

**MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK
DENGAN *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS) UNTUK
ADSORPSI *ERIOCHROME BLACK T* (EBT)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains
(S.Si.) pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Yogyakarta**



Diajukan oleh :

LABIBATUL IKMALIA

No Mhs : 16612091

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2020

**MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK
DENGAN *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS) UNTUK
ADSORPSI *ERIOCHROME BLACK T* (EBT)**

SKRIPSI

Yang diajukan oleh :

LABIBATUL IKMALIA

No Mhs : 16612091

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 1 September 2020

Dewan Penguji

1. Mai Anugrahwati, M.Sc.
2. Febi Indah Fajarwati, M.Sc.
3. Argo Khoirul Anas, M.Sc.
4. Imam Sahrani, M.Sc.

Tanda tangan



Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia



Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Labibatul Ikmalia

NIM : 16612091

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan skripsi saya berjudul **MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN SODIUM DODECYL SULFATE (SDS) UNTUK ADSORPSI ERIOCHROME BLACK T (EBT)** bersifat asli dan tidak berisi material yang diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam skripsi ini.

Apabila dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 1 September 2020

Yang menyatakan,



Labibatul Ikmalia

NIM. 16612091

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya serta kelancaran dalam penulisan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Modifikasi Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) untuk Adsorpsi Eriochrome Black T (EBT)”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si.) Program Studi Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.

Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik karena adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Keluarga penulis, terutama kedua orang tua yaitu Nipah Suripah dan Muslih, Maulana Azis, Yan Bachtiar Muslih, dan Fezha Febrian yang telah memberikan dukungan secara materiil dan non-materiil.
2. Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Dr. Dwiarso Rubiyanto, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Mai Anugrahwati, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan arahan, masukan, dan diskusi.
5. Febi Indah Fajarwati, S.Si, M.Sc. selaku Pembimbing II skripsi.
6. Teman-teman Arinda Dwi Rizki, Irtsi Kamilah, Ferina, Dwi Anggraeni, Salmah Habibah.
7. Rekan penelitian skripsi Lodia Kurniawati, Shaleh Zamzami, Rika Awalini Safitri. Terimakasih atas kerja sama dan kebersamaannya pada saat menjalani penelitian.
8. Ibnu Akbar An Nuha rekan yang selalu ada untuk memberi dukungan.

9. Serta kepada semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terimakasih telah membantu demi terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih memiliki banyak kekurangan, sehingga perlu adanya saran serta masukan dari berbagai pihak.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Yogyakarta, 1 September 2020



Labibatul Ikmalia



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
INTISARI.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III DASAR TEORI	7
3.1 Karbon Aktif.....	7
3.2 Eriochrome Black T (EBT)	8
3.3 Salak	8
3.4 Surfaktan	9
3.5 Adsorpsi.....	11
3.6 Spektrofotometri UV-Vis	14
3.7 Total Organic Carbon	15
3.8 Spektrofotometer IR	16
BAB IV METODE PENELITIAN	18
4.1 Waktu dan Tempat	18
4.2 Alat dan Bahan	18
4.3 Cara Kerja.....	18
4.3.1 Karbonisasi	18
4.3.2 Aktivasi Karbon.....	19
4.3.3 Modifikasi Karbon Aktif	19
4.3.4 Stabilitas Modifikasi Surfaktan	19
4.3.5 Uji Isoterm	20

4.3.6 Uji Kinetik	20
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
5.1 Karbonisasi	21
5.2 Aktivasi	21
5.3 Modifikasi Karbon Aktif	22
5.4 Karakterisasi FTIR	24
5.5 Aplikasi AC dan AC-SDS sebagai adsorben EBT	26
5.5.1 Penentuan waktu kontak optimum.....	26
5.5.2 Penentuan konsentrasi optimum	28
5.6 Isoterm Adsorpsi	30
5.7 Kinetika Adsorpsi	33
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	37
6.1 Kesimpulan.....	37
6.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	43



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data konsentrasi optimum	29
Tabel 2. Perbandingan isoterm Langmuir dan Freundlich.....	32
Tabel 3. Data kinetika adsorpsi sampel KA.....	35
Tabel 4. Data kinetika adsorpsi sampel KAS.....	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur karbon aktif	7
Gambar 2. Struktur EBT	8
Gambar 3. Buah salak	9
Gambar 4. Struktur umum surfaktan.....	10
Gambar 5. Struktur SDS	10
Gambar 6. Skema alat TOC <i>Analyzer</i>	16
Gambar 7. Komponen spektrofotometer FTIR	17
Gambar 8. Ilustrasi modifikasi karbon aktif dengan SDS.....	23
Gambar 9. Spektra FTIR karbon (K) dan karbon aktif (KA).....	24
Gambar 10. Spektra FTIR karbon aktif (KA), karbon aktif termodifikasi (KAS), dan SDS.....	25
Gambar 11. Kurva penentuan waktu optimum KA dan KAS.....	27
Gambar 13. Mekanisme adsorpsi EBT dengan KAS.....	28
Gambar 14. Kurva penentuan konsentrasi optimum KA dan KAS	29
Gambar 16. Kurva isoterm Langmuir (KA).....	31
Gambar 17. Kurva isoterm Freundlich (KA)	31
Gambar 18. Kurva isoterm Langmuir (KAS)	32
Gambar 19. Kurva isoterm Freundlich (KAS).....	32
Gambar 20. Kurva kinetika pseudo orde 1 (KA)	33
Gambar 21. Kurva kinetika pseudo orde 2 (KA)	34
Gambar 22. Kurva kinetika pseudo orde 1 (KAS)	34
Gambar 23. Kurva kinetika pseudo orde 2 (KAS).....	35

MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN *SODIUM DODECYL SULFATE* (SDS) UNTUK *ADSORPSI ERIOCHROME BLACK T* (EBT)

INTISARI

Labibatul Ikmalia

NIM 16612091

Penelitian ini telah dilakukan untuk mengetahui efek dari modifikasi karbon aktif dengan surfaktan anionik untuk meningkatkan adsorpsi dari zat warna *eriochrome black T* (EBT). Karbon aktif (KA) yang digunakan berasal dari kulit salak dan *sodium dodecyl sulfate* (SDS) digunakan untuk modifikasi. Modifikasi dilakukan dengan agitasi karbon aktif dalam larutan SDS dengan konsentrasi 9 g/L. Karakterisasi KA dan KAS dengan FTIR menunjukkan KAS terdapat serapan baru pada bilangan gelombang 626 cm^{-1} yang merupakan vibrasi regang S-O. Efisiensi surfaktan yang terikat pada karbon aktif diketahui sebesar 19,13% dan rasio desorpsi diketahui sebesar 8,21%. Pada uji adsorpsi dengan konsentrasi awal EBT 1000 ppm dan massa adsorben 0,04 gram, karbon aktif termodifikasi (KAS) menunjukkan peningkatan adsorpsi EBT lebih besar 21,97 % dari karbon aktif yang tidak dimodifikasi (KA). Kondisi optimum adsorpsi KA dan KAS diketahui pada waktu kontak 45 menit dan konsentrasi awal EBT 1000 ppm. Data kesetimbangan dievaluasi menggunakan isoterm Langmuir dan Freundlich. Hasil menunjukkan bahwa isoterm adsorpsi KA dan KAS mengikuti model isoterm Langmuir. Kinetika adsorpsi dianalisis menggunakan persamaan pseudo orde satu dan pseudo orde dua. Hasilnya menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi KA dan KAS mengikuti pseudo orde dua yang mengindikasikan proses adsorpsi EBT terjadi secara kemisorpsi.

Kata Kunci: SDS, EBT, modifikasi karbon aktif, adsorpsi, kulit salak

SALACA PEELS ACTIVATED CARBON SODIUM DODECYL SULFATE (SDS) MODIFICATION FOR ERIOCHROME BLACK T (EBT)

ADSORPTION

ABSTRACT

Labibatul Ikmalia

NIM 16612091

This study investigated the effect of anionic surfactant modification on salacca peels based activated carbon (KA) to enhance the adsorption of EBT in aqueous solution. Sodium dodecyl sulfate (SDS) was used for modification. The AC was modified by agitating in a surfactant solution at 9 g/L SDS concentration. FTIR characterisation showed KAS has a new peak at 626 cm^{-1} which was attributed to S-O stretching vibrations. SDS loading efficiency is 19,13% and surfactant desorption ratio for KAS is 8,21%. At initial aqueous concentration of 1000 ppm EBT and adsorbent dose of 0,04 gram, KAS showed the EBT removal efficiency 21,97% higher than KA. The optimum conditions were obtained to the following: 1000 ppm initial dye concentration and 45 minutes contact time. The equilibrium data of KA and KAS was evaluated using Langmuir and Freundlich isotherm, the results showed that the Langmuir model best describes the uptake of EBT dye onto KA and KAS, which indicates that adsorption of EBT dye is monolayer. The kinetic data were analyzed using pseudo-first order and pseudo-second order, the results showed that pseudo-second order exhibited the best fit for the kinetic studies, which implies that adsorption of EBT is limited by chemisorption process.

