

4.4 Optimasi Dosis Adsorben

Variasi dosis adsorben dilakukan untuk mengetahui pengaruh massa karbon aktif pada proses adsorpsi limbah Remasol Kuning. Hal ini bertujuan untuk menentukan dosis adsorben optimum yang dapat mengadsorpsi limbah secara maksimal dan menghasilkan persen removal yang tinggi. Dosis adsorben merupakan parameter penting pada proses adsorpsi karena berfungsi menentukan

kapasitas suatu adsorben untuk konsentrasi awal adsorbat yang diberikan (Ara dkk., 2015). Penentuan dosis adsorben optimum dianalisa pada variasi massa karbon aktif sebesar 2; 4; 6; 8; 10; 12; dan 14 mg. Pada penentuan dosis adsorben optimum digunakan limbah Remasol Kuning pengenceran 100x (32,911 ppm). Proses perlakuan adsorpsi pada tiap variasi massa karbon aktif dilakukan secara triplo (tiga kali) yang bertujuan untuk melihat akurasi dan presisi dari hasil adsorpsi limbah tersebut (Kusriani dkk., 2017). Kriteria keseksamaan (presisi) diberikan jika metode memiliki simpangan baku (standar deviasi) kurang dari atau sama dengan 2% (Harmita, 2004).



Gambar 4.4 Kurva Penentuan Dosis Adsorben Optimum

Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa persen removal meningkat (hingga dosis adsorben 10 mg) seiring bertambahnya massa karbon aktif yang digunakan. Persen removal limbah Remasol Kuning sebesar $20,182 \pm 0,260$ pada variasi dosis adsorben 2 mg, $50,041\% \pm 0,852$ pada variasi dosis adsorben 4 mg, $59,419\% \pm 0$ pada variasi dosis adsorben 6 mg, $64,671\% \pm 0,520$ pada variasi dosis adsorben 8 mg, dan $66,247 \pm 1,914$ pada variasi dosis adsorben 10 mg. sedangkan pada penambahan 12 dan 14 mg karbon aktif, persen

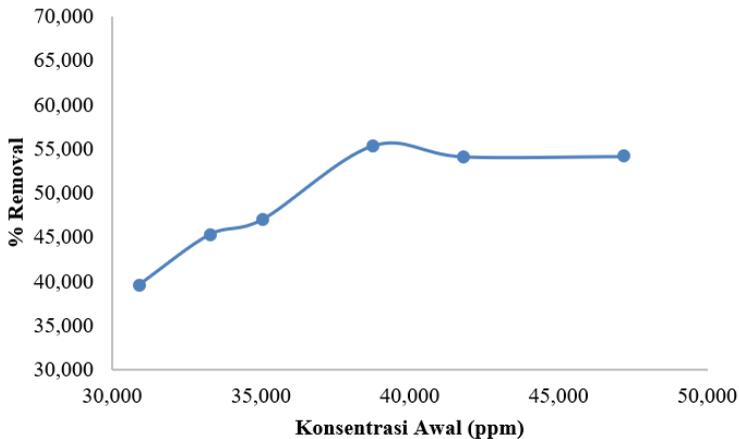
removal limbah Remasol Kuning mengalami penurunan menjadi $64,971\% \pm 1,874$ dan $60,695\% \pm 0,852$.

Meningkatnya persen removal seiring dengan banyaknya karbon aktif yang ditambahkan menandakan bahwa penambahan adsorben akan meningkatkan daya serap terhadap zat warna. Hal ini terjadi karena penambahan karbon aktif akan menyebabkan peningkatan luas permukaan yang berarti akan semakin banyak pula sisi aktif dari karbon aktif yang dapat menyerap zat warna (Puspita dkk., 2017). Pada saat penggunaan adsorben dengan dosis yang rendah, permukaan adsorben menjadi jenuh dengan zat warna sedangkan sisa konsentrasi zat warna dalam larutan masih besar sehingga persen removal relatif kecil (Zahra dkk, 2014). Berdasarkan penelitian ini, dosis adsorben optimum yaitu pada penggunaan karbon aktif sebanyak 10 mg.

Penambahan adsorben dengan dosis yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan persen removal zat warna. Hal ini dapat terjadi karena kejenuhan pori-pori permukaan adsorben yang telah dipenuhi oleh adsorbat sehingga adsorben tidak mampu menyerap kembali. Tiap sisi aktif dari adsorben hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat, sehingga pada kondisi di mana adsorben jenuh dengan adsorbat akan menyebabkan kenaikan jumlah adsorben cenderung tidak menaikkan jumlah zat yang terserap (Saraswati dan Sukandar, 2013). Menurut Wijayanti (2009), apabila permukaan adsorben sudah jenuh atau mendekati jenuh, maka terdapat dua kemungkinan yang akan terjadi. Kemungkinan pertama ialah terjadinya gejala *multilayer* yaitu terbentuknya lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat di permukaan. Kemungkinan kedua ialah tidak terbentuk lapisan kedua dan seterusnya sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi akan berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida. Alasan lain yang dapat menurunkan persen removal zat warna ialah terjadinya agregasi atau penggumpalan antar adsorben yang digunakan sehingga akan menyebabkan penurunan total luas permukaan adsorben (Saraswati dan Sukandar, 2013).

4.5 Optimasi Konsentrasi Awal

Variasi konsentrasi awal dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi awal limbah Remasol Kuning pada proses adsorpsi dengan adsorben karbon aktif. Hal ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi optimum larutan limbah Remasol Kuning sehingga dapat teradsorp secara maksimal oleh adsorben dan menghasilkan persen removal yang tinggi. Pengaruh konsentrasi pada proses adsorpsi dapat dijelaskan dengan teori tumbukan. Semakin tinggi konsentrasi larutan menandakan semakin banyak pula molekul dalam setiap satuan luas ruangan yang mengakibatkan tumbukan antar molekul semakin sering terjadi. Semakin banyak tumbukan yang terjadi, maka kemungkinan untuk menghasilkan tumbukan yang efektif akan semakin besar sehingga reaksi akan berlangsung lebih cepat (Saraswati dan Sukandar, 2013).



Gambar 4.5 Kurva Penentuan Konsentrasi Awal Larutan Optimum

Penentuan konsentrasi awal larutan dianalisa pada variasi konsentrasi larutan limbah Remasol Kuning yang dapat di lihat pada tabel 4.2. Pada proses penentuan konsentrasi awal larutan optimum digunakan adsorben dengan massa sebesar 10 mg. Proses

perlakuan adsorpsi pada tiap variasi konsentrasi awal limbah dilakukan secara triplo (tiga kali) yang bertujuan untuk melihat akurasi dan presisi dari hasil adsorpsi limbah tersebut (Kusriani dkk., 2017). Kriteria keseksamaan (presisi) diberikan jika metode memiliki simpangan baku (standar deviasi) kurang dari atau sama dengan 2% (Harmita, 2004).

Tabel 4.2 Variasi Konsentrasi yang Digunakan dalam Penentuan Konsentrasi Optimum Larutan

Pengenceran (x)	Konsentrasi (ppm)
130	30,911
120	33,281
110	35,059
100	38,763
90	41,800
80	47,207

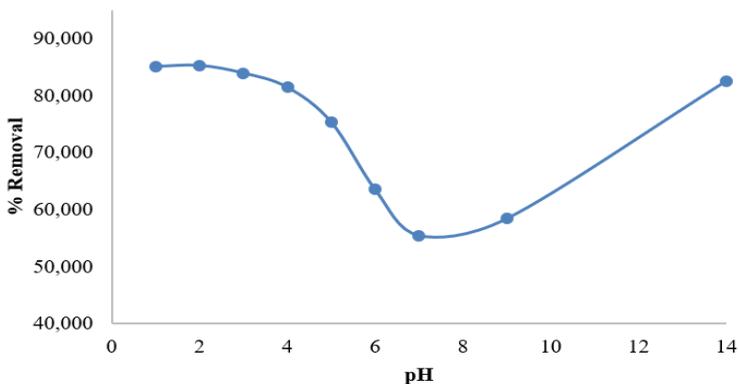
Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa persen removal meningkat (hingga konsentrasi 38,763 ppm) seiring meningkatnya konsentrasi awal larutan limbah Remasol Kuning. Persen removal limbah Remasol Kuning sebesar $39,540\% \pm 0,240$ pada variasi konsentrasi awal larutan 30,911 ppm, $45,256\% \pm 1,004$ pada variasi konsentrasi awal larutan 33,281 ppm, $46,975 \pm 0,122$ pada variasi konsentrasi awal larutan 35,059 ppm, dan $55,354 \pm 0,110$ pada variasi konsentrasi awal larutan 38,763%. Sedangkan pada variasi konsentrasi awal 41,800 ppm dan 47,207 ppm, hasil persen removal mengalami penurunan menjadi $54,108\% \pm 1,038$ dan $54,135\% \pm 0,684$.

Proses adsorpsi sebanding dengan konsentrasi awal larutan karena gradien konsentrasi yang lebih tinggi mendorong terjadinya transfer massa antara larutan zat warna dan permukaan adsorben (karbon aktif) (Zahra dkk., 2014). Selain itu, jumlah tumbukan antara zat warna dengan adsorben juga akan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi zat warna yang digunakan sehingga akan meningkatkan jumlah zat warna yang terserap oleh adsorben (Santos dkk., 2013). Pada penelitian ini, konsentrasi

optimum yang menghasilkan nilai persen removal tertinggi ialah pada konsentrasi awal larutan sebesar 38,763 ppm (pengenceran 100x). Namun, persen removal mengalami penurunan pada penggunaan larutan dengan konsentrasi awal lebih dari 38,763 ppm. Konsentrasi larutan zat warna yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan penyerapan zat warna oleh adsorben karena molekul zat warna harus bersaing satu sama lain dalam menempati sejumlah situs-situs pengikat yang terdapat pada permukaan adsorben. Hal tersebut akan mengakibatkan sejumlah molekul zat warna tidak ikut teradsorpsi dan tersisa pada larutan (Zahra dkk., 2014).

