

EFISIENSI ADSORPSI ZAT WARNA INDIGO DENGAN KARBON AKTIF MENGGUNAKAN KOLOM BAHAN ISIAN

Sidiq Purnomo¹, Denny Vitasari¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani, Pabelan Kartasura 57109

*Email: d500190153@student.ums.ac.id

Abstrak

Limbah cair industri batik yang mengandung sisa zat pewarna sintetik dapat menimbulkan pencemaran tanah maupun air yang disebabkan oleh kandungan senyawa kontaminan yang sulit terurai. Adsorpsi dengan zat warna indigo pada limbah sintetis menggunakan karbon aktif di dalam kolom bahan isian dilakukan untuk mengetahui efisiensi dari pemisahannya. Karbon yang digunakan sebelumnya di aktivasi menggunakan kalium hidroksida (KOH). Percobaan dilakukan dengan membuat variasi tinggi kolom, konsentrasi zat warna mula-mula, dan ukuran partikel karbon aktif. Waktu pengambilan sampel yang dilakukan yaitu setiap 30 detik selama 15 menit. Setiap variabel kemudian diukur dengan masing-masing variasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi. Pada ukuran partikel karbon aktif, penurunan absorbansi yang paling besar adalah percobaan dengan ukuran partikel 16 mesh sebesar 0,3646. Pada konsentrasi awal, penurunan absorbansi yang paling besar adalah percobaan dengan konsentrasi 0,75g/l sebesar 0,2496. Pada tinggi kolom, penurunan absorbansi yang paling besar adalah percobaan dengan tinggi kolom 80 cm sebesar 0,2467.

Kata kunci: Indigo Pasta; Adsorpsi; Karbon Aktif; Spektrofotometer UV-Vis

Pendahuluan

Industri tekstil merupakan industri yang berkembang pesat di Indonesia. Perkembangan yang pesat menimbulkan masalah bagi lingkungan terutama masalah yang diakibatkan oleh limbah zat warna batik. Limbah industri batik memiliki kandungan zat warna yang tinggi dan juga mengandung bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan. Limbah cair batik biasanya berasal dari sisa air pencelupan yang mengandung zat warna, penguat warna, dan penganjian. Beberapa kandungan limbah industri batik yang berpotensi menimbulkan pencemaran air kandungan bahan organik, padatan tersuspensi, minyak atau lemak yang tinggi dan adanya kandungan logam berat yang berbahaya seperti Fe, Cd, Cr, Cu, Zn, dan Pb (Desianna, *et al*, 2017).

Kampung batik Laweyan Solo menjadi salah satu sentra industri kerajinan batik tradisional sejak dahulu. Secara umum, usaha kerajinan batik ini membuang limbah langsung ke selokan sekitar lokasi pembatikan. Hal ini dapat menimbulkan dampak yang merugikan bagi lingkungan sekitar, karena lingkungan mempunyai kemampuan terbatas untuk mendegradasi zat warna hasil limbah. Limbah cair dari proses pewarnaan dan pencelupan terdapat polutan berupa logam berat, padatan tersuspensi, ataupun zat organik (Indihani, *et al*, 2017). Salah satu limbah zat warna batik adalah indigo pasta. Indigo pasta yang berwarna biru diperoleh dari tanaman *Indigofera tinctoria*. Indigo pasta merupakan pewarna alam yang paling tua dikenal orang untuk memberikan warna biru pada pembuatan batik tradisional. Pada kenyataannya, indigo pasta menjadi pewarna dengan ketahanan warna yang unggul terhadap sinar, chlorine, sabun, gosokan, keringan, dan sebagainya (Lestari and Riyanto, 2016).