Keyword: SDS, EBT, activated carbon modification, adsorption, salacca peel

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zat warna organik secara luas digunakan pada berbagai industri tekstil, kertas, pupuk, cat, dan pigmen. Limbah zat warna dalam konsentrasi tinggi yang dilepaskan dari aktivitas industri tersebut secara serius menyebabkan pencemaran air (Qadri dkk., 2009). Molekul zat warna terdiri dari gugus kromofor dan auksokrom, dimana zat gugus kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna dengan serat (Saba dkk., 2016). *Eriochrome Black-T* (EBT) adalah salah satu zat warna azo yang penting digunakan dalam pencelupan sutra, wol, nilon, dan multifibers. Zat warna azo mengandung satu atau lebih ikatan azo ($-N=N-$) yang merupakan salah satu jenis gugus kromofor. Zat warna azo ini merupakan zat warna yang diaplikasikan secara komersial sekitar 70% dalam industri di seluruh dunia (Benkhayan dkk., 2017).

Sebagian besar zat warna yang digunakan dalam industri bersifat beracun, karsinogenik, dan teratogenik (Qadri, 2009). *Eriochrome Black T* bersifat karsinogenik dan dapat menimbulkan alergi, iritasi kulit, kerusakan ginjal, hati, otak, reproduksi, dan sistem syaraf (Zein dkk., 2015). *Eriochrome Black T* sulit dihilangkan karena sifatnya yang stabil terhadap cahaya, temperatur, dan serangan mikroba (Barka dkk., 2011). Sehingga diperlukan penanganan agar limbah *Eriochrome Black T* tidak mencemari perairan yang digunakan masyarakat.

Terdapat beberapa metode kimia dan fisika untuk menghilangkan zat warna dari air limbah. Proses adsorpsi adalah salah satu metode yang efektif, terjangkau, dan mudah dioperasikan dan telah berhasil digunakan untuk menghilangkan zat warna dari air limbah (Barka dkk., 2011). Karbon aktif merupakan adsorben yang telah digunakan secara luas untuk adsorpsi polutan organik dan anorganik dalam pengolahan air (Dąbrowski dkk., 2005). Saat ini penggunaan adsorben alami yang berasal dari tumbuhan maupun hewan sedang berkembang, umumnya adalah limbah organik seperti limbah tanaman padi,

pisang, jagung dan lain-lain. Bahan tersebut mudah diperoleh, ramah lingkungan, memiliki efisiensi tinggi, dan penggunaannya sebagai adsorben dapat mengurangi limbah padat organik yang ada (Zein dkk., 2015). Karakteristik adsorpsi karbon aktif dapat dimodifikasi melalui perlakuan fisika maupun kimia untuk meningkatkan daya adsorpsi terhadap kontaminan. Modifikasi secara kimia menggunakan asam atau basa dan penambahan material lain (Yin dkk., 2007). Karbon aktif termodifikasi surfaktan secara umum lebih baik dibanding karbon aktif tidak termodifikasi dalam proses adsorpsi kation maupun anion dalam kondisi percobaan yang sama (Ntakirutimana, 2019).

Kulit salak merupakan bahan yang potensial untuk dijadikan adsorben. Salak merupakan tanaman asli Indonesia dan buahnya mudah dijumpai hampir di seluruh daerah Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) produksi buah salak di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 896.504 ton dengan jumlah tanaman 38.024.008 batang. Keberadaan salak sangat berlimpah di Kabupaten Sleman, namun ketika masa panen tiba harga salak bisa turun drastis bahkan tidak sebanding dengan biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan dan perawatan. Saat ini sudah banyak masyarakat yang mengolah buah salak menjadi berbagai macam produk olahan pangan untuk mengatasi rendahnya harga salak. Bagian buah salak yang diproses yaitu dagingnya saja, sehingga menyisakan biji dan kulitnya yang jarang dimanfaatkan. Karena jumlah kulit salak yang melimpah di Indonesia, maka kulit salak dapat dianggap sebagai prekursor yang murah dan terbarukan untuk pembuatan karbon aktif.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi karbon aktif dari kulit salak dengan surfaktan *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS). Mengingat ketersediaan buah salak di Indonesia cukup besar. Karbon aktif yang dihasilkan ini akan digunakan sebagai adsorben zat warna *Eriochrome Black T* sebagai salah satu zat warna yang digunakan dalam berbagai industri dan bersifat stabil di lingkungan sehingga tidak mudah terdegradasi

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik karbon aktif dari kulit salak dengan modifikasi surfaktan SDS?
2. Bagaimana pengaruh modifikasi surfaktan terhadap karbon aktif untuk adsorpsi zat warna EBT?
3. Bagaimana pengaruh adsorpsi dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi terhadap penurunan konsentrasi limbah zat warna EBT?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik karbon aktif dari kulit salak dengan modifikasi surfaktan SDS
2. Mengetahui pengaruh modifikasi surfaktan terhadap karbon aktif untuk adsorpsi zat warna EBT
3. Mengetahui pengaruh adsorpsi dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi terhadap penurunan konsentrasi limbah zat warna EBT

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut :

1. Teknik ini diharapkan dapat memberika alternatif teknologi yang sederhana dan mudah pengaplikasiannya dalam adsorsi zat warna EBT pada limbah cair
2. Untuk memberikan data dan informasi tentang pengaruh modifikasi karbon aktif dengan surfaktan untuk adsorpsi zat warna azo.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pemanfaatan karbon aktif untuk menghilangkan zat warna yang digunakan pada industri dari air limbah telah menjadi objek penelitian beberapa peneliti. Karbon aktif digunakan secara luas pada aplikasi yang berbeda dan merupakan material penting untuk menghilangkan polutan beracun dalam air (Sweetman dkk., 2017). Penelitian tentang karbon aktif dari limbah pertanian yang terbarukan menjadi perhatian di seluruh dunia karena biayanya yang rendah dan keberadaannya yang melimpah (Silva dkk., 2011).

Salak termasuk dalam angiospermae yaitu tumbuhan berbiji tertutup. Tumbuhan biji tertutup memiliki struktur dinding sel yang kaku yang tersusun dari senyawa selulosa. Selulosa adalah komponen struktur utama pada dinding sel tumbuhan dan senyawa yang paling berlimpah. Selulosa merupakan senyawa penting yang tidak dapat larut dan dapat didegradasi oleh enzim menjadi beberapa unit glukosa dan biasanya dihidrolisis dengan menggunakan asam kuat. Selulosa merupakan polisakarida struktural yang berfungsi untuk memberikan perlindungan, bentuk, dan penyangga terhadap sel, dan jaringan (Suskindriyati, 2000). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa limbah pertanian yang mengandung selulosa dapat diolah lebih lanjut sebagai adsorben dan diharapkan mampu meningkatkan nilai tambah limbah pertanian. Kulit salak mudah diperoleh dan mengandung selulosa yang berpotensi digunakan sebagai adsorben karena adanya gugus OH yang dapat berinteraksi dengan adsorbat (Wijayanti dan Laksono., 2017).

Karbon aktif adalah adsorben yang sangat baik karena memiliki luas permukaan dan porositas yang besar (Rivera dkk., 2011). Struktur pori-pori karbon aktif dikembangkan selama proses aktivasi dimana terjadi reaksi antara karbon dan aktivator. Agen aktivator yang dapat digunakan berupa asam, basa, dan bahan lain dalam aliran gas pengaktif seperti uap (H_2O), nitrogen (N_2), atau karbon dioksida (CO_2) (Baker dkk., 1992).

Beberapa penelitian terkait tentang pembuatan karbon aktif dari kulit salak telah dilakukan menggunakan agen aktivasi yang umum digunakan seperti KOH, ZnCl_2 , K_2CO_3 , dan H_3PO_4 . Diantara aktivator tersebut, KOH memberikan hasil yang terbaik (Vincent dkk., 2015). Senyawa KOH sebagai aktivator memiliki beberapa kelebihan diantaranya menghasilkan karbon aktif dengan pori-pori yang didominasi dengan ukuran mikropor, dimana mesopor dan mikropor merupakan ukuran adsorben yang efektif untuk proses adsorpsi. Aktivasi dengan KOH juga menghasilkan tar sebagai produk samping yang lebih sedikit (Marsh dan Rodriguez-Reinoso., 2006). Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini digunakan aktivator KOH untuk aktivasi karbon aktif dari kulit salak.