4.6 Optimasi pH Larutan

Variasi pH larutan dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH larutan limbah Remasol Kuning pada proses adsorpsi dengan adsorben karbon aktif. Hal ini bertujuan untuk menentukan pH optimum di mana larutan dapat teradsorpsi secara maksimal oleh adsorben sehingga mampu menghasilkan nilai persen removal yang tinggi. Menurut Ropianitra (2006), pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi, dan spesi apa saja yang terserap dalam kondisi adsorpsi tersebut. Nilai pH juga akan mempengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun adsorben. Dalam variasi pH, kemungkinan ikatan kimia antara adsorbat dan adsorben akan terjadi (Alfarisi, 2017).



Gambar 4.6 Kurva Penentuan pH Optimum Larutan

Penentuan pH optimum dianalisa pada variasi pH 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 9; dan 14. Proses perlakuan adsorpsi pada tiap variasi pH dilakukan secara triplo (tiga kali) yang bertujuan untuk melihat akurasi dan presisi dari hasil adsorpsi limbah tersebut (Kusriani dkk., 2017). Kriteria keseksamaan (presisi) diberikan jika metode memiliki simpangan baku (standar deviasi) kurang dari atau sama dengan 2% (Harmita, 2004).

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa persen removal mengalami penurunan pada tiap kenaikan pH hingga pH netral (pH 7) di mana hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ara dkk. pada tahun 2015 yang menyatakan bahwa persen removal menurun seiring peningkatan pH. Selanjutnya, persen removal mengalami peningkatan kembali seiring bertambahnya suasana basa pada larutan (hingga pH 14) di mana hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kusumawardhani dkk. pada tahun 2015 yakni persen removal meningkat seiring peningkatan pH larutan. Persen removal limbah Remasol Kuning sebesar $84,037\% \pm 0,331$ pada variasi pH 1, $85,288\% \pm 0,833$ pada variasi pH 2, $83,891\% \pm 0,331$ pada variasi pH 3, $81,406\% \pm 0,331$ pada variasi pH 4, $75,291\% \pm 0$ pada variasi pH 5, $63,444\% \pm 0,506$ pada variasi pH 6, $55,354\% \pm 0,110$ pada variasi pH 7, $58,348\% \pm 0,110$ pada variasi pH 9, dan $82,553\% \pm 0,191$ pada variasi pH 14.

4.7 Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi

Penurunan konsentrasi limbah Remasol Kuning yang berasal dari UKM Batik Putat Jaya, Surabaya dapat dilakukan melalui proses adsorpsi dengan adsorben karbon aktif hingga mencapai persen removal tertinggi sebesar 85,288%. Kondisi optimum untuk menghasilkan persen removal tertinggi ialah dengan mencampurkan 25 mL limbah Remasol Kuning yang telah diencerkan 100x dari konsentrasi awal dan 10 mg karbon aktif. Larutan limbah yang digunakan diatur pada kondisi pH 2 (asam) atau pH 14 (basa). Proses adsorpsi dilakukan pada suhu ruang dengan kecepatan pengadukan 400 rpm selama 50 menit. Setelah proses pengadukan berakhir, dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring untuk memisahkan karbon aktif dengan filtrat.

Selanjutnya diukur absorbansi filtrat yang diperoleh menggunakan spektrofotometer UV *Visible* pada panjang gelombang 420 nm. Kemudian, dibandingkan konsentrasi filtrat hasil adsorpsi dengan konsentrasi larutan awal limbah pengenceran 100x untuk menentukan berapa jumlah persen removal yang dihasilkan.

4.8 Hasil Analisis Variasi (ANOVA) dan LSD

Analisis variasi (ANOVA) merupakan teknik pengujian data yang digunakan untuk mencari perbedaan atau persamaan beberapa nilai rata-rata dari data yang diperoleh. *One Way* ANOVA ialah anova yang mempelajari perbedaan antara satu variabel bebas dengan satu variabel terikat (Usman dan Akbar, 2006). Dalam hal ini, dilakukan uji *One Way* ANOVA dengan variabel bebas yaitu nilai rata-rata persen removal dan variabel terikat berupa waktu kontak, dosis adsorben, dan konsentrasi awal larutan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah masing-masing parameter adsorpsi yaitu waktu kontak pada 10 hingga 100 menit, dosis adsorben sebesar 2 hingga 14 mg, dan konsentrasi awal larutan 30,911 hingga 47,207 ppm memberikan perbedaan nilai persen removal zat warna secara signifikan atau tidak.

Uji *One Way* ANOVA pada penelitian ini memberikan hasil F_{hitung} (F) sebesar 52,307 dan F_{tabel} (F_{crit}) sebesar 2,848 untuk waktu kontak, F_{hitung} (F) sebesar 627,710 dan F_{tabel} (F_{crit}) sebesar 2,848 untuk dosis adsorben, serta F_{hitung} (F) sebesar 273,145 dan F_{tabel} (F_{crit}) sebesar 3,106 untuk konsentrasi awal. Waktu kontak dan dosis adsorben memiliki derajat kebebasan (*df*) 6, sedangkan konsentrasi awal memiliki derajat kebebasan (*df*) 5. Dalam hal ini diketahui bahwa:

H₀ : Presentase removal zat warna tidak memiliki nilai variansi yang berbeda secara signifikan

H_i : Presentase removal zat warna memiliki nilai variansi yang berbeda secara signifikan

Berdasarkan uji *One Way* ANOVA yang telah dilakukan, semua parameter adsorpsi memiliki nilai F_{hitung} lebih besar dari F_{tabel} . Dengan demikian, dapat ditarik kesimpulan bahwa hipotesis ditolak (H_0 ditolak) yang berarti terdapat perbedaan nilai persen

removal secara signifikan antara masing-masing parameter adsorpsi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa adsorpsi yang dilakukan dengan berbeda perlakuan akan menghasilkan persen removal zat warna yang berbeda pula.

Setelah dilakukan uji ANOVA, selanjutnya dilakukan pengujian LSD (*Least Significance Difference*) yang bertujuan untuk menentukan rata-rata antara dua pengujian yang dilakukan berbeda secara statistik atau tidak. Apabila selisih mutlak kedua nilai rata-rata lebih kecil atau sama dengan nilai hitung LSD maka, nilai kedua rata-rata tersebut tidak memiliki perbedaan secara signifikan. Hal ini berarti, perbedaan perlakuan yang dilakukan memberikan hasil persen removal zat warna yang berbeda pula. Uji LSD yang dilakukan pada parameter waktu kontak, dosis adsorben, konsentrasi awal larutan memberikan hasil yang bervariasi dan dapat dilihat pada lampiran F.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini ialah penurunan konsentrasi zat warna pada limbah Remasol Kuning alami yang diperoleh dari UKM Batik Putat Jaya dapat dilakukan melalui proses adsorpsi dengan adsorben karbon aktif. Kondisi optimum adsorpsi untuk memperoleh persen removal tertinggi dapat dilakukan dengan mencampurkan 25 mL limbah Remasol Kuning pengenceran 100x (38,753 ppm) dan 10 mg adsorben karbon aktif. Larutan limbah yang digunakan diatur pada pH 2 (asam) atau pH 14 (basa) dan dilakukan adsorpsi pada waktu kontak 50 menit dengan kecepatan pengadukan 400 rpm. Persen removal maksimum yang diperoleh dari proses adsorpsi pada penelitian ini adalah sebesar $85,288\% \pm 0,833$.

5.2 Saran

Pemanfaatan adsorben jenis lain (sebagai contoh adsorben dari limbah organik) atau metode pengolahan limbah zat warna lainnya yang memerlukan biaya lebih murah serta efektif dan efisien diharapkan mampu berguna dalam proses penurunan konsentrasi limbah Remasol Kuning alami. Dengan demikian, Usaha Kecil Menengah yang memanfaatkan zat warna tekstil Remasol Kuning dapat mengaplikasikan metode pengolahan limbah tersebut secara mudah dan ekonomis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Abramian, L. dan El-Rassy, H. 2009. Adsorption Kinetic and Thermodynamics of Azo-Dye Orange II onto Highly Porous Titania Aerogel. *Chemical Engineering Journal*. 150, 403-410.
- Aljeboree, A. M., Alshirifi, A. N., Alkaim, A. F. 2017. Kinetics and Equilibrium Study for The Adsorption of Textile Dyes on Coconut Shell Activated Carbon. *Arabian Journal of Chemistry*. 10, 381-393.
- Ara, N. J., Rahman, M. A., Alam, A. M. S. 2015. Effect of Salt on The Removal of Remazol Yellow by Activated Charcoal Prepared from Sawdust. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*. 50, 285-292.
- Ariguna, I. W. S. P., Wiratini, N, M., Sastrawidana, I, D, K. 2014. Degradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dan Limbah Tekstil Buatan dengan Teknik Elektrooksidasi. *Journal Kimia Visvitalis Pendidikan Ganesha*. 2, 127-137.
- Arnelli, Aditama, W. P., Fikriani, Z., Astuti, Y. 2018. Adsorption Kinetics of Surfactants on Activated Carbon. *Material Science and Engineering*. Departement Chemistry, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University.
- Ashour, S, S. 2010. Kinetic and Equilibrium Adsorption of Methylene Blue and Remazol Dyes onto Steam-Activated Carbons Developed from Date Pits. *Journal of Saudi Chemical Society*. 14, 47-53.
- Broadbent, P. J., Carr, C. M., Rigout, M., Kistamah, N., Choolun, J., Radhakeesoon, C. L., Uddin, M. A. 2017. Investigation into The Dyeing of Wool with Lanazol and Remazol Reactive Dyes in Seawater. *Coloration Technology*. 134, 156-161.
- Christina, M. P., Mu'nisatun, S., Saptaaji, R., Marjanto, D. 2007. Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 keV/10mA. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN. 1, 1-14.