Spesies *Indigofera* merupakan tanaman kaya kan senyawa organik dan asam lemak, flavonoid seperti rotenoid dan coumarin. Tanaman ini dikenal sebagai penghasil zat warna biru karena terkandungnya senyawa yang disebut indigo. Indigo adalah bubuk kristal biru tua yang meleleh pada 390°C-392°C. Rumus kimia indigo adalah C₁₆H₁₀N₂O₂. Indigo adalah golongan senyawa alkaloid berwarna biru tua, tidak larut dalam air, alkohol eter, atau tetapi larut dalam kloroform, nitrobenzena, atau asam sulfat pekat. Penggunaan zat pewarna ini terutama dalam pembuatan batik atau tenun karena warna biru yang dihasilkan berkesan cemerlang dan menembus ke dalam serat sehingga memberi warna permukaan yang unik (Ariyanti and Yenni, 2017).

Adsorpsi merupakan suatu metode penyerapan dengan cara molekul menempel pada permukaan zat adsorben untuk menghilangkan zat pencemar atau limbah di dalam air. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi yaitu macam adsorben, macam adsorbat, konsentrasi zat, luas permukaan, tekanan, daya larut terhadap adsorben, waktu, dan pengadukan (Widayatno *et al.*, 2017). Adsorben merupakan komponen yang memiliki kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan ataupun gas yang terkandung di dalamnya. Adsorben harus memiliki kapasitas adsorpsi yang memadai, ukuran pori yang kecil, luas permukaan yang besar, porositas yang baik (Priyanto, *et al*, 2021). Dengan demikian, adsorpsi dengan adsorben menjadi metode yang efisien dan banyak dikembangkan untuk mengatasi bahaya

dari limbah zat warna batik. Bahan yang digunakan untuk mengolah limbah zat warna diharapkan mudah diperoleh (Handayani, *et al*, 2018).

Karbon aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85%-95% karbon. Pori-pori tersebut dapat dimanfaatkan sebagai media penyerap (adsorben). Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi. Pada proses aktivasi terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas, dan air dari permukaan karbon sehingga menyebabkan perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi dapat terbentuk akibat pori-pori baru dikarenakan adanya pengikisan atom karbon melalui oksidasi ataupun pemanasan. Karbon aktif banyak digunakan sebagai material adsorben karena memiliki porositas dan luas permukaan yang tinggi. Luas pori-pori karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif mempunyai sifat sebagai adsorben (Idrus, *et al*, 2013). Sifat lain dari karbon aktif antara lain: berwarna hitam, tidak berbau, tidak terasa, mempunyai daya serap yang jauh lebih besar dibandingkan dengan karbon non aktif dan memiliki permukaan yang luas antara 300-2000 m²/gram (Utomo and Suratmin, 2014).

Sintesis karbon aktif dilakukan dengan aktivasi kimia menggunakan senyawa yaitu KOH (Kalium Hidroksida). Kelebihan senyawa KOH sebagai *activating agent* diantaranya menghasilkan karbon aktif dengan pori-pori yang didominasi dengan ukuran mikropor, dimana diketahui bahwa adsorben dengan ukuran pori mesopor dan mikropor lebih efektif untuk proses adsorpsi (Andreas, *et al*, 2015). Pada proses aktivasi karbon dicampur dengan larutan kimia dan akan terjadi oksidasi sehingga merusak bagian dalam karbon akibatnya jumlah pori semakin besar. KOH merupakan agen aktivasi karbon aktif yang paling kuat dari kelompok alkali (Baristand *et al.*, 2016).

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan analisis pengaruh ukuran butir karbon aktif, konsentrasi, dan tinggi kolom bahan isian dengan metode adsorpsi. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat mengetahui kemampuan adsorpsi dalam penurunan limbah zat warna batik dan mengetahui efektivitas media filter karbon dalam penurunan limbah zat warna batik indigo pasta.