Modifikasi permukaan karbon aktif dengan surfaktan banyak digunakan untuk meningkatkan penghilangan kontaminan (Sweetman dkk., 2017). Surfaktan memiliki struktur amphifilik dimana mengandung kedua gugus hidrofobik dan hidrofilik. Sehingga surfaktan dapat mengadsorb berbagai polutan seperti ion logam berat dan molekul organik, dimana modifikasi karbon aktif dengan surfaktan kationik akan membuat muatan permukaan menjadi positif dan menggunakan surfaktan anionik akan membuat muatan permukaan menjadi negatif (Tang dkk., 2014; Ahn dkk., 2009; Flores dkk., 2017; Gamba dkk., 2017). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa modifikasi karbon aktif dengan surfaktan dapat memberi pengaruh terhadap adsorpsi polutan. Sebagai contoh, karbon aktif yang dimodifikasi dengan tetrabutyl ammonium dan sodium diethyl dithiocarbamate menunjukkan hasil yang jauh lebih baik dalam mengadsorb tembaga, besi, krom and sianida dibandingkan dengan karbon aktif yang tidak dimodifikasi (Monser and Adhoum., 2002). Modifikasi karbon aktif dengan surfaktan *sodium dodecyl sulfate* (SDS) meningkatkan adsorpsi zat warna biru metilen dari larutan cair (Que dkk., 2018).

Lee dkk (2018) melakukan modifikasi karbon aktif dengan anionik surfaktan untuk adsorpsi ion ammonium dari larutan. Surfaktan yang digunakan yaitu *sodium dodecyl sulfate* (SDS), *sodium dodecyl benzene sulfonate* (SDBS), dan *sodium octanoate* (SO). Hasilnya menunjukkan SDS adalah surfaktan yang

paling besar jumlahnya dapat berikatan pada permukaan karbon aktif. Modifikasi karbon aktif meningkatkan adsorpsi ammonium. Diantara ketiga surfaktan tersebut modifikasi dengan SDS menunjukkan efisiensi penghilangan ammonium dan kapasitas adsorpsi maksimal tertinggi.

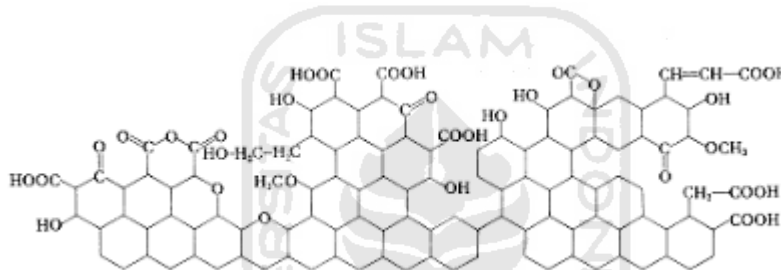


BAB III

DASAR TEORI

3.1 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada temperatur tinggi (Chand dkk., 2005). Beberapa limbah hasil pertanian seperti jerami padi, jerami gandum, kulit kacang, bambu dan serabut kelapa dapat dimanfaatkan menjadi produk karbon aktif dan telah dikaji secara mendalam dengan berbagai prosedur yang berbeda (Lartey, 1999).



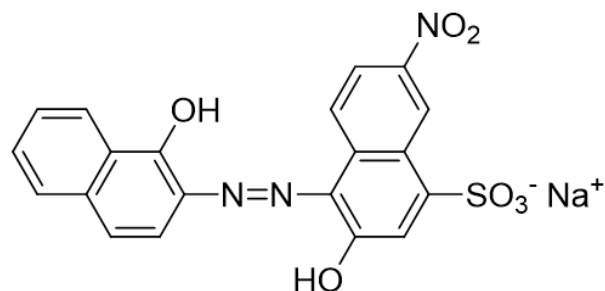
Gambar 1. Struktur karbon aktif

Struktur karbon aktif disajikan pada Gambar 1. Karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat secara kimiawi dengan berbagai gugus fungsi seperti karbonil, fenol, karboksil, *lakton*, *quinon*, dan gugus eter. Gugus fungsional tersebut terbentuk selama proses aktivasi oleh interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Adanya gugus fungsional membuat permukaan karbon aktif reaktif secara kimiawi.

Arang aktif biasanya disebut karbon aktif yang dapat menyerap beberapa jenis zat di dalam cairan ataupun gas. Arang aktif dapat digunakan sebagai bahan penjernih ataupun untuk menghilangkan bau busuk. Pada arang aktif terdapat banyak pori berukuran nano hingga mikrometer. Sedemikian banyaknya pori sehingga dalam satu gram arang aktif bila semua dinding rongga pori

direntangkan, luas permukaannya dapat mencapai ratusan hingga ribuan meter persegi (Syauqiyah, 2011).

3.2 Eriochrome Black T (EBT)



Gambar 2. Struktur EBT

Eriochrome Black T (EBT) merupakan kelompok pewarna azo yang berarti mengandung satu atau lebih gugus azo ($-N=N-$) yang bertindak sebagai gugus kromofor (Laurentmitt dkk., 1994). Adanya gugus kromofor dan struktur aromatik mengakibatkan pewarna azo sebagian besar sulit terdegradasi, tahan terhadap zat pengoksidasi dan cahaya, dan saat kondisi anaerobik, senyawa mudah tereduksi menjadi amina aromatik yang dapat berpotensi menyebabkan kanker (Mittal dan Gupta., 2010). Senyawa EBT ini bila terdegradasi dapat menghasilkan senyawa berbahaya seperti nitrogen oksida, karbon monoksida, karbon dioksida, sulfur oksida (Kumar dkk., 2013) dan naftokuinon yang bersifat karsinogenik, selain itu EBT juga tahan terhadap biodegradasi oksidatif (Moeinpour dkk., 2014).

3.3 Salak

Salak (*Salaca edulis*) adalah tanaman asli Indonesia, termasuk famili Palmae serumpun dengan kelapa, kelapa sawit, aren (enau), palem, pakis yang bercabang rendah dan tegak (Adhitama dan Deny., 2007). Buah Salak terdiri dari tiga bagian, yaitu kulit luar, kulit dalam, daging buah dan biji. Buah salak dikenal juga sebagai snakefruit karena kulit buahnya yang menyerupai kulit ular. Salak merupakan tumbuhan yang tumbuh di hutan primer basah dan di rawa-rawa. Kulit salak memiliki tekstur yang bersisik gepeng. Selama ini salak dianggap sebagai

buah yang hanya dapat dikonsumsi sebagai makanan sehingga kulit buah salak hanya menjadi limbah dan tidak banyak dimanfaatkan (Fitriya dkk., 2000).



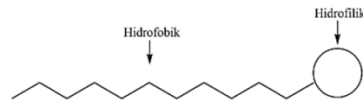
Gambar 3. Buah salak

Salak termasuk dalam angiospermae yaitu tumbuhan berbiji tertutup. Tumbuhan biji tertutup memiliki struktur dinding sel yang kaku yang tersusun dari senyawa selulosa. Selulosa adalah komponen struktur utama pada dinding sel tumbuhan dan senyawa yang paling berlimpah. Selulosa merupakan senyawa penting yang tidak dapat larut dan dapat didegradasi oleh enzim menjadi beberapa unit glukosa dan biasanya dihidrolisis dengan menggunakan asam kuat. Selulosa merupakan polisakarida struktural yang berfungsi untuk memberikan perlindungan, bentuk, dan penyangga terhadap sel, dan jaringan (Suskendriyati, 2000).

3.4 Surfaktan

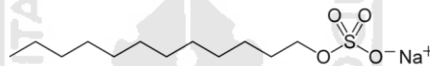
Surfaktan atau *surface active agent* adalah molekul-molekul yang mengandung gugus hidrofilik (suka air) dan lipofilik (suka minyak/lemak) pada molekul yang sama (Sheat dan Foster., 1997). Surfaktan terbagi menjadi dua bagian yaitu kepala dan ekor. Gugus hidrofilik berada di bagian kepala (polar) dan lipofilik di bagian ekor (non polar) (Gambar 3). Bagian polar molekul surfaktan dapat bermuatan positif, negatif atau netral. Umumnya bagian non polar (lipofilik) adalah merupakan rantai alkil yang panjang, sementara bagian yang polar

(hidrofilik) mengandung gugus hidroksil. Molekul surfaktan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur umum surfaktan

Surfaktan dapat diklasifikasi ke dalam empat kelompok menurut gugus hidrofilik, yaitu anionik (bermuatan negatif), nonionik (tidak bermuatan), kationik (bermuatan positif) dan zwitterionik atau disebut juga surfaktan amfoter (bermuatan positif dan negatif) (Yu dkk., 2008).