- Danny, C. K. Ko., Tsang, D. H. K., Porter, J. F., McKay, G. 2003. Application of Multipore Model for the Mechanism Identification during the Adsorption of Dye on Activated Carbon and Bagasse Pith. *Langmuir*. 19, 722-730.
- DiazGomez-Trevino, A. P., Martinez-Miranda, V., Solache-Rios, M. 2013. Removal of Remazol Yellow from Aqueous Solutions by Unmodified and Stabilized Iron Modified Clay. *Applied Clay Science*. 80-81, 219-225.
- Ekinci, S. dan Guzel, F. 2018. Adsorption of Toxic Indigo Carmine Dye from Aqueous Solution by Chitosan Phthalate. *Applied Chemical Engineering*. 1, 1-8.
- Faizal, A. 2018. Industri Kreatif Ala Warga Eks Dolly, dari Batik hingga Sandal Hotel. <https://regional.kompas.com/read/2018/03/03/23250831/industri-kreatif-ala-warga-eks-dolly-dari-batik-hingga-sandal-hotel>. Diakses pada 22 Januari 2019.
- Ghaedi, M., Sadeghian, B., Pebdani, A. A., Sahraei, R., Daneshfar, A., Duran, C. 2012. Kinetics, Thermodynamics and Equilibrium Evaluation of Direct Yellow 12 Removal by Adsorption onto Silver Nanoparticles Loaded Activated Carbon. *Chemical Engineering Journal*. 187, 133-134.
- Harmita. 2004. Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya. *Review Artikel Majalah Ilmu Kefarmasian*. 1, 117-135.
- Imaniah, N., Sulistyarningsih, T., Hadisaputro, S. 2017. Preparasi Hidrotalsit-Magnetit Kalsinasi dengan Metode Kopresipitasi dan Aplikasinya untuk Adsorben Zat Warna. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 1, 1-6.
- Industry.co.id. 2017. Investasi Industri Tekstil dan Produk Tekstil Nasional Mencapai 7,54 Triliun. <http://www.kemenerin.go.id/artikel/17513/Investasi-Industri-Tekstil-Dan-Produk-Tekstil-Nasional-Mencapai-7,54-triliun>. Diakses pada 3 Desember 2018.
- Iqbal, M. J. dan Ashiq, M. N. 2007. Adsorption of Dyes from Aqueous Solution on Activated Charcoal. *Journal of Hazardous Materials*. 139, 57-66.

- Kosheleva, R. I., Mitropoulos, A. C., dan Kyzas, G. Z. 2018. Shyntesis od Activated Carbon from Food Waste. *Environment Chemistry Letters*.
- Kurniawan, R., Lutfi, M., Agung, W. 2014. Karakterisasi Luas Permukaan BET (Braunanear, Emmelt, dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat (H_3PO_4). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 2, 15-20.
- Kusriani, H., Marliani, L., Apriliani, E. 2017. Aktivitas Antioksidan dan Tabir Surya dari Tongkol dan Rambut Jagung (*Zea Mays L.*). *Indonesian Journal of Pharmaceuatical Science and Technology*. 4, 10-17.
- Kusumawardhani, N., Sulistyarti, H., Atikah. 2015. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dan pH Optimum dalam Pembuatan Tes Kit Sianida Berdasarkan Pembentukan Hidrindatin. *Student Journal*. 1, 711-717.
- Manocha, S. M., 2003. Porous Carbon. *Sadhana*. 28, 335-348.
- Manurung, R., Hasibuan, R., dan Irvan. 2004. Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob-Aerob. *Repository Universitas Sumatera Utara*.
- Menteri Perindustrian Republik Indonesia. 2015. Keputusan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 151/M-IND/Kep/12/2015 Tentang Penetapan Standar Industri Hijau untuk Industri Tekstil Pencelupan, Pencapan, dan Penyempurnaan.
- Material Safety Data Sheet. 2005. <https://www.lookchem.com/msds/2009-6/Remazol%20yel low20GR.pdf>. Diakses pada 21 Januari 2019.
- Miller, J. N. dan Miller, J. C. 2010. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Edisi ke-6. Pearson Education Limited: England.
- Mizwar, A. dan Diena, N, N, F. 2012. Penyisihan Warna pada Limbah Cair Industri Sasirangan dengan Adsorpsi Karbon Aktif. *Info Teknik*. 13, 1-6.

- Mohammed, A. M. 2018. UV-Visible Spectrophotometric Method and Validation of Organic Compounds. *European Journal of Engineering Research and Science*. 3, 8-11.
- Mufrodi, Z., Widiastuti, N., Kardika, R. C. 2008. Adsorpsi Zat Warna Tekstil dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Kimia dan Tekstil*. 90-93.
- Mulja, H. dan Suharman, S. 1995. Analisis Instrumental. Airlangga University Press: Surabaya. Hal. 26-48.
- Murti, S. 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia: Depok.
- Namasivayam, C. dan Kavitha, D. 2002. Removal of Congo Red from Water by Adsorption onto Activated Carbon Prepared from Coir Pith, An Agricultural Solid Waste. *Dyes and Pigments*. 54, 47-58.
- National Center for Biotechnology Information. 2005. PubChem Compound Database; CID=86809, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/86809>. Diakses pada 21 Januari 2019).
- Ouellette, R. J. dan Rawn, J. D. 2018. UV-Visible and Infrared Spectroscopy. *Organic Chemistry*. 409-425.
- Ozbay, N. dan Yargic, A. S. 2015. Factorial Experimental Design for Remazol Yellow Dye Sorption Using Apple Plup/Apple Plup Carbon-Titanium Dioxide Co-Sorbent. *Journal of Cleaner Production*. 100, 333-343.
- Passos, M. L. C. dan Saraiva, M. L. M. F. S. 2018. Detection in UV-visible Spectrophotometry: Detectors, Detection System, and Detection Strategies. *Measurement*. 135, 896-904.
- Purkait, M. K., DasGupta, S., dan De, S. 2005. Adsorption of Eosin Dye on Activated Carbon and Its Surfactant Based Desorption. *Journal of Environmental Management*. 76, 135-142.

- Puspita, M., Firdaus, M. L., Nurhamidah. 2017. Pemanfaatan Arang Aktif Sabut Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Zat Warna Sintetis Reactive Red-120 dan Direct Green-26. *Jurnal Pendidikan Ilmu Kimia*. 1, 75-79.
- Putranto, A. dan Angelina, S. 2014. Pemodelan Perpindahan Massa Adsorpsi Zat Warna pada Florisil dan Silica Gel dengan Homogeneous and Heterogeneous Surface Diffusion Model. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan: Bandung.
- Riadi, E. 2016. Statistika Penelitian (Analisis Manual dan IBM SPSS). Penerbit Andi: Yogyakarta.
- Riapanitra, A., Setyaningtyas, T., Riyani, K. 2006. Penentuan Waktu Kontak dan pH Optimum Penyerapan Metilen Biru menggunakan Abu Sekam Padi. Jurusan Kimia Unsoed Purwokerto. 1, 1-4.
- Rodger, A. dan Sanders, K. 2017. UV-Visible Absorption Spectroscopy, Biomacromolecular Application. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (Third Edition)*. 495-502.
- Rusli, R. 2009. Penetapan Kadar Boraks pada Mie Basah yang Beredar di Pasar Ciputat dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis menggunakan Pereaksi Kurkumin. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Sa'adah, N., Hastuti, R., Prasetya, N. B. A. 2013. Pengaruh Asam Formiat pada Bulu Ayam Sebagai Adsorben Terhadap Penurunan Kadar Larutan Zat Warna Tekstil Remazol Golden Yellow RNL. *Chem Info* Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro. 1, 202-209.
- Santos, O. A. A., Castelli, C. Z., Oliveira, M. F., Neto, A. F. A., Silva, M. G. C. 2013. Adsorption of Synthetic Orange Dye Wastewater in Organoclay. *Chemical Engineering Transaction*. 32, 307-312.
- Saraswati, T. dan Sukandar. 2013. Pemanfaatan Biomassa Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) sebagai Sorben untuk Aplikasi Pengolaha Limbah. 1, 1-12.