Bahan Dan Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September hingga November 2023 di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta. Penelitian ini dilakukan terhadap limbah zat warna batik indigo pasta dengan membuat variasi tinggi kolom bahan isian, konsentrasi zat warna mula-mula, dan ukuran butir karbon aktif. Dilakukan pengujian masing-masing variasi menggunakan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui nilai dari absorbansi.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah akuades, KOH (Kalium Hidroksida), dan zat warna indigo pasta. Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah ayakan ukuran 8 *mesh*, 10 *mesh*, 12 *mesh*, 16 *mesh*, dan 20 *mesh*, *aluminium foil*, ember, erlenmeyer, gelas beaker, labu ukur, pengaduk kaca, pipet ukur, pipet tetes, kran, lem, neraca analitik, oven, pipa paralon, penggaris, pH meter, spektrofotometer UV-Vis, alat ukur laju alir (*flowmeter*), selang, tabung reaksi, dan wadah karbon aktif.

Persiapan Bahan

Karbon yang akan digunakan, sebelumnya diayak menggunakan ayakan ukuran 8 *mesh*, 10 *mesh*, 12 *mesh*, 16 *mesh*, dan 20 *mesh*.

Pembuatan Larutan KOH 0,1 M dalam 250 mL

Akuades secukupnya ditambahkan ke dalam gelas beaker 250 mL kemudian masukkan KOH (Kalium Hidroksida) sebanyak 5,61 gram. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL lalu tambahkan akuades hingga tanda batas dan dikocok hingga homogen.

Pembuatan Karbon Aktif

Karbon yang sudah diayak menggunakan ayakan sesuai ukuran partikel kemudian dicuci dan dioven selama 2 jam pada suhu 100°C. Selanjutnya ditimbang sebanyak 300 gram dan dimasukkan ke dalam gelas beker 1000 mL. Selanjutnya ditambahkan larutan KOH dan di diamkan selama 24 jam pada suhu ruang. Selanjutnya, dicuci hingga bersih dengan menggunakan akuades hingga mendapatkan pH 7 atau netral. Lalu, karbon aktif yang sudah diaktivasi dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2 jam. Karbon aktif siap digunakan untuk proses adsorpsi.

Pembuatan Larutan Standar Zat Warna 10 gram/liter

Padatan C₁₆H₁₀N₂O₂ (Indigo Pasta) ditimbang sebanyak 10 gram menggunakan kaca arloji dan dimasukkan ke dalam gelas beaker 25 mL lalu ditambahkan sedikit aquades. Kemudian di tuangkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas, kocok hingga homogen.

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Larutan standar zat warna sebanyak 5 mL masing – masing dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kocok hingga homogen. Penentuan panjang gelombang maksimum bertujuan untuk mendapatkan nilai kepekaan yang tinggi dan kesalahan terkecil sehingga digunakan untuk larutan dengan nilai konsentrasi yang rendah (Handayani, *et al*, 2018). Hasil panjang gelombang maksimum berada pada panjang gelombang 660 nm dengan nilai absorbansi 1,679. Tahap selanjutnya adalah pengukuran absorbansi setiap larutan menggunakan panjang gelombang 660 nm untuk menentukan kurva standar. Syarat diterimanya kurva standar adalah regresi linier (r) sebesar $\geq 0,995$ (Badan Standarisasi Nasional, 2004).

Pembuatan Larutan Kurva Standar Zat Warna dengan konsentrasi (0,1 - 5 gram/liter)

Larutan standar zat warna sebanyak 0,1 mL, 0,2 mL, 0,3 mL, 0,5 mL, 1 mL, 2 mL, dan 5 mL masing – masing dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas kocok hingga homogen. Setiap larutan diukur absorbansi menggunakan panjang gelombang 660 nm. Berdasarkan hasil data yang diperoleh, menunjukkan bahwa kurva kalibrasi persamaan linier yaitu $y = 0,3478x + 0,0042$ dengan nilai koefisien korelasi regresi linier (r) sebesar 0,9999. Dari hasil analisa tersebut diperoleh nilai x sebesar 1,29. Ketelitian pengukuran analisis suatu metode digambarkan melalui linieritas yang ditandai nilai koefisien relasi $r \geq 0,995$, sehingga dapat disimpulkan pada kurva kalibrasi larutan standar sudah memenuhi batas keberterimaan uji linieritas (Badan Standarisasi Nasional, 2004).