Gambar 5. Struktur SDS

Surfaktan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS). *Sodium Dodecyl Sulfate* (SDS) merupakan surfaktan anionik dengan rumus molekul $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{SO}_4\text{Na}$. Bagian ekor struktur atau hidrofobiknya merupakan rantai hidrokarbon dengan 12 atom karbon dan mengikat gugus sulfat pada bagian kepala struktur yang bersifat anionik, sehingga surfaktan ini memiliki sifat amfifilik yang memungkinkan untuk membentuk misel (Ash dan Ash., 2004).

Setiap surfaktan memiliki konsentrasi kritis misel (CMC) masing-masing. Konsentrasi kritis misel (CMC) menunjukkan batas konsentrasi kritis surfaktan dalam suatu larutan dimana surfaktan membentuk misel. Surfaktan memiliki sifat atau karakteristik yang berbeda dalam larutan berair ketika berada sebagai monomer dengan ketika mencapai konsentrasi kritis miselnya. Berdasarkan hal tersebut maka CMC dapat ditentukan dengan mengamati karakteristik surfaktan dalam larutan seperti tegangan permukaan, konduktivitas, atau tekanan osmotik larutan (McDonald, 1978).

3.5 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses terjerapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan adsorben. Mekanisme penyerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu, jerapan secara fisika (fisisorpsi) dan jerapan secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisisorpsi gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya Van der Waals. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol (Castellan, 1982). Sedangkan pada proses adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi setelah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia dan cenderung mencari tempat yang memaksimumkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins, 1999). Mekanisme proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben secara kimia dan fisika.

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi, dimana fluida terserap oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan. Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat adalah substansi yang terjerap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon.

a. Isoterm adsorpsi

Hubungan antara konsentrasi adsorbat dalam fase fluida dan konsentrasi di dalam partikel adsorben digambarkan oleh isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi adalah fungsi konsentrasi zat terlarut yang terjerap pada padatan terhadap

konsentrasi larutan. Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi suatu adsorben. Isoterm adsorpsi terdiri dari beberapa tipe, yaitu isoterm Langmuir, Freundlich, dan BET (Brunauer, Emmet, dan Teller). Adsorpsi fase cair-padat pada umumnya mengikuti tipe isoterm Langmuir dan Freundlich (Atkins, 1999).

Model isoterm Langmuir merupakan proses adsorpsi yang terjadi secara monolayer, dimana permukaan adsorben dapat mengikat adsorbat dengan ikatan kimia yang sangat kuat. Adsorpsi ini berdasarkan asumsi bahwa laju adsorpsi bergantung pada sifat pelarut dan porositas adsorben, faktor ukuran dan struktur molekul, situs pada permukaan yang homogen dan adsorpsi terjadi secara monolayer. Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir tersebut dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut.

$$q_e = \frac{Q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e}$$

Dimana :

Q_e = Jumlah adsorbat yang terserap (mg/g)

C_e = Konsentrasi setimbang adsorbat (mg/L)

Q_m = Konstanta Langmuir berdasarkan kapasitas adsorpsi (mg/g)

K_L = Konstanta Langmuir berdasarkan energi adsorpsi

Isoterm Freundlich menunjukkan bahwa proses adsorpsi terjadi secara fisisorpsi *multilayer*, yaitu adsorpsi terjadi pada banyak lapisan dimana adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben adalah *multilayer*. Fisisorpsi adalah adsorpsi yang hanya melibatkan gaya intermolekul dengan ikatannya yang lemah (Husin dan Rosnelly., 2005). Isoterm adsorpsi Freundlich dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut.

$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n}$$

Dimana :

Q_e = Jumlah adsorbat yang terserap (mg/g)

C_e = Konsentrasi setimbang adsorbat (mg/L)

K_f & n = Konstanta empiris

b. Kinetika adsorpsi

Kinetika adsorpsi memberikan gambaran tentang kecepatan (laju) reaksi yang diperoleh dari perubahan konsentrasi reaktan dalam suatu satuan waktu pada persamaan reaksi kimia yang mengalami kesetimbangan. Analisa kinetika didasarkan pada kinetika pseudo orde satu dan pseudo orde dua untuk memahami dinamika yang terjadi pada proses adsorpsi. Persamaan differensial untuk kinetika pseudo orde satu (Buhani dkk., 2010), sebagai berikut :

$$\frac{dq_t}{dt} = k(q_e - q_t)$$

Dimana :

q_e = jumlah EBT yang teradsorpsi (mg/g)

q_t = jumlah EBT yang teradsorpsi pada saat waktu tertentu (mg/g)

t = waktu (menit)

k = tetapan laju pseudo orde (min^{-1})

persamaan tersebut dapat diintegrasikan menghasilkan persamaan sebagai berikut.

$$\log \frac{q_e}{q_e - q_t} = \frac{k_1}{2,303} t$$

Dari persamaan diatas, persamaan pseudo orde satu dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t$$

Sedangkan untuk persamaan pseudo orde dua memiliki persamaan differensial sebagai berikut.

$$\frac{dqt}{dt} = k(qe - qt)^2$$

persamaan tersebut dapat diintegrasikan menghasilkan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{1}{qe - qt} = \frac{1}{qe} + kt$$

Dari persamaan diatas, persamaan pseudo orde satu dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$\frac{1}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} t$$

3.6 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri merupakan salah satu metode dalam kimia analisis yang dapat digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Sedangkan peralatan yang digunakan dalam spektrofotometri disebut spektrofotometer.

Spektrofotometri UV-Vis adalah anggota teknik analisis spektroskopi memakai sumber radiasi elektromagnetik ultra violet dekat (190-380 nm) dan sinar tampak (380-780 nm) dengan memakai instrumen spektrofotometer (Mulja dan Suharman., 1995).

Prinsip kerja Spektrofotometer UV-Vis yaitu apabila cahaya monokromatik melalui suatu media (larutan), maka sebagian cahaya tersebut diserap, sebagian dipantulkan, dan sebagian lagi dipancarkan. Aplikasi rumus tersebut dalam pengukuran kuantitatif dilaksanakan dengan cara komparatif menggunakan kurva kalibrasi dari hubungan konsentrasi deret larutan alat untuk analisa suatu unsur yang berkadar rendah baik secara kuantitatif maupun secara kualitatif, pada penentuan secara kualitatif berdasarkan puncak-puncak yang

dihasilkan spektrum dari suatu unsur tertentu pada panjang gelombang tertentu, sedangkan penentuan secara kuantitatif berdasarkan nilai absorbansi yang dihasilkan dari spektrum dengan adanya senyawa pengompleks sesuai unsur yang dianalisisnya. Adapun yang melandasi pengukuran spektrofotometer ini dalam penggunaannya adalah hukum Lambert-Beer yaitu bila suatu cahaya monokromatis dilewatkan melalui suatu media yang digunakan berdasarkan persamaan berikut :

$$A = \log I/I_0 \text{ atau } A = a.b.c$$

Dimana A = absorbansi

a = koefisien serapan molar

b = tebal media cuplikan yang dilewati sinar

c = konsentrasi unsur dalam larutan cuplikan

I_0 = intensitas sinar mula-mula

I = intensitas sinar yang diteruskan

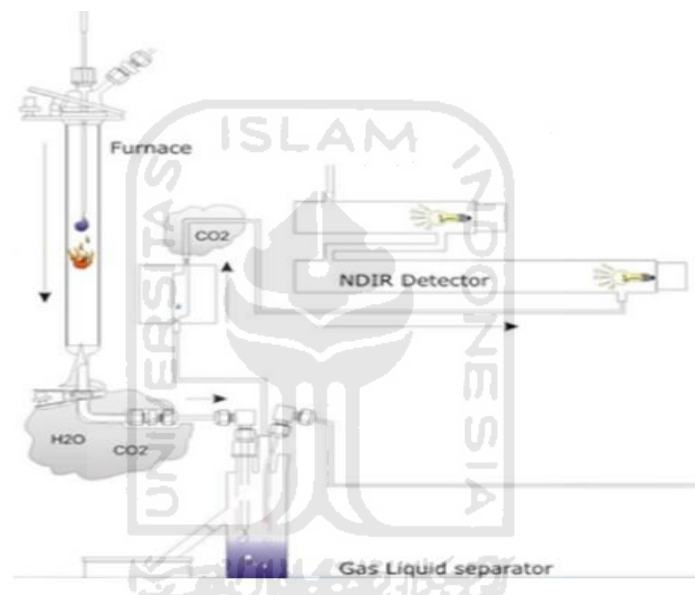
Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day dan Underwood., 1999).