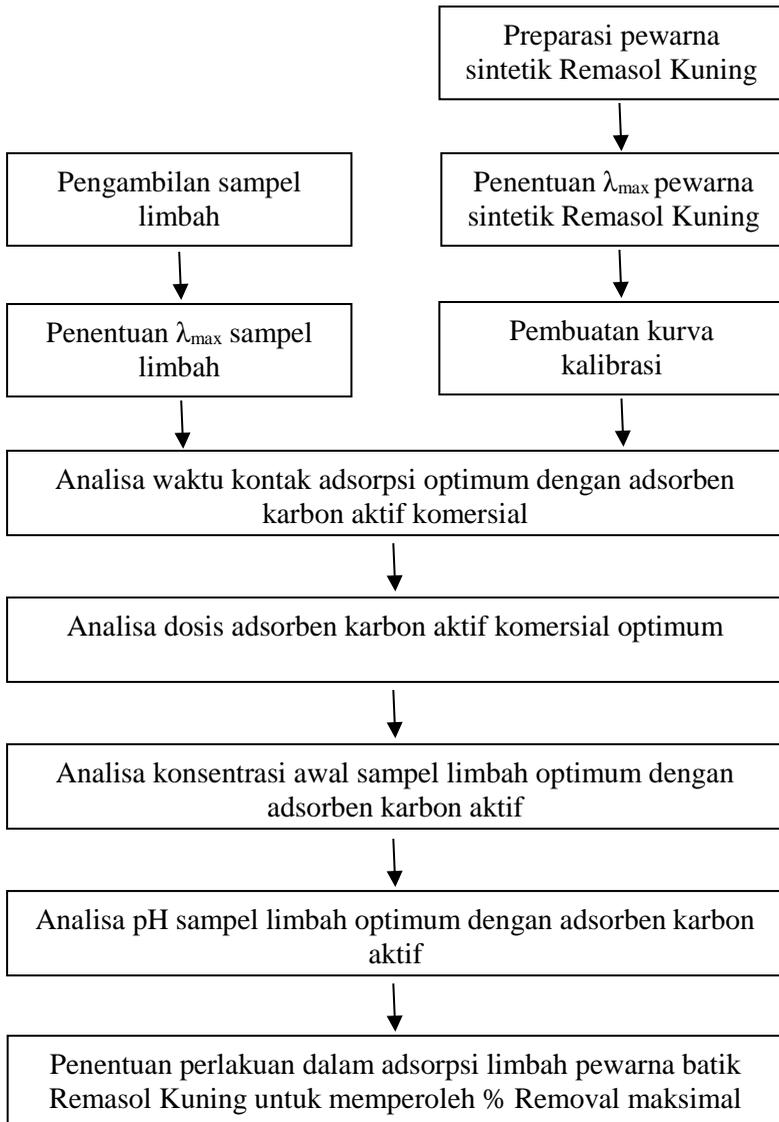
- Sembiring, M. T. dan Sinaga, T. S. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). Universitas Sumatera Utara *Digital Library*. Sumatera Utara.
- Shofa, 2012. Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivitas Kalium Hidroksida. *Skripsi*. Universitas Indonesia: Depok.
- Solache-Rios, M. J., Villalva-Coyote, R., Diaz-Nava, M. C. 2010. Sorption and Desorption of Remazol Yellow by a Fe-Zeolitic Tuff. *Journal of The Mexican Chemical Society*. 54, 59-68.
- Surya.co.id. 2017. Dolly dari Kampung Prostitusi Kini Jadi Kampung Batik. <http://surabaya.tribunnews.com/2017/03/26/dolly-dari-kampung-prostitusi-kini-jadi-kampung-batik>. Diakses pada 3 Desember 2018.
- Tahir, I. 2014. Arti Penting Kalibrasi pada Proses Pengukuran Analitik: Aplikasi pada Penggunaan pH Meter dan Spektrofotometer UV-Vis. *Paper Seri Manajemen Laboratorium* Jurusan Kimia Universitas Gadjah Mada. 1-9.
- Tranter, G. 2010. UV-Visible Absorption Spectrometers. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*. 2877-2880.
- Tranter, G. 2017. UV-Visible Absorption Spectrometers. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*. 491-494.
- Triyanti, E. 1985. Spektrofotometri Ultra Violet dan Sinar Tampak serta Aplikasinya dalam Oseanologi. *Oseana*. 10, 39-47.
- Usman, H. dan Akbar, P. S. 2006. Pengantar Statistika. *Edisi ke-2*. Bumi Aksara: Jakarta.
- Wahyuningsih, S., Estiningsih, P., Anjani, V., Saputri, L. N. M. Z., Purnawan, C., Pramono, E. 2017. Enhancing Remazol Yellow FG Decoloration by Adsorption and Photoelectrocatalytic Degradation. *Manuscript*. 321, 1-14.
- Wardani, L. A. 2012. Validasi Metode Analisis dan Penentuan Kadar Vitamin C pada Minuman Buah Kemasan dengan Spektrofotometri UV-Visible. *Skripsi*. Universitas Indonesia: Jakarta.

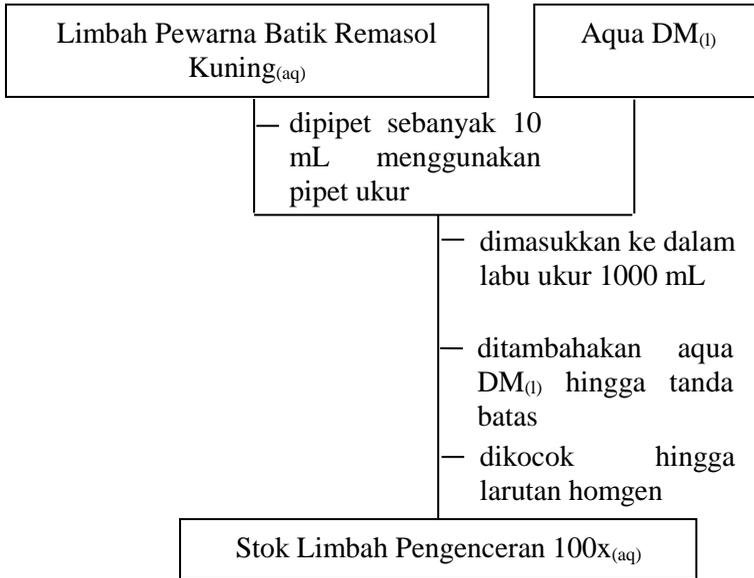
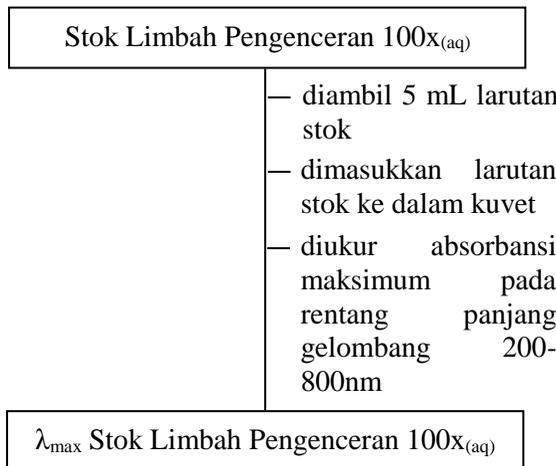
- Weng, C. dan Tao, H. 2018. Highly Efficient Persulfate Oxidation Process Activated with Fe⁰ Aggregate for Decolorization of Reactive Azo Dye Remazol Golden Yellow. *Arabian Journal of Chemistry*. 11, 1292-1300.
- Wijayanti, R. 2009. Arang Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Yagub, M. T., Sen, T. K., Afroze, S., dan Ang, H. M. Dye and Its Removal from Aqueous Solution by Adsorption: A Riview. *Advances in Colloid and Interface Science*. 209, 172-184.
- Yin, L., Chen, Y., Li, D., Zhao, X., Hou, B., Cao, B. 2016. 3-Dimensional Hierarchical Porous Activated Carbon Derived from Coconut Fibers with High-Rate Performance for Symmetric Supercapacitors. *Material and Design*. 111, 44-50.
- Zahra, N. L., Sugiyana, D., Notodarmojo, S. 2014. Adsorpsi Zat Warna Tekstil Reactive Red 141 pada Tanah Liat Lokal Alami. *Arena Tekstil*. 2, 63-72.
- Zainal Effendi. 2015. Begini Wajah Dolly Setelah Ditutup. <https://news.detik.com/berita/2942287/begini-wajah-dolly-setelah-ditutup>. Diakses pada 13 Desember 2018.
- Zhao, X. dan Hardin, I, R. 2007. HPLC and Spectrophotometric Analysis of Biodegradation of Azo Dyes by *Pleurotus ostreatus*. *Dye and Pigment*. 73, 322-325.
- Zhao, T., li, P., Tai, P., She, J., Yin, Y., Qi, Y., Zhang, G. 2018. Efficient Decolorization of Typical Azo Dye using Low-Frequency Ultrasound in Presence of Carbonate and Hydrogen Peroxide. *Journal of Hazardous Material*. 346, 42-51.