Penyiapan Larutan Sampel Uji

Padatan zat warna indigo pasta ditimbang sebanyak 20gram dan dilarutkan dengan akuades di dalam gelas beker 1000 mL lalu dikocok hingga homogen. Kemudian dimasukkan ke dalam ember dan ditambahkan air hingga 20liter untuk dilakukan pengujian.

Persiapan Alat Media Adsorpsi

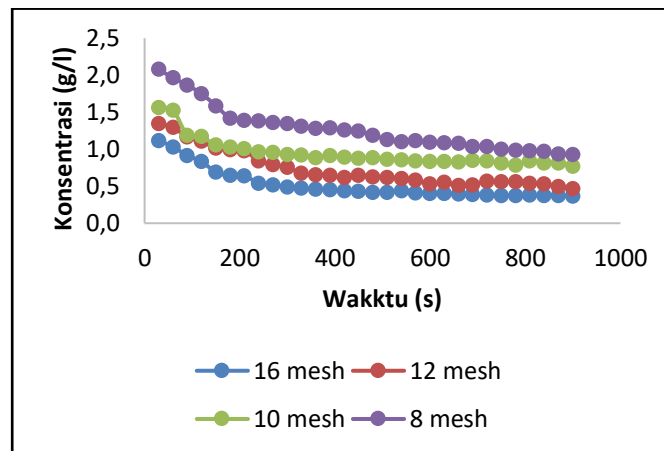
Membuat alat media adsorpsi sederhana dengan menggunakan ember, pralon PVC dengan ukuran diameter 4 inci dan panjang 60 cm, kran, pengukur laju alir (*flowmeter*) penggaris, dan selang air. Semua alat dirangkai menjadi media filter karbon.

Hasil Dan Pembahasan

Pada analisis penurunan zat warna indigo pasta dalam sampel limbah batik dilakukan dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif pada variasi ukuran butir karbon aktif, konsentrasi mula-mula, dan tinggi kolom bahan isian. Hasil variasi yang digunakan selanjutnya akan diujikan untuk mengetahui pengaruh penurunan zat warna indigo pasta. Pengukuran indigo pasta menurut metode Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah dengan menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis. Proses pengukuran kadar zat warna indigo pasta dengan spektrofotometer UV-Vis relatif lebih mudah, sederhana, dan memiliki akurasi yang baik dikarenakan menggunakan karbon sebagai adsorben (Suryani *et al.*, 2022). Berdasarkan pengujian diperoleh hasil sebagai berikut:

Pengaruh ukuran butir terhadap efisiensi adsorpsi

Pada pengukuran ini menggunakan variasi ukuran butir karbon aktif 8 *mesh*, 10 *mesh*, 12 *mesh*, dan 16 *mesh* dengan waktu pengambilan sampel setiap 30 detik selama 15 menit.



Gambar 1. Pengukuran Pada Variasi Ukuran Butir Karbon Aktif

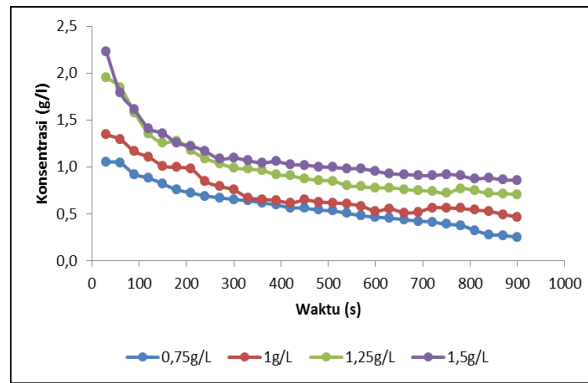
Dari pengukuran pada variasi ukuran butir karbon aktif diperoleh hasil absorbansi akhir yaitu pada ukuran 8 *mesh* sebesar 0,9252, ukuran 10 *mesh* sebesar 0,7729, ukuran 12 *mesh* sebesar 0,4652, dan ukuran 16 *mesh* sebesar 0,3646.

Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran partikel karbon aktif maka adsorbansi yang diperoleh juga semakin rendah, sehingga bahan yang teradsorpsi juga semakin banyak begitu pula sebaliknya. Hal ini dikarenakan partikel karbon aktif yang berukuran kecil memiliki luas permukaan yang besar sehingga mampu mengadsorpsi zat warna dengan baik. Waktu yang digunakan juga mempengaruhi karena semakin lama waktunya maka penurunan adsorbansinya semakin besar.

Menurut Utomo and Suratmin (2014) bahwa terdapat kecenderungan terjadi peningkatan daya serap dari *mesh* partikel kecil ke ukuran partikel yang lebih besar. Pada *mesh* kecil berarti jumlah partikel sedikit maka luas permukaan penyerapan kecil sedangkan makin besar ukuran *mesh* jumlah partikel semakin besar maka luas permukaan penyerapan juga semakin besar sehingga kemampuan daya serap juga makin besar.

Pengaruh konsentrasi zat warna mula-mula terhadap efisiensi adsorpsi

Pada pengukuran ini menggunakan variasi konsentrasi mula-mula sebanyak 0,75 g/l, 1 g/l, 1,25 g/l, dan 1,5 g/l dengan waktu pengambilan sampel setiap 30 detik selama 15 menit.



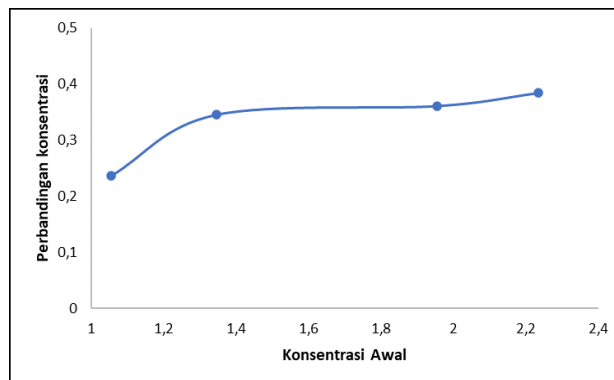
Gambar 2. Pengukuran Pada Variasi Konsentrasi Mula-Mula

Dari pengukuran pada variasi konsentrasi mula-mula diperoleh hasil absorbansi akhir yaitu konsentrasi 0,75 g/l sebesar 0,2496, konsentrasi 1 g/l sebesar 0,4652, konsentrasi 1,25 g/l sebesar 0,7067, dan konsentrasi 1,5 g/l sebesar 0,8591.

Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi mula-mula maka konsentrasi akhir yang diperoleh juga semakin besar. Hal itu dikarenakan kandungan zat warna indigo pasta banyak yang teradsorpsi oleh karbon aktif. Sedangkan jika konsentrasi awal rendah, kandungan zat warna indigo pasta tidak semua teradsorpsi sehingga konsentrasi akhir yang didapatkan juga besar. Waktu yang digunakan juga mempengaruhi karena semakin lamanya waktu maka konsentrasi akhir yang dihasilkan juga semakin rendah.

Menurut Kunderi (2008) semakin tinggi konsentrasi awal maka semakin besar daya serapnya hingga di titik maksimum dari kapasitas karbon aktif, maka dari itu daya serap pada karbon aktif perlahan mulai stabil atau justru dapat menurunkan kadar zat warna indigo.

Hubungan konsentrasi mula-mula terhadap konsentrasi akhir



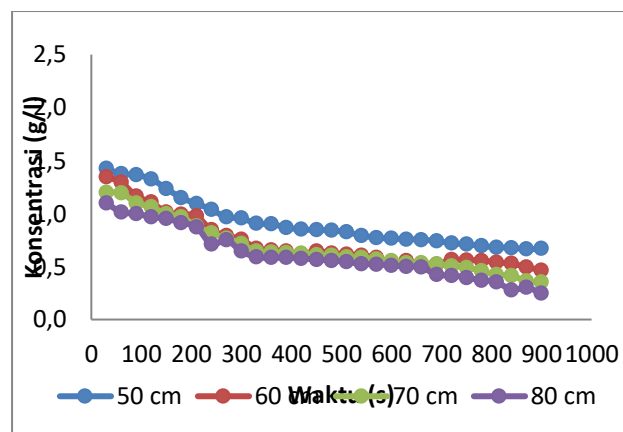
Gambar 3. Perbandingan Konsentrasi Mula-Mula Terhadap Konsentrasi Akhir