3.7 Total Organic Carbon

Karbon yang terkandung dalam media terdiri dari dua jenis, yaitu karbon anorganik (IC) dan karbon organik (OC). Sistem pengukuran karbon yang ada hingga saat ini adalah dengan merubah karbon menjadi CO_2 (Jamaluddin dkk., 2018).

TOC adalah ukuran dari konsentrasi karbon yang terikat atau terkandung dalam senyawa organik. Pengukuran TOC dengan TOC *analyzer* secara umum dilakukan melalui 3 tahap, yaitu asidifikasi, oksidasi, dan deteksi/kuantifikasi. Tahap asidifikasi yaitu sampel diasamkan terlebih dahulu untuk mengubah karbonat anorganik dan senyawa hidrogen karbonat menjadi karbondioksida,

selanjutnya CO_2 terlarut dikeluarkan dari dengan aliran gas pembawa. Pada tahap oksidasi senyawa karbon organik yang tersisa diubah menjadi CO_2 melalui *Hight Temperature Catalytic Oxidation* (HTCO), yaitu proses otomatis menyuntikkan sampel ke sebuah katalis pada 680°C . Konsentrasi CO_2 yang dihasilkan diukur dengan detektor *Non-Dispersive Infrared* (NDIR). NDIR merupakan metode analisis praktis bebas gangguan untuk mendeteksi CO_2 dalam analisis TOC yang dilakukan secara langsung. Detektor NDIR memberikan hasil yang presisi dengan *range* pengukuran yang lebar.



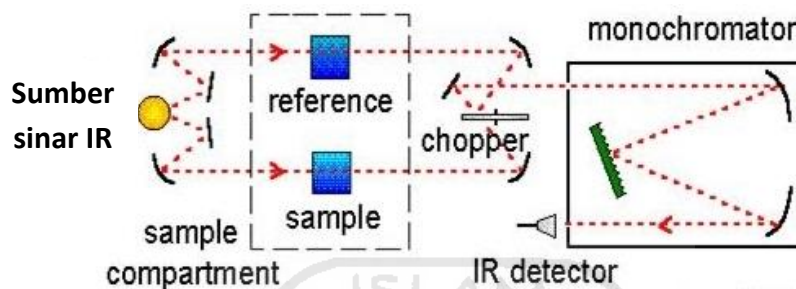
Gambar 6. Skema alat TOC Analyzer

Prinsip pengukuran TOC yaitu senyawa karbon organik dioksidasi dengan pembakaran menjadi karbon dioksida. Kemudian CO_2 diangkut oleh gas pembawa, didinginkan, dilembabkan, dan dilewatkan melalui sebuah halogen *scrubber* ke dalam sel detektor NDIR tempat CO_2 terdeteksi. Selanjutnya NDIR mengeluarkan sinyal deteksi yang berupa puncak.

3.8 Spektrofotometer IR

FT-IR (*Forier Transform Infra Red*) merupakan salah satu instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil

spektrumnya (Anam, 2007). Selain itu, masing-masing kelompok fungsional menyerap sinar inframerah pada frekuensi yang unik sehingga dapat digunakan untuk menganalisa senyawa organik dan anorganik serta analisa kualitatif dan analisa kuantitatif dengan melihat kekuatan absorpsi senyawa pada panjang gelombang tertentu (Hindrayawati, 2010; Mujiyanti dkk., 2010).



Gambar 7. Komponen spektrofotometer FTIR

Komponen spektrofotometer FTIR ditunjukkan pada Gambar 7 spektroskopi FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh (Giwangkara, 2006). Prinsip kerja FTIR berupa infrared yang melewati celah kesampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos menuju detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Universitas Islam Indonesia selama 2 bulan dimulai pada Januari 2020 – Maret 2020.

4.2 Alat dan Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit salak yang diperoleh di Turi, Sleman, Yogyakarta, dengan disortir terlebih dahulu, KOH 20% (Merck), HCl 1 M (Merck), SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*) (5 g/L dan 9 g/L) (Merck), akuades, indikator PP, NaOH 1 N (Merck), H₂SO₄ 1 N (Merck), zat warna EBT (*Eriochrom Black T*) (Merck).

Alat-alat yang digunakan meliputi : oven, neraca analitik, penyaring buchner, pH universal, ayakan 100 mesh, cawan porselen, lumpang dan mortar, *magnetic stirrer*, muffle furnace, kaca arloji, spatula, pengaduk, pipet volume (10 mL, 20 mL, dan 25 mL), pipet tetes, erlenmeyer 100 mL, gelas beker (100 dan 250 mL), *mechanical shaker*, spektrofotometer UV-Vis UH5300, FTIR (Nicolet Avatar 360 IR), TOC-V_{CSH} Shimadzu.

4.3 Cara Kerja

4.3.1 Karbonisasi

Kulit salak dicuci sampai bersih, dikeringkan dibawah sinar matahari selama 3 hari dan dipotong kecil. Setelah itu dikarbonisasi dalam furnace pada temperatur 300 °C selama 1 jam agar menjadi arang (Hartanto, 2010). Setelah proses karbonisasi selesai, arang kulit salak didinginkan dalam desikator selama ±30 menit. Karbon digerus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh agar dapat memiliki ukuran yang seragam (Alifaturrahma, 2017).

4.3.2 Aktivasi Karbon

Kemudian dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan larutan KOH (20%-b) yaitu sebanyak 173 gram arang kulit salak direndam dalam 751 mL KOH, kontak dilakukan selama 20 jam dan selanjutnya dikeringkan dalam oven 110 °C selama 24 jam. Setelah kering, karbon aktif dikarbonisasi akhir pada suhu 300 °C selama 1 jam, kemudian akan dicuci dengan HCl 1 M dan air demin hingga air pencucian mencapai pH 6-7 dan diakhiri dengan pengeringan dalam oven 110 °C selama 2 jam (Apecsiana, 2016).

4.3.3 Modifikasi Karbon Aktif

Karbon aktif dimodifikasi dengan agitasi dalam larutan surfaktan. Larutan surfaktan dibuat dengan melarutkan SDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*). Konsentrasi larutan surfaktan yang digunakan yaitu 9 g/L. Sebanyak 1 L larutan surfaktan ditambahkan 50 gram karbon aktif dan diagitasi 180 rpm selama 24 jam pada temperatur ruang menggunakan *mechanical shaker*. Karbon aktif kemudian dipisahkan dan dicuci menggunakan air distilat sebanyak 10 kali dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 60 °C semalaman (Lee dkk., 2018). Jumlah surfaktan yang terikat di karbon aktif ditentukan dengan TOC Analyzer dengan menghitung selisih konsentrasi TOC larutan surfaktan sebelum dan setelah dikontakkan dengan karbon aktif. Selain itu, karakterisasi material juga dilakukan dengan analisis FTIR guna mengobservasi gugus fungsi yang ada pada karbon aktif dan karbon aktif termodifikasi surfaktan.

4.3.4 Stabilitas Modifikasi Surfaktan

Karbon aktif termodifikasi sebanyak 50 gram ditambahkan ke dalam 1 L air suling kemudian diagitasi 180 rpm pada temperatur ruang selama 24 jam. Setelah itu fase cair disaring dan konsentrasi TOC larutan surfaktan dari filtrat ditentukan dengan TOC Analyzer. Banyaknya surfaktan yang terkandung dalam filtrat menggambarkan surfaktan yang terdesorpsi (Lee dkk., 2018).

4.3.5 Uji Isoterm

Uji isoterm adsorpsi dilakukan pada karbon aktif tidak termodifikasi dan karbon aktif termodifikasi surfaktan 9 g/L. Dalam percobaan, digunakan 10 mL larutan EBT dan adsorben sebanyak 0,04 gram. Variasi konsentrasi EBT yang digunakan yaitu 50, 75, 100, 150, 200 mg/L. Larutan zat warna diagitasi 260 rpm selama 15 menit. Setelah dipisahkan dengan adsorben, konsentrasi akhir zat warna dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dan kapasitas adsorpsi (q_e) dihitung dengan menentukan persamaan Freundlich and Langmuir (Fajarwati dkk., 2019).