Halaman ini sengaja dikosongkan

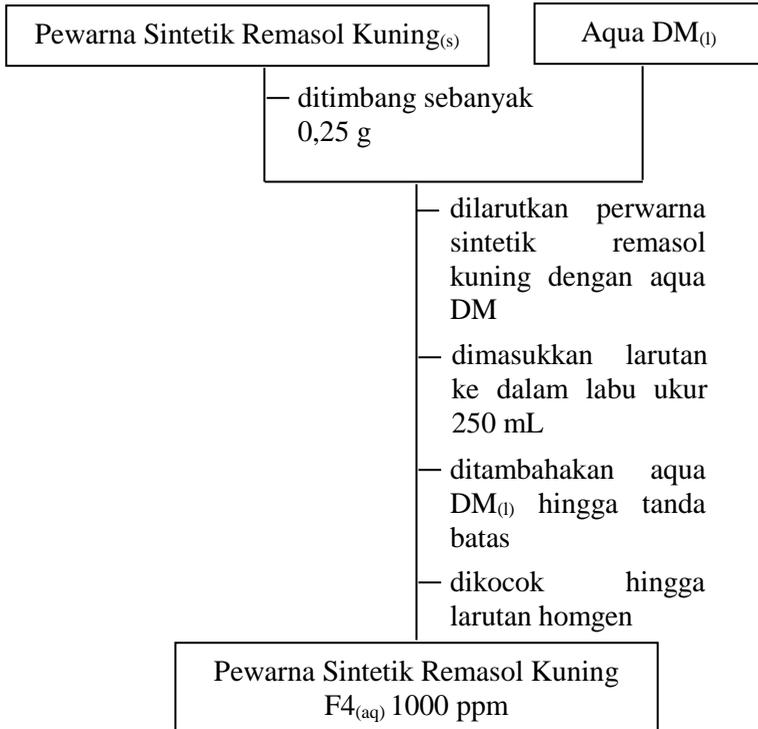
LAMPIRAN

LAMPIRAN A: Langkah Penelitian

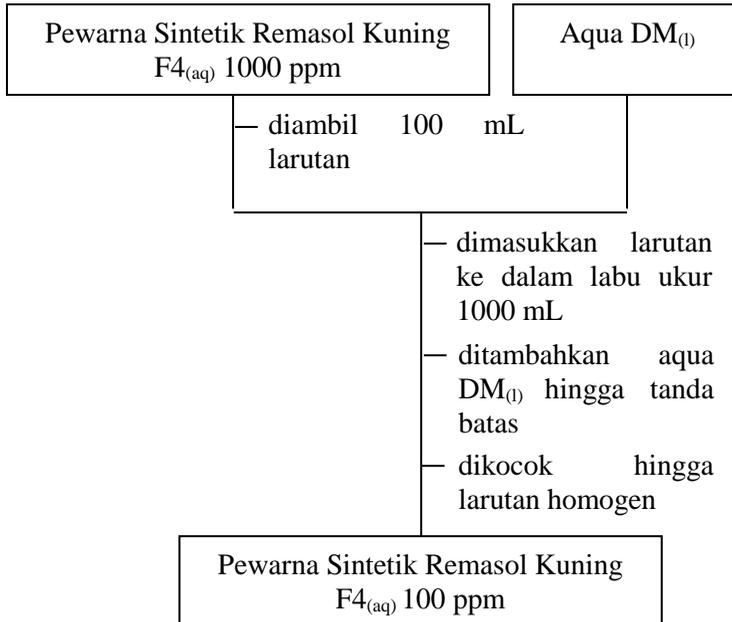


LAMPIRAN B: Diagram Alir**Preparasi Larutan Stok Limbah Remasol Kuning
(Pengenceran 100x)****Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Stok Limbah Remasol Kuning (Pengenceran 100x)**

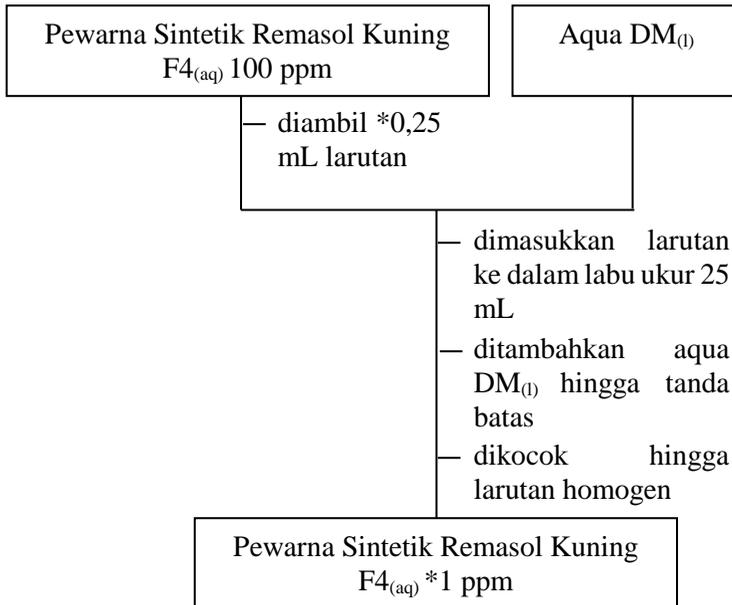
Pembuatan Larutan Stok Pewarna Sintetik Remasol Kuning F4 1000 ppm



Pembuatan Larutan Stok Pewarna Sintetik Remasol Kuning F4 100 ppm



**Pengenceran Larutan Pewarna Sintetik Remasol Kuning
F4_(aq) 100 ppm Menjadi 1; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70 ppm**



*Volume Pewarna Sintetik Remasol Kuning F4 _(aq) 100 ppm yang Digunakan (mL)	*Konsentrasi Pewarna Sintetik Remasol Kuning _(aq) yang Dihasilkan (ppm)
1,0	10
2,5	20
5,0	30
7,5	40
10,0	50
12,5	60
15,0	70

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Pewarna Sintetik Remasol Kuning F_{4(aq)} 60 ppm

Pewarna Sintetik Remasol Kuning F_{4(aq)} 60 ppm

- diambil 5 mL larutan stok
- dimasukkan larutan stok ke dalam kuvet
- diukur absorbansi larutan pada rentang panjang gelombang 200-800 nm

λ_{\max} Pewarna Remasol Kuning F_{4(aq)} 60 ppm

Pembuatan Kurva Kalibrasi Pewarna Sintetik Remasol Kuning F₄

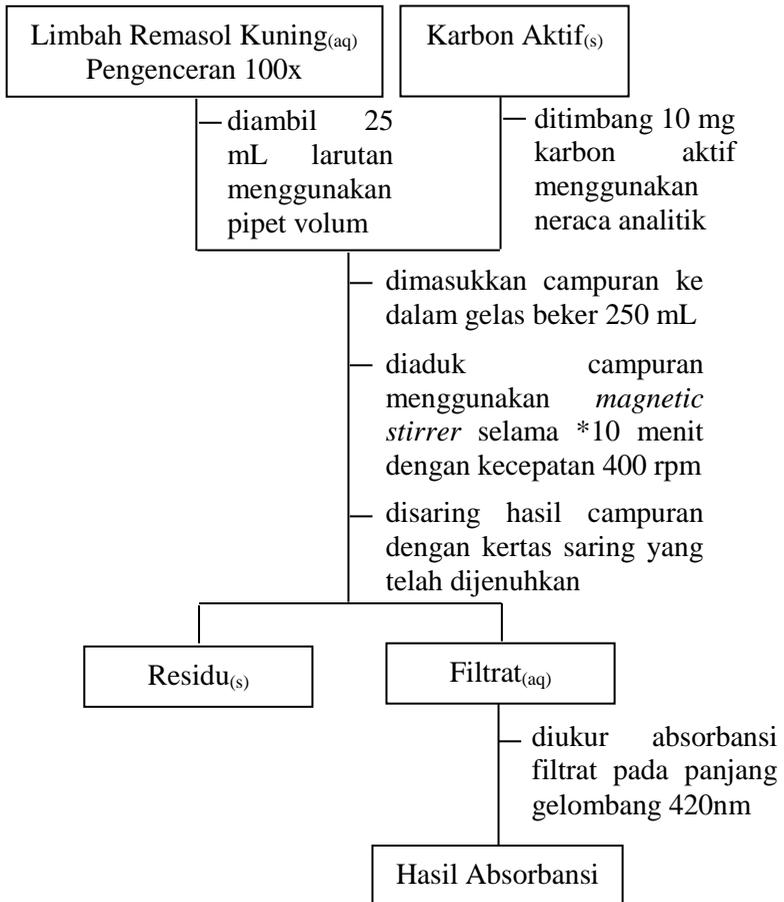
Pewarna Sintetik Remasol Kuning F_{4(aq)} *1 ppm

- diambil 5 mL larutan stok
- dimasukkan larutan stok ke dalam kuvet
- diukur absorbansi larutan pada panjang gelombang 420 nm
- diplot konsentrasi vs absorbansi larutan pada kurva kalibrasi

Kurva Kalibrasi Pewarna Sintetik Remasol

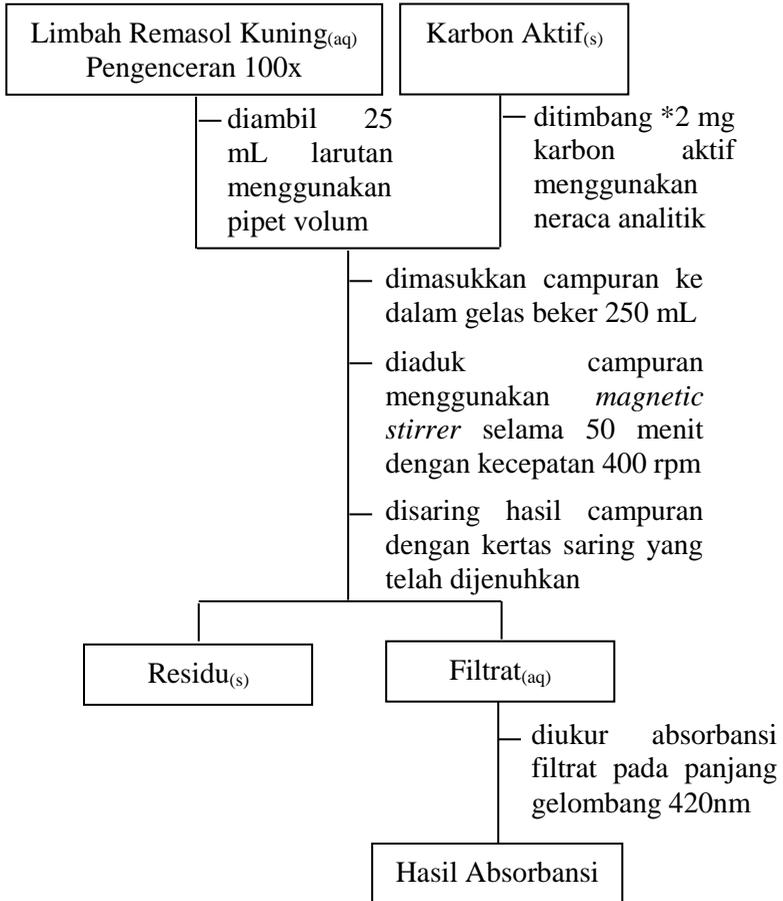
***Konsentrasi Pewarna Sintetik Remasol Kuning F_{4(aq)} (ppm):
1; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70**

Penentuan Waktu Kontak Optimum pada Adsorpsi Limbah Remasol Kuning_(aq)