Dari grafik hubungan konsentrasi mula-mula dengan konsentrasi akhir diperoleh hasil perbandingan akhir dengan konsentrasi awal yaitu konsentrasi 0,75 g/l sebesar 0,2366, konsentrasi 1 g/l sebesar 0,3459, konsentrasi 1,25 g/l sebesar 0,3616, dan konsentrasi 1,5 g/l sebesar 0,3846.

Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi awal zat warna maka daya serap adsorpsi juga semakin besar. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi awal zat warna 1,5 g/l menghasilkan konsentrasi akhir yang lebih tinggi dari konsentrasi lainnya yaitu 0,3847 g/l, namun menghasilkan daya serap adsorpsi yang lebih besar dari pada yang lainnya. Hal ini dikarenakan pengaruh konsentrasi awal limbah zat warna semakin tinggi maka daya serapnya berada di titik maksimum dari kapasitas karbon aktif, daya serapnya mulai stabil atau justru menurun.

Pengaruh tinggi kolom bahan isian terhadap efisiensi adsorpsi

Pada pengukuran ini menggunakan variasi tinggi kolom bahan isian 50 cm, 60 cm, 70 cm, dan 80 cm dengan waktu pengambilan sampel setiap 30 detik selama 15 menit.



Gambar 4. Pengukuran Pada Variasi Tinggi Kolom Bahan Isian

Dari pengukuran pada variasi tinggi kolom bahan isian diperoleh hasil absorbansi akhir yaitu tinggi kolom 50 cm sebesar 0,6694, tinggi kolom 60 cm sebesar 0,4652, tinggi kolom 70 cm sebesar 0,3531, dan tinggi kolom 80 cm sebesar 0,2467.

Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi media bahan isian maka debit aliran semakin kecil dan luas permukaan massa serta perpindahan massa semakin panjang menyebabkan waktu yang diperlukan aliran limbah untuk kontak dengan karbon aktif juga lebih lama. Maka dari itu, semakin lama waktu kontak karbon aktif dengan limbah zat warna menyebabkan zat warna dapat teradsorpsi dengan baik. Waktu yang digunakan juga dapat mempengaruhi karena semakin lamanya waktu kontak antara limbah dengan karbon aktif maka konsentrasi akhir yang dihasilkan juga semakin rendah.

Menurut Atminingtyas, *et al* (2016) semakin tinggi media bahan isian pada tinggi kolom maka debit aliran semakin kecil dan semakin panjang zona perpindahan massa, sehingga dapat memberikan waktu lebih banyak untuk karbon aktif dalam menyerap zat warna dengan efisiensi pemisahannya.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada masing-masing variasi ukuran butir karbon aktif ukuran 8 *mesh*, 10 *mesh*, 12 *mesh*, dan 16 *mesh*, konsentrasi mula-mula yaitu 0,75 g/l, 1 g/l, 1,25 g/l, dan 1,5 g/l, dan tinggi kolom bahan isian yaitu 50 cm, 60 cm, 70 cm, dan 80 cm dapat mempengaruhi banyaknya zat warna yang akan teradsorpsi. Semua variasi diukur dengan menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis yang bertujuan untuk mengetahui nilai absorbansi. Pada ukuran butir karbon aktif, penurunan absorbansi yang paling besar adalah percobaan dengan ukuran butir karbon 16 *mesh* sebesar 0,3646. Pada konsentrasi mula-mula, penurunan absorbansi yang paling besar adalah percobaan dengan konsentrasi awal 0,75g/l sebesar 0,2496. Pada tinggi kolom bahan isian, penurunan absorbansi yang paling besar adalah percobaan dengan tinggi kolom 80 cm sebesar 0,2467.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak Laboratorium Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan fasilitas sehingga pelaksanaan penelitian dapat berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