4.3.6 Uji Kinetik

Eksperimen kinetik adsorpsi dilakukan pada karbon aktif tidak termodifikasi dan karbon aktif termodifikasi surfaktan 9 g/L. Pada percobaan, digunakan konsentrasi inisial EBT 1000 mg/L dan massa adsorben 0,04 g. Setiap sampel dari 10 mL larutan EBT diagitasi 260 rpm pada temperatur ruang selama proses adsorpsi. Lamanya proses adsorpsi divariasikan 5, 15, 30, 45, 60, 75 menit. Setelah dipisahkan dengan adsorben, konsentrasi akhir zat warna dianalisis dengan UV-Vis spektrofotometer dan kapasitas adsorpsi (q_e) dihitung dengan menentukan persamaan kinetik (Fajarwati dkk., 2019).

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

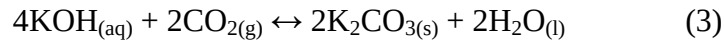
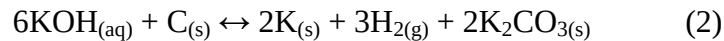
5.1 Karbonisasi

Proses pembuatan karbon aktif dari kulit salak dilakukan melalui tiga tahap, yaitu tahap dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Tahap dehidrasi dilakukan dengan menjemur kulit salak dibawah sinar matahari dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air yang terkandung di dalam kulit salak. Selanjutnya dilakukan tahap karbonisasi, yaitu kulit salak dipanaskan dalam furnace pada temperatur 300 °C selama 50 menit untuk menghasilkan karbon. Pada tahap ini terjadi proses pirolisis yaitu proses dekomposisi termal dimana unsur-unsur selain karbon seperti oksigen dan hidrogen dibebaskan dalam bentuk gas sehingga terbentuk struktur pori-pori. Proses pembentukan pori-pori ini kemudian ditingkatkan pada proses aktivasi. Massa akhir kulit salak setelah proses karbonisasi diperoleh sebanyak 53,68 gram dari massa kulit salak awal sebanyak 105,84 gram. Hasil dari proses karbonisasi kulit salak massa awal dibandingkan massa akhir memiliki *yields* sebesar 50,71%.

5.2 Aktivasi

Karbon yang terbentuk dari proses karbonisasi kemudian diaktivasi secara kimia. Aktivasi dilakukan menggunakan larutan KOH 20% dengan perbandingan massa karbon dan larutan KOH sebesar 1:4. Kontak dilakukan selama 20 jam agar proses berjalan maksimal. Selama proses aktivasi terjadi oksidasi dimana larutan KOH sebagai agen aktivasi akan mengoksidasi karbon sehingga bagian dalam karbon rusak dan terbentuk pori, akibatnya jumlah pori menjadi bertambah dan dari pori tersebut akan membentuk struktur baru (Manocha, 2003). Reaksi yang terjadi ketika pencampuran karbon dengan larutan KOH mengikuti persamaan 1, 2, dan 3.



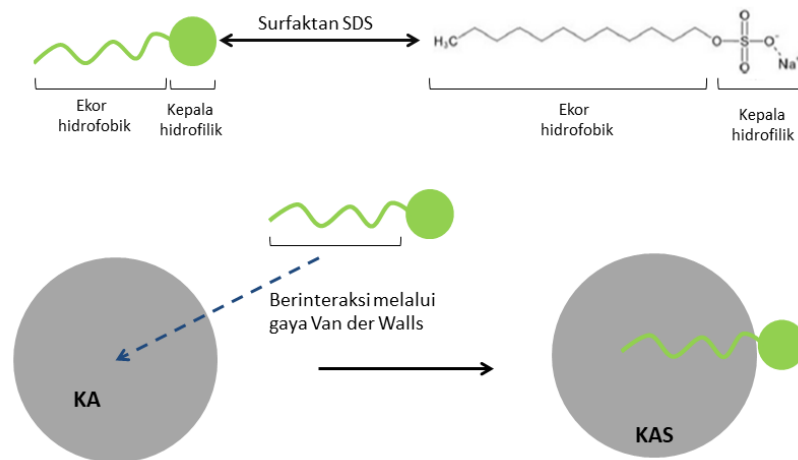


Pada permukaan karbon akan terjadi oksidasi parsial oleh unsur oksigen ketika KOH tersebar keseluruh permukaan karbon. Selanjutnya karbon akan bereaksi dengan oksigen menjadi CO₂ saat proses aktivasi berlangsung. Hal ini menyebabkan munculnya gelembung saat proses aktivasi dilakukan.

Karbon yang sudah direndam dengan larutan KOH kemudian dikeringkan dan dikarbonisasi akhir pada temperatur 300 °C selama 50 menit. Karbon kemudian dicuci dengan HCl 1 M untuk menetralkan. Pencucian dilakukan hingga air pencucian mencapai pH 6 sesuai dengan pH air yang digunakan untuk mencuci. Karbon yang sudah dinetralkan kemudian dikeringkan dengan oven.

5.3 Modifikasi Karbon Aktif

Karbon aktif dimodifikasi dengan surfaktan SDS menghasilkan karbon aktif termodifikasi. Modifikasi dilakukan dengan agitasi karbon aktif dalam larutan surfaktan seperti yang disarankan pada penelitian sebelumnya (Ahn dkk., 2009). Konsentrasi surfaktan yang digunakan 9 g/L mengacu pada metode dan hasil penelitian yang dilakukan oleh Lee dkk (2018). Konsentrasi tersebut juga dipilih untuk mencegah terbentuknya busa berlebih selama proses modifikasi karbon aktif. Konsentrasi surfaktan sangat penting karena pembentukan busa berlebih yang disebabkan oleh penambahan surfaktan dapat menghambat surfaktan terikat pada permukaan karbon, dimana akan lebih banyak surfaktan yang membentuk misel dibandingkan surfaktan yang berikatan pada permukaan karbon aktif (Bhardwaj dkk., 2012). Surfaktan akan berinteraksi dengan karbon aktif melalui gaya Van der Waals antara rantai hidrofobik surfaktan dengan permukaan non polar karbon aktif (Kuang dkk., 2020). Pada percobaan ini tidak terbentuk busa berlebih pada larutan saat proses modifikasi karbon aktif.



Gambar 8. Ilustrasi modifikasi karbon aktif dengan SDS

Efisiensi surfaktan yang terikat pada karbon aktif ditentukan untuk mengetahui gambaran jumlah surfaktan yang terikat pada karbon aktif. Efisiensi surfaktan yang terikat pada karbon dalam proses modifikasi diketahui 19,13%. Nilai tersebut diperoleh dari konsentrasi *Total Organic Carbon* (TOC) dari larutan surfaktan sebelum ditambahkan karbon 2624 mgTOC/L dibandingkan konsentrasi TOC larutan surfaktan setelah ditambahkan karbon 2122 mgTOC/L. Konsentrasi TOC larutan surfaktan diukur dengan TOC analyzer (TOC-V_{CSH}, Shimadzu).

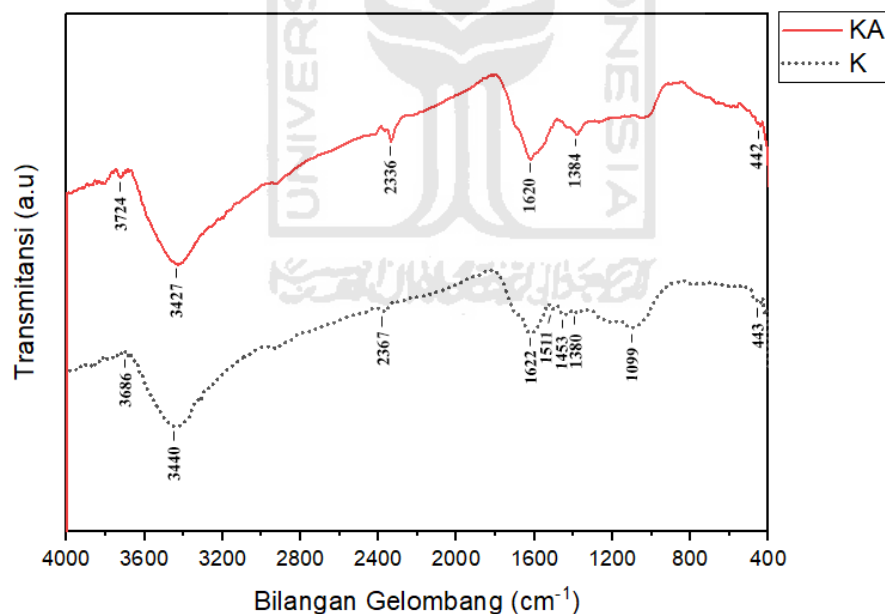
Efisiensi surfaktan yang terikat pada karbon aktif dipengaruhi oleh hidrofobisitas dalam rantai hidrokarbon dan konsentrasi surfaktan (Lee dkk., 2018). Nilai efisiensi yang diperoleh cukup rendah jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya tentang modifikasi karbon aktif dengan anionik surfaktan, namun konsentrasi surfaktan yang digunakan dibawah nilai CMC SDS (62,73 g/L). Sehingga seharusnya tidak ada efek kompetitif dari pembentukan misel pada proses modifikasi ini.