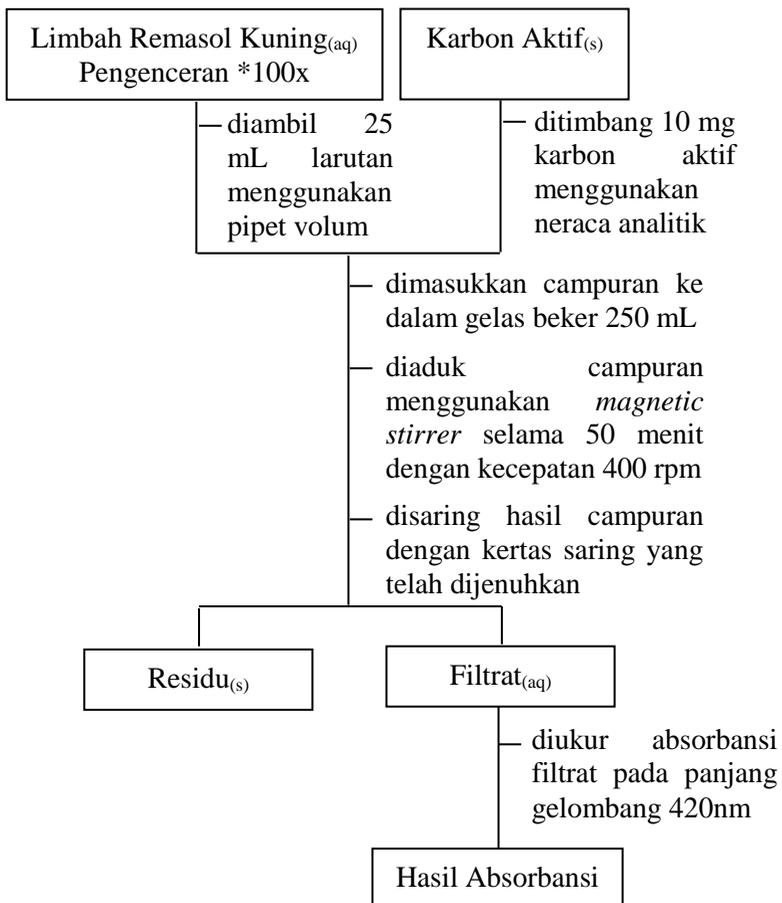
***Variasi Waktu Kontak yang Digunakan (Menit):
10; 20; 30; 40; 50; 60; 100**

Penentuan Dosis Adsorben Optimum pada Adsorpsi Limbah Remasol Kuning_(aq)



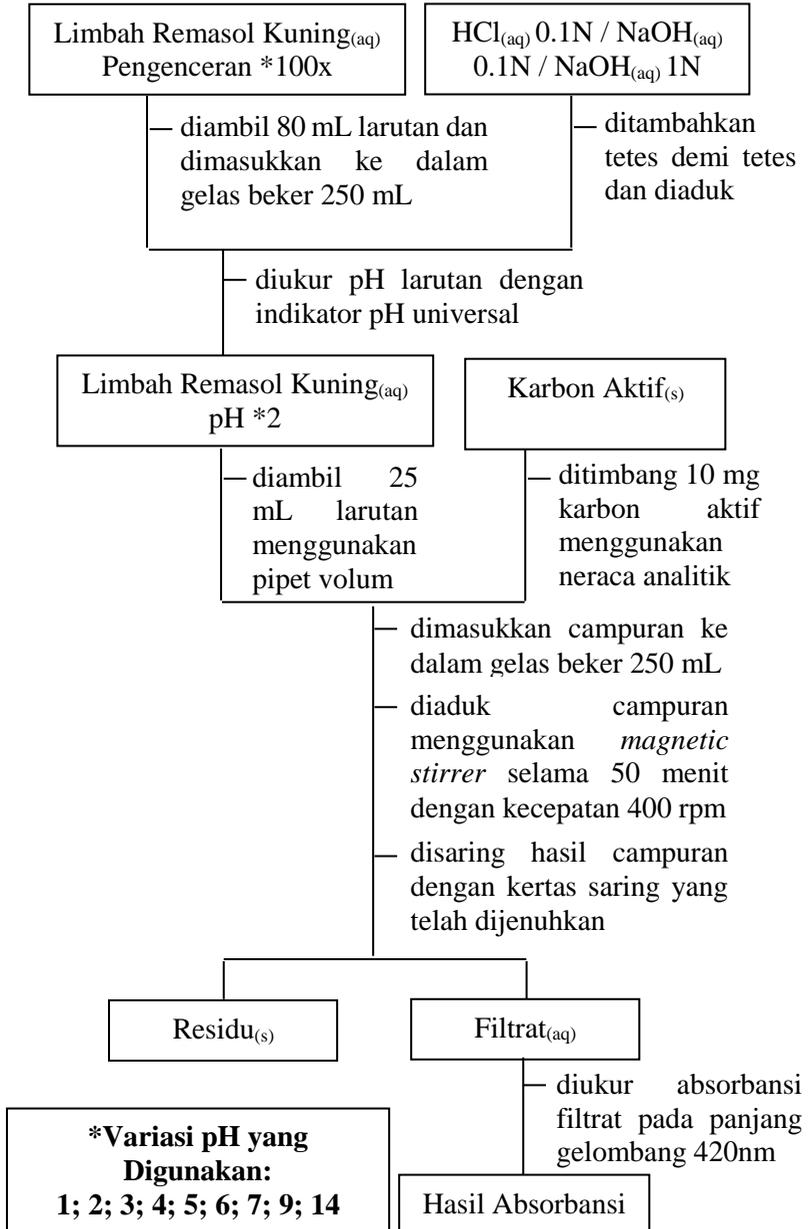
***Variasi Dosis Adsorben yang Digunakan (mg):
2; 4; 6; 8; 10; 12; 14**

Penentuan Konsentrasi Awal Optimum pada Adsorpsi Limbah Remasol Kuning_(aq)



***Variasi Pengenceran Limbah Remasol Kuning yang Digunakan (x):
130; 120; 110; 100; 90; 80**

Penentuan pH Optimum pada Adsorpsi Limbah Remasol Kuning



LAMPIRAN C: Perhitungan**Pengenceran Limbah Remasol Kuning_(aq)****Rumus:**

$$Pengenceran(x) = \frac{\text{Volume Labu Ukur (mL)}}{\text{Volume Limbah Remasol Kuning (mL)}}$$

Contoh Perhitungan:

Pembuatan Larutan Stok Limbah Remasol Kuning Pengenceran 100x

$$100 = \frac{1000 \text{ mL}}{\text{Volume Limbah Remasol Kuning}}$$

$$\text{Volume Limbah Remasol Kuning} = \frac{1000 \text{ mL}}{100}$$

$$= 10 \text{ mL}$$

Pembuatan Larutan Stok dengan Konsentrasi Tertentu**Rumus:**

$$\text{Konsentrasi} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{\text{Massa (mg)}}{\text{Volume (L)}}$$

Contoh Perhitungan:

Pembuatan Larutan Stok 1000 ppm

Diketahui: Konsentrasi = 1000 ppm

Volume = 250 mL

Ditanya : Massa Remasol Kuning F4 Sintetik yang digunakan

$$\text{Massa (mg)} = \text{Konsentrasi} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times \text{Volume (L)}$$

$$= 1000 \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg}} \right) \times 1 \left(\frac{\text{kg}}{\text{L}} \right) \times 0,250 \text{ L}$$

$$= 250 \text{ mg}$$

$$= 0,250 \text{ g}$$

Pengenceran Larutan Stok Remasol Kuning F4 Sintetik Menjadi Konsentrasi Tertentu**Rumus:**

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

Contoh Perhitungan:

Pengenceran Larutan Stok 1000 ppm Menjadi 100 ppm
Menggunakan Labu Ukur 1000 mL

Diketahui: $M_1 = 1000 \text{ ppm}$ $V_2 = 1000 \text{ mL}$
 $M_2 = 100 \text{ ppm}$

Ditanya : V_2

$$1000 \text{ ppm} \times V_1 = 100 \text{ ppm} \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ppm} \times 1000 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$= 100 \text{ mL}$$

Penentuan Penurunan Konsentrasi Limbah Remasol Kuning_(aq)

Rumus:

$$\% \text{ Removal} = \frac{\text{Konsentrasi Awal} - \text{Konsentrasi Akhir}}{\text{Konsentrasi Awal}} \times 100\%$$

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Contoh Perhitungan:

Optimasi Waktu Kontak 10 Menit

Diketahui: Konsentrasi awal = 34,162

Konsentrasi akhir 1 = 14,676

Konsentrasi akhir 2 = 14,824

Konsentrasi akhir 3 = 14,676

Ditanya: % Removal Rata-Rata & Standar Deviasi % Removal

- $\% \text{ Removal}_1 = \frac{34,162 - 14,676}{34,162} \times 100\% = 57,038\%$

- $\% \text{ Removal}_2 = \frac{34,162 - 14,824}{34,162} \times 100\% = 56,608\%$

- $\% \text{ Removal}_3 = \frac{34,162 - 14,676}{34,162} \times 100\% = 57,038\%$

- $\% \text{ Removal Rata - Rata} = \frac{57,038\% + 56,608\% + 57,038\%}{3}$
 $= 56,895\%$

- Standar Deviasi % Removal

$$= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (56,895 - 57,038)^2 + (56,895 - 56,608)^2 + (56,895 - 57,038)^2}{3-1}}$$

$$= 0,249$$

LAMPIRAN D: Tabel Kurva Kalibrasi

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0,020
10	0,140
20	0,287
30	0,426
40	0,551
50	0,676