- Priyanto, A., Ade, F., Malik, Muhdarina, And A. A. (2021) "Adsorption And Characterization Of Activated Sugarcane Bagasse Using Natrium Hydroxide", *Indo. J Chem. Res.*, Vol. 8 (3), pp. 202–209.
- Andreas, A., Putranto, A. And Sabatini, T. C. (2015) "Sintesis Karbon Aktif Dari Kulit Salak Aktivasi Kimia-Senyawa Koh Sebagai Adsorben Proses Adosprsi Zat Warna Metilen Biru", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia 'Kejuangan' Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.*, Vol. 1 (1), pp. 1–7.
- Ariyanti And Yenni (2017) "Tanaman Tarum (*Indigofera tinctoria* Linn.) Sebagai Penghasil Zat Pewarna", *Budidaya Pertanian.*, pp. 109–122.
- Atminingtyas, S., Oktiawan, W. And Wardhana, I. W. (2016) "Pengaruh Konsentrasi Aktivator Naoh Dan Tinggi Kolom Pada Arang Aktif Dari Kulit Pisang Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Tembaga (Cu) Dan Seng (Zn) Limbah Cair Industri Elektroplating", *Jurnal Teknik Lingkungan.*, Vol. 5 (1), pp. 1–11.
- Badan Standarisasi Nasional (2004) "Air Dan Air Limbah – Bagian 5: Cara Uji Mangan (Mn) Dengan Spektrofotometri Serapan Atom (Ssa)-Nyala".
- Baristand, P., Effendi, A., And Saibatul, H (2010) "Teknologi Pengolahan Dan Pemanfaatan Karbon Aktif Untuk Industri", *Jurnal Teknologi Alam.*, Vol. 2 (2), pp. 43–51.
- Desianna., Rohadi, R., Sujarwata., And Yulianti, I. (2017) "Selulosa Kulit Jagung Sebagai Adsorben Logam Cromium (Cr) pada Limbah Cair Batik" *Unnes Physics Journal.*, Vol. 6(1), pp. 50–53.

- Idiawati, Tiara, H., Lia, D., And Nora (2018) "Perbandingan Pengompleks Kalium Tiosianat Dan 1,10 Fenantrolin Pada Penentuan Kadar Besi Dengan Spektrofotometer Uv-Vis", *Jurnal Kimia Khatulistiwa.*, Vol. 7 (2), pp. 47–53.
- Idrus, R., Lapanoro, B. P. And Putr, Y. S. (2013) "Pengaruh Suhu Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa" *Prisma Fisika.*, Vol. 1 (1), pp. 50–55.
- Indihani, R. R., Nugroho, W. A. And Lutfi, M. (2017) "Effect Of Concentration Activated Carbon As An Activator And Waste Contact Time On The Tds Content And Liquid Waste Of Batik Dyes", *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem.*, Vol. 5 (3), pp. 281–288.
- Kundari and Slamet (2008) "Tinjauan Keseimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit". *Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir : Batan*
- Lestari, K. And Riyanto (2016) "Pembuatan Pewarna Biru Dari Tanaman Indigofera Tinctoria", *Dinamika Kerajinan Dan Batik.*, pp. 7–15.
- Suryani, Made, Y., Paramita, Susilo, And Maharsi (2022) "Analisis Penentuan Kadar Besi (Fe) Dalam Air Limbah Tambang Batu Bara Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis", *Indonesian Journal Of Laboratory.*, Vol. 5(1), pp. 1-7.
- Utomo, S. (2014) "Pengaruh Waktu Aktivasi Dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Kulit Singkong Dengan Aktivator Naoh", *Prosiding Semnastek Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.*, pp. 1–4.
- Widayatno, T., Yuliawati, A., Susilo, And Agung, A (2017) "Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif", *Jurnal Teknologi Bahan Alam.*, Vol. 1(1), pp. 17–23.