Berbeda dengan efisiensi surfaktan yang terikat pada karbon aktif, persentase desorpsi hanya dipengaruhi oleh hidrofobisitas untuk menentukan stabilitas surfaktan dalam modifikasi karbon aktif (Ahn dkk., 2009). Rasio desorpsi surfaktan diketahui 8,21%. Nilai tersebut diperoleh dari konsentrasi TOC larutan sisa rendaman karbon aktif termodifikasi dibandingkan dengan konsentrasi

TOC surfaktan awal yang terikat pada karbon aktif. Rasio desorpsi menunjukkan banyaknya surfaktan yang lepas dari karbon aktif selama proses aplikasi. Nilai tersebut penting diketahui untuk mencegah pelepasan surfaktan selama proses aplikasi sehingga dapat meminimalisir terbentuknya polusi sekunder dalam limbah.

5.4 Karakterisasi FTIR

Karakterisasi FTIR pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi yang terdapat pada karbon (K), karbon aktif (KA), dan karbon aktif termodifikasi (KAS). Spektra FTIR sampel K dan KA disajikan pada Gambar 9. Dapat diamati bahwa kedua sampel tersebut menunjukkan puncak serapan yang berbeda di wilayah sidik jari. Hal ini menunjukkan adanya transformasi karbon menjadi karbon aktif selama proses aktivasi.

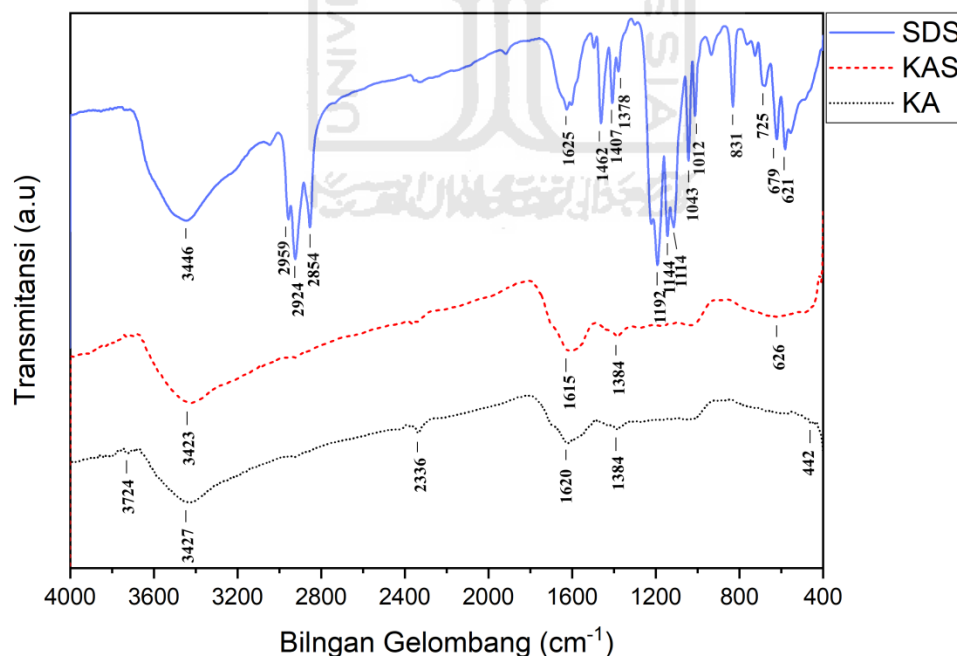


Gambar 9. Spektra FTIR karbon (K) dan karbon aktif (KA)

Dapat diamati pada spektra FTIR karbon dan karbon aktif terdapat pita serapan yang sama dan hanya mengalami sedikit pergeseran. Serapan pada 3724 cm^{-1} merupakan vibrasi OH dan serapan yang landai dan kuat pada 3427 cm^{-1} menunjukkan vibrasi -OH yang mengindikasikan adanya gugus -OH dalam

selulosa, hemiselulosa dan lignin (Sadaf dan Bhatti., 2014). Hal tersebut diperkuat dengan adanya pita serapan pada 1384 cm^{-1} yang merupakan vibrasi OH *bending*. Terdapat vibrasi gugus $\text{C}\equiv\text{C}$ yang ditunjukkan dengan adanya pita serapan pada panjang gelombang 2336 cm^{-1} . Adanya serapan pada 1620 cm^{-1} menunjukkan vibrasi $\text{C}=\text{C}$ alifatik yang merupakan bagian non polar yang akan berinteraksi dengan rantai hidrofobik surfaktan. Pita serapan pada 442 cm^{-1} merupakan vibrasi ikatan siloksan (Si-O).

Sementara itu dalam spektra FTIR terdapat pita serapan yang hilang pada karbon aktif dari karbon. Serapan yang hilang tersebut meliputi panjang gelombang 1511 cm^{-1} , 1452 cm^{-1} , dan 1099 cm^{-1} . Serapan pada 1511 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan $\text{C}=\text{C}$ cincin aromatik. Serapan pada bilangan gelombang 1452 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C-H. Serapan pada 1099 cm^{-1} , menunjukkan adanya vibrasi C-O dari OH sekunder yang memperkuat adanya gugus fungsi OH pada pita serapan 3440 cm^{-1} .



Gambar 10. Spektra FTIR karbon aktif (KA), karbon aktif termodifikasi (KAS), dan SDS

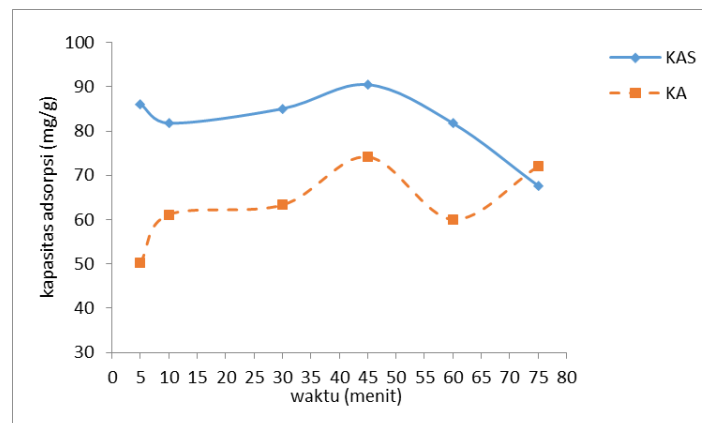
Spektra FTIR KA dan KAS disajikan pada Gambar 10. Karakterisasi FTIR ini dilakukan untuk mengidentifikasi apakah surfaktan terembankan pada permukaan karbon aktif setelah proses modifikasi dilakukan. Dapat diamati pada spektra FTIR tersebut terdapat pita serapan yang hilang pada KAS dari KA yaitu pada bilangan gelombang 3724 cm^{-1} , 2336 cm^{-1} , dan 442 cm^{-1} . Selain itu pita serapan hanya mengalami sedikit pergeseran dan intensitas yang lebih tinggi pada KAS, sehingga sulit untuk menentukan apakah surfaktan benar-benar terembankan pada permukaan karbon aktif atau tidak. Namun, terdapat pita serapan baru yang muncul pada KAS pada bilangan gelombang 626 cm^{-1} dimana serapan tersebut juga terdapat pada spektrum SDS murni. Serapan pada panjang gelombang 626 cm^{-1} merupakan vibrasi regang S-O. Pada KAS terdapat serapan seperti pada KA yang menunjukkan vibrasi C=C alifatik ditunjukkan pada bilangan gelombang 1615 cm^{-1} yang merupakan bagian non polar yang akan berinteraksi dengan zat warna anionik sehingga proses adsorpsi terjadi.