LAMPIRAN E: Tabel Hasil Adsorpsi

Hasil Adsorpsi Variasi Waktu Kontak

Waktu Kontak (menit)	Absorbansi Awal	Konsentrasi Awal (ppm)	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	Rata-Rata % Removal	Standar Deviasi % Removal
10	0,472	34,170	0,207	14,541	57,446		
	0,472	34,170	0,209	14,689	57,013		
	0,472	34,170	0,207	14,541	57,446	57,302	0,249
20	0,472	34,170	0,185	12,911	62,215		
	0,472	34,170	0,185	12,911	62,215		
	0,472	34,170	0,184	12,837	62,432	62,288	0,124
30	0,472	34,170	0,173	12,022	64,817		
	0,472	34,170	0,173	12,022	64,817		
	0,472	34,170	0,175	12,170	64,383	64,672	0,249
40	0,472	34,170	0,170	11,800	65,467		
	0,472	34,170	0,171	11,874	65,250		
	0,472	34,170	0,170	11,800	65,467	65,395	0,124
50	0,472	34,170	0,169	11,726	65,684		

	0,472	34,170	0,169	11,726	65,684		
	0,472	34,170	0,169	11,726	65,684	65,684	0
60	0,472	34,170	0,170	11,800	65,467		
	0,472	34,170	0,172	11,948	65,034		
	0,472	34,170	0,170	11,800	65,467	65,323	0,249
100	0,472	34,170	0,183	12,763	62,649		
	0,472	34,170	0,183	12,763	62,649		
	0,472	34,170	0,198	13,874	59,397	61,565	1,864

Hasil Adsorpsi Variasi Dosis Adsorben

Dosis Adsorben (mg)	Absorbansi Awal	Konsentrasi Awal (ppm)	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	Rata-Rata % Removal	Standar Deviasi % Removal
2	0,455	32,911	0,366	26,319	20,032		
	0,455	32,911	0,366	26,319	20,032		
	0,455	32,911	0,364	26,170	20,482	20,182	0,260
4	0,455	32,911	0,237	16,763	49,066		
	0,455	32,911	0,230	16,244	50,641		
	0,455	32,911	0,231	16,319	50,416	50,041	0,852

6	0,455	32,911	0,191	13,356	59,419		
	0,455	32,911	0,191	13,356	59,419		
	0,455	32,911	0,191	13,356	59,419	59,419	0
8	0,455	32,911	0,165	11,430	65,271		
	0,455	32,911	0,169	11,726	64,371		
	0,455	32,911	0,169	11,726	64,371	64,671	0,520
10	0,455	32,911	0,161	11,133	66,172		
	0,455	32,911	0,169	11,726	64,371		
	0,455	32,911	0,152	10,467	68,197	66,247	1,914
12	0,455	32,911	0,157	10,837	67,072		
	0,455	32,911	0,169	11,726	64,371		
	0,455	32,911	0,173	12,022	63,471	64,971	1,874
14	0,455	32,911	0,188	13,133	60,095		
	0,455	32,911	0,187	13,059	60,320		
	0,455	32,911	0,181	12,615	61,670	60,695	0,852

Hasil Adsorpsi Variasi Konsentrasi Awal

Pengenceran (x)	Absorbansi Awal	Konsentrasi Awal (ppm)	Absorbansi Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal	Rata-Rata % Removal	Standar Deviasi % Removal
130	0,428	30,911	0,263	18,698	39,540		
	0,428	30,911	0,264	18,763	39,300		
	0,428	30,911	0,262	18,615	39,780	39,540	0,240
120	0,460	33,281	0,261	18,541	44,291		
	0,460	33,281	0,257	18,244	45,181		
	0,460	33,281	0,252	17,874	46,294	45,256	1,004
110	0,484	35,059	0,261	18,541	47,116		
	0,484	35,059	0,262	18,615	46,905		
	0,484	35,059	0,262	18,615	46,905	46,975	0,122
100	0,534	38,763	0,244	17,281	55,418		
	0,534	38,763	0,244	17,281	55,418		
	0,534	38,763	0,245	17,356	55,226	55,354	0,110
90	0,575	41,800	0,274	19,504	53,340		
	0,575	41,800	0,272	19,356	53,695		

	0,575	41,800	0,263	18,689	55,290	54,108	1,038
80	0,648	47,207	0,305	21,800	53,821		
	0,648	47,207	0,298	21,281	54,919		
	0,648	47,207	0,306	21,874	53,664	54,135	0,684

Hasil Adsorpsi Variasi pH

Ph	Absorbansi Awal	Konsentrasi Awal (ppm)	Absorbansi Akhir	Konsentrasi (ppm)	% Removal	Rata-Rata % Removal	Standar Deviasi % Removal
1	0,534	38,763	0,091	5,984	84,655		
	0,534	38,763	0,088	5,726	85,228		
	0,534	38,763	0,088	5,726	85,228	84,037	0,331
2	0,534	38,763	0,085	5,504	85,802		
	0,534	38,763	0,086	5,578	85,611		
	0,534	38,763	0,093	6,096	84,273	85,288	0,833
3	0,534	38,763	0,097	6,393	83,509		
	0,534	38,763	0,094	6,170	84,082		
	0,534	38,763	0,094	6,170	84,082	83,891	0,331
4	0,534	38,763	0,109	7,281	81,215		

	0,534	38,763	0,106	7,059	81,789		
	0,534	38,763	0,109	7,281	81,215	81,406	0,331
5	0,534	38,763	0,140	9,578	75,291		
	0,534	38,763	0,140	9,578	75,291		
	0,534	38,763	0,140	9,578	75,291	75,291	0
6	0,534	38,763	0,200	14,022	63,826		
	0,534	38,763	0,205	14,393	62,870		
	0,534	38,763	0,201	14,096	63,635	63,444	0,506
7	0,534	38,763	0,244	17,281	55,418		
	0,534	38,763	0,244	17,281	55,418		
	0,534	38,763	0,245	17,356	54,226	55,354	0,110
9	0,534	38,763	0,229	16,170	58,284		
	0,534	38,763	0,228	16,096	58,475		
	0,534	38,763	0,229	16,170	58,284	58,348	0,110
14	0,534	38,763	0,103	6,837	82,362		
	0,534	38,763	0,101	6,689	82,744		
	0,534	38,763	0,102	6,763	82,553	82,553	0,191

LAMPIRAN F: Perhitungan Uji ANOVA (*One Way*) dan UJI LSD

Uji ANOVA Parameter Waktu Kontak

Waktu Kontak (Menit)	10	20	30	40	50	60	100
% Removal	57,446	62,215	64,817	65,467	65,684	65,467	62,649
	57,013	62,215	64,817	65,250	65,684	65,034	62,649
	57,446	62,432	64,383	65,467	65,684	65,467	59,397

Anova: *Single Factor*

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
<i>Column 1</i>	3	171,905	57,302	0,063
<i>Column 2</i>	3	186,863	62,288	0,016
<i>Column 3</i>	3	194,017	64,672	0,063
<i>Column 4</i>	3	196,185	65,395	0,016
<i>Column 5</i>	3	197,052	65,684	0
<i>Column 6</i>	3	195,968	65,323	0,063
<i>Column 7</i>	3	184,695	61,565	3,524

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	167,850	6	27,975	52,307	8,63951E-09	2,848
<i>Within Groups</i>	7,488	14	0,535			
<i>Total</i>	175,338	20				

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\frac{SS \text{ Between Groups}}{df \text{ Between Groups}}}{\frac{SS \text{ Within Groups}}{df \text{ Within Groups}}} \\
 &= \frac{\frac{167,850}{6}}{\frac{7,488}{14}} \\
 &= 52,307
 \end{aligned}$$

Uji LSD Parameter Waktu Kontak

Diketahui: $r = 3$

$$df = 14$$

$$MS = 0,535$$

$$T \text{ tabel } (\alpha = 0,05) = 2,145$$

$$\begin{aligned} \text{LSD} &= (t \alpha, \text{dfe}) \times \sqrt{\frac{2 \times MS}{r}} \\ &= 2,145 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,535}{3}} \\ &= 1,281 \end{aligned}$$

Selisih Rata-Rata Persen Removal antara Dua Data pada Parameter Waktu Kontak

Perbandingan Waktu Kontak (menit)	Selisih Rata-Rata $\bar{X} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 $	Kesimpulan
10 dan 20	4,986	Terdapat perbedaan secara signifikan
10 dan 30	7,370	Terdapat perbedaan secara signifikan
10 dan 40	8,093	Terdapat perbedaan secara signifikan
10 dan 50	8,382	Terdapat perbedaan secara signifikan
10 dan 60	8,021	Terdapat perbedaan secara signifikan
10 dan 100	4,263	Terdapat perbedaan secara signifikan
20 dan 30	2,385	Terdapat perbedaan secara signifikan
20 dan 40	3,107	Terdapat perbedaan secara signifikan

20 dan 50	3,396	Terdapat perbedaan secara signifikan
20 dan 60	3,034	Terdapat perbedaan secara signifikan
20 dan 100	0,723	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
30 dan 40	0,723	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
30 dan 50	1,012	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
30 dan 60	0,650	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
30 dan 100	3,107	Terdapat perbedaan secara signifikan
40 dan 50	0,289	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
40 dan 60	0,072	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
40 dan 100	3,829	Terdapat perbedaan secara signifikan
50 dan 60	0,361	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
50 dan 100	4,119	Terdapat perbedaan secara signifikan
60 dan 100	3,758	Terdapat perbedaan secara signifikan

Uji ANOVA Parameter Dosis Adsorben

Dosis Adsorben (mg)	2	4	6	8	10	12	14
% Removal	20,032	49,066	59,419	65,271	66,172	67,072	60,095
	20,032	50,641	59,419	64,371	64,371	64,371	60,320
	20,482	50,416	59,419	64,371	68,197	63,471	61,670

Anova: *Single Factor*

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
<i>Column 1</i>	3	60,545	20,182	0,068
<i>Column 2</i>	3	150,124	50,041	0,726
<i>Column 3</i>	3	178,258	59,419	0
<i>Column 4</i>	3	194,013	64,671	0,270
<i>Column 5</i>	3	198,740	66,247	3,664
<i>Column 6</i>	3	194,913	64,971	3,512
<i>Column 7</i>	3	182,084	60,695	0,726

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	4824,284	6	804,047	627,710	3,41765E-16	2,848
<i>Within Groups</i>	17,933	14	1,281			
<i>Total</i>	4842,217	20				

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\frac{SS \text{ Between Groups}}{df \text{ Between Groups}}}{\frac{SS \text{ Within Groups}}{df \text{ Within Groups}}} \\
 &= \frac{\frac{4824,284}{6}}{\frac{17,933}{14}} \\
 &= 627,710
 \end{aligned}$$

Uji LSD Parameter Dosis Adsorben

Diketahui: $r = 3$

$$df = 14$$

$$MS = 1,281$$

$$T \text{ tabel } (\alpha = 0,05) = 2,145$$

$$\begin{aligned} \text{LSD} &= (t \alpha, \text{dfe}) \times \sqrt{\frac{2 \times MS}{r}} \\ &= 2,145 \times \sqrt{\frac{2 \times 1,281}{3}} \\ &= 1,982 \end{aligned}$$

Selisih Rata-Rata Persen Removal antara Dua Data pada Parameter Dosis Adsorben

Perbandingan Dosis (mg)	Selisih Rata-Rata $\bar{X} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 $	Kesimpulan
2 dan 4	29,860	Terdapat perbedaan secara signifikan
2 dan 6	39,238	Terdapat perbedaan secara signifikan
2 dan 8	44,489	Terdapat perbedaan secara signifikan
2 dan 10	46,065	Terdapat perbedaan secara signifikan
2 dan 12	44,790	Terdapat perbedaan secara signifikan
2 dan 14	40,513	Terdapat perbedaan secara signifikan
4 dan 6	9,378	Terdapat perbedaan secara signifikan
4 dan 8	14,630	Terdapat perbedaan secara signifikan

4 dan 10	16,205	Terdapat perbedaan secara signifikan
4 dan 12	14,930	Terdapat perbedaan secara signifikan
4 dan 14	10,653	Terdapat perbedaan secara signifikan
6 dan 8	5,252	Terdapat perbedaan secara signifikan
6 dan 10	6,827	Terdapat perbedaan secara signifikan
6 dan 12	5,552	Terdapat perbedaan secara signifikan
6 dan 14	1,275	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
8 dan 10	1,576	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
8 dan 12	0,300	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
8 dan 14	3,976	Terdapat perbedaan secara signifikan
10 dan 12	1,275	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan
10 dan 14	5,552	Terdapat perbedaan secara signifikan
12 dan 14	4,276	Terdapat perbedaan secara signifikan

Uji ANOVA Parameter Konsentrasi Awal

Konsentrasi Awal (ppm)	30,911	33,281	35,059	38,763	41,800	47,207
% Removal	39,540	44,291	47,116	55,418	53,340	53,821
	39,300	45,181	46,905	55,418	53,695	54,919
	39,780	46,294	46,905	55,226	55,290	53,664

Anova: *Single Factor*

SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
<i>Column 1</i>	3	118,620	39,540	0,057
<i>Column 2</i>	3	135,767	45,256	1,007
<i>Column 3</i>	3	140,925	46,975	0,015
<i>Column 4</i>	3	166,062	55,354	0,012
<i>Column 5</i>	3	162,325	54,108	1,078
<i>Column 6</i>	3	162,404	54,135	0,468

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
<i>Between Groups</i>	600,400	5	120,080	273,145	6,33077E-12	3,106
<i>Within Groups</i>	5,275	12	0,440			
<i>Total</i>	605,676	17				

$$\begin{aligned}
 F &= \frac{\frac{SS \text{ Between Groups}}{df \text{ Between Groups}}}{\frac{SS \text{ Within Groups}}{df \text{ Within Groups}}} \\
 &= \frac{\frac{600,400}{5}}{\frac{5,275}{12}} \\
 &= 273,145
 \end{aligned}$$

Uji LSD Parameter Konsentrasi Awal

Diketahui: $r = 3$

$$df = 12$$

$$MS = 0,440$$

$$T \text{ tabel } (\alpha = 0,05) = 2,179$$

$$\begin{aligned} \text{LSD} &= (t \alpha, \text{dfe}) \times \sqrt{\frac{2 \times MS}{r}} \\ &= 2,179 \times \sqrt{\frac{2 \times 0,440}{3}} \\ &= 1,180 \end{aligned}$$

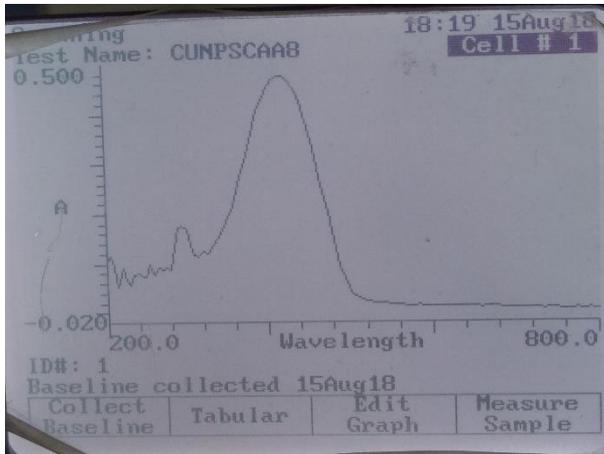
Selisih Rata-Rata Persen Removal antara Dua Data pada Parameter Konsentrasi Awal

Perbandingan Konsentrasi Awal (ppm)	Selisih Rata-Rata $\bar{X} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 $	Kesimpulan
30,911 dan 33,281	5,716	Terdapat perbedaan secara signifikan
30,911 dan 35,059	7,435	Terdapat perbedaan secara signifikan
30,911 dan 38,763	15,814	Terdapat perbedaan secara signifikan
30,911 dan 41,800	14,568	Terdapat perbedaan secara signifikan
30,911 dan 47,207	14,595	Terdapat perbedaan secara signifikan
33,281 dan 35,059	1,720	Terdapat perbedaan secara signifikan
33,281 dan 38,763	10,098	Terdapat perbedaan secara signifikan
33,281 dan 41,800	8,853	Terdapat perbedaan secara signifikan

33,281 dan 47,207	8,879	Terdapat perbedaan secara signifikan
35,059 dan 38,763	8,379	Terdapat perbedaan secara signifikan
35,059 dan 41,800	7,133	Terdapat perbedaan secara signifikan
35,059 dan 47,207	7,159	Terdapat perbedaan secara signifikan
38,763 dan 41,800	1,246	Terdapat perbedaan secara signifikan
38,763 dan 47,207	1,219	Terdapat perbedaan secara signifikan
41,800 dan 47,207	0,026	Tidak Terdapat perbedaan secara signifikan

LAMPIRAN G: Dokumentasi Penelitian

- **Pembacaan Panjang Gelombang Maksimum Limbah Remasol Kuning**



Kurva Panjang Gelombang Makasimum Remasol Kuning

Table showing the maximum wavelength of yellow wastewater residue. The table lists Wavelength (nm) and Absorbance (Abs) values for various wavelengths.

Test Name: CUNPSCAAB
18:17 15Aug18
Cell # 1

Wavelength	Abs
400.0	0.441
405.0	0.456
410.0	0.466
415.0	0.471
420.0	0.472
425.0	0.469
430.0	0.461
435.0	0.448
440.0	0.431
445.0	0.408

ID#: 1
Baseline collected 15Aug18

Collect	Edit	Measure
Baseline	Graph	Data
		Sample

Panjang Gelombang Makasimum Remasol Kuning Tabular

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jambi pada tanggal 2 November 1996 dan merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis merupakan seorang muslim dan berdomisili di Keputih, Sukolilo, Surabaya. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pertiwi Rimbo Mulyo, SDN 74/VIII Wirotho Agung, SMPN 3 Tebo, dan SMAN 1 Cawas, Klaten. Penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Kimia, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 01211540000005. Selama menempuh pendidikan sebagai mahasiswa, penulis aktif mengikuti pelatihan, organisasi, dan kepanitiaan. Pelatihan pengembangan diri dan keprofesian yang pernah diikuti oleh penulis di antaranya ialah LKMM PRA TD FMIPA ITS 2015, LKMM TD HIMKA ITS 2017, Pelatihan Elemen Pengader Kimia ITS, dan Pelatihan ISO 9001:2015, ISO 45001:2018, ISO 17025:2017. Selain pelatihan, penulis juga aktif diberbagai organisasi dan kepanitiaan di antaranya sebagai staf departemen Sosial Masyarakat HIMKA ITS 2016/2017, Badan Pengurus Harian (Wakil Ketua Himpunan Eksternal) HIMKA ITS 2017/2018, sie acara Chemistry Week 8 Kimia ITS, koordinator acara Chemistry Week 9 Kimia ITS, sie acara Pasar Malam Minggu ITS (PAMMITS), dan volunteer kementerian Sosial Masyarakat BEM ITS. Pada tahun 2018, penulis melaksanakan kerja praktik di PT Holcim Indonesia Tbk Tuban Plant selama satu bulan guna mengetahui aplikasi ilmu perkuliahan dalam dunia kerja. Di Departemen Kima ITS, penulis mengambil bidang Instrumentasi dan Sains Analitik dalam menyelesaikan skripsi jenjang S1 di bawah bimbingan Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D. dan Bapak Suprpto Ph.D. Segala kritik dan saran bagi penulis atas naskah skripsi ini dapat disampaikan melalui purikencanapermadi@gmail.com.