5.5 Aplikasi AC dan AC-SDS sebagai adsorben EBT

5.5.1 Penentuan waktu kontak optimum

Karbon aktif (KA) dan karbon aktif termodifikasi (KAS) yang telah dihasilkan kemudian dilakukan uji penentuan waktu optimum. Penentuan waktu optimum dilakukan dengan konsentrasi awal zat warna 1000 mg/L . waktu optimum merupakan waktu dimana adsorben dapat meyerap adsorbat pada konsentrasi maksimal.

Pada Gambar 11 terlihat proses adsorpsi larutan zat warna oleh KA dan KAS. Adsorpsi zat warna oleh KA pada waktu kontak awal yaitu 5 sampai 10 menit mengalami kenaikan, pada 10 sampai 30 menit stabil, dan mengalami kenaikan kembali pada waktu 30 sampai 45 menit.



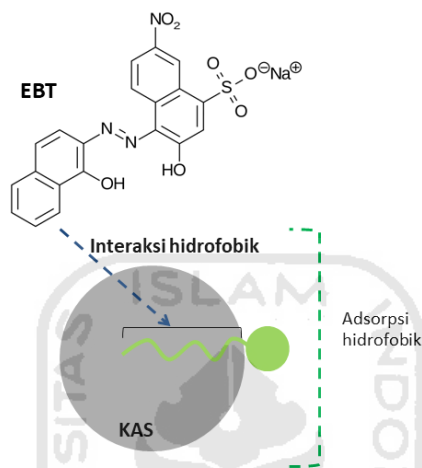
Gambar 11. Kurva penentuan waktu optimum KA dan KAS

Pada waktu kontak 45 menit KA mampu mengadsorpsi larutan zat warna EBT dengan jumlah maksimal yaitu 74,18 mg/g. Setelah itu kapasitas adsorpsi turun dan mengalami kenaikan kembali pada waktu kontak 60 sampai 80 menit. Hal ini mungkin disebabkan semakin lama waktu kontak maka permukaan yang kosong akan semakin berkurang sehingga kemampuan adsorben untuk menyerap molekul zat warna menurun, bersamaan dengan hal tersebut laju pelepasan kembali molekul zat warna meningkat hingga mencapai suatu kesetimbangan, dan permukaan yang kosong dapat terisi kembali oleh molekul zat warna (Tabak dkk., 2010).

Berbeda dengan KA, kapasitas adsorpsi KAS pada waktu kontak 5 sampai 10 menit mengalami penurunan. Kemudian pada waktu kontak 10 sampai 25 menit cenderung stabil dan setelah itu mengalami kenaikan sampai waktu 45 menit dimana KAS mampu mengadsorpsi larutan zat warna dengan jumlah maksimal yaitu 90,48 mg/g. Selanjutnya setelah 45 menit kapasitas adsorpsi terus mengalami penurunan.

Dapat disimpulkan bahwa baik KA dan KAS keduanya memiliki waktu optimum yang sama yaitu 45 menit. Namun kapasitas adsorpsi yang dihasilkan berbeda, dimana KAS memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar dibanding dengan KA pada waktu optimum.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa modifikasi karbon aktif dari kulit salak dengan surfaktan SDS meningkatkan kapasitas adsorpsi. SDS merupakan surfaktan anionik dan EBT merupakan zat warna anionik, adsorpsi zat warna EBT oleh karbon aktif termodifikasi SDS (KAS) didasarkan oleh interaksi hidrofobik antara gugus hidrofobik surfaktan dan gugus hidrofobik zat warna.



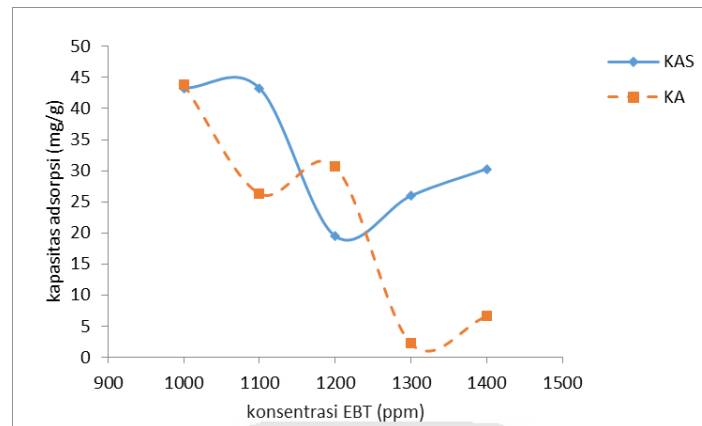
Gambar 12. Mekanisme adsorpsi EBT dengan KAS

Surfaktan memiliki kepala hidrofilik dan rantai ekor hidrofobik, sehingga interaksi ionik dan interaksi hidrofobik keduanya mungkin terlibat dalam proses adsorpsi, namun bagian hidrofobik surfaktan memiliki peran lebih penting dalam adsorpsi dibanding dengan gugus ionik. Sehingga konsentrasi surfaktan yang digunakan harus dipastikan dibawah nilai CMC surfaktan. Adsorpsi dapat meningkat secara signifikan dengan penambahan sedikit jumlah surfaktan anionik, namun penggunaannya di atas nilai CMC akan mengurangi kapasitas adsorpsi zat warna oleh karbon aktif termodifikasi.

5.5.2 Penentuan konsentrasi optimum

Konsentrasi optimum ditentukan untuk mengetahui besarnya konsentrasi optimum adsorbat yang dapat diadsorpsi adsorben. Penentuan konsentrasi optimum EBT pada penelitian ini dilakukan dengan variasi 1000, 1100, 1200, 1300, dan 1400 ppm. Data hasil adsorpsi yang diperoleh kemudian dibuat grafik

hubungan antara konsentrasi EBT dan persen adsorpsi seperti yang disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Kurva penentuan konsentrasi optimum KA dan KAS

Pada Gambar 13 secara umum menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi awal EBT maka persentase penyerapan EBT oleh KA maupun KAS semakin kecil. Hal ini mungkin disebabkan tidak tersedianya gugus aktif untuk mengikat EBT karena gugus aktif dan luas permukaan adsorben tidak sebanding dengan jumlah EBT yang ada dalam larutan.

Tabel 1. Data konsentrasi optimum

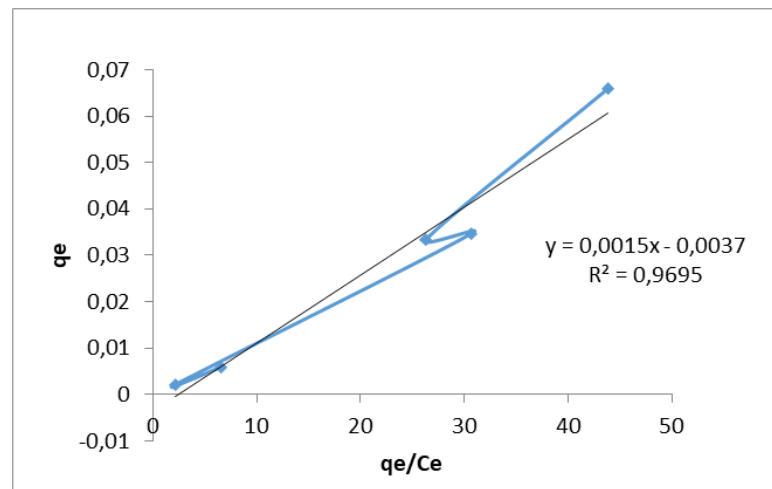
Sampel	Konsentrasi EBT (ppm)	% Adsorpsi	Co (ppm)	Ce (ppm)
AC	1000	20,8768	840,3508	664,9122
	1100	11,7878	892,9824	787,7192
	1200	12,1951	1007,0175	884,2105
	1300	0,8635	1015,7894	1007,0175
	1400	2,3291	1129,8245	1103,5087
AC-SDS	1000	19,2492	899,5670	726,4069
	1100	16,9635	1020,7792	847,6190
	1200	7,9716	977,4891	899,5670
	1300	10,0083	1038,0952	934,1991
	1400	10,5342	1150,6493j	1029,4372

Konsentrasi EBT optimum untuk adsorben KA maupun KAS terjadi pada konsentrasi 1000 ppm dengan % adsorpsi 20,8768 untuk KA dan 19,2492 untuk KAS. Hasil uji signifikansi terhadap kemampuan penyerapan kedua adsorben dengan Uji T menunjukkan untuk perbedaan konsentrasi dan perbedaan adsorben memiliki $p > 0,05$, yang berarti bahwa modifikasi adsorben dengan surfaktan SDS tidak memberikan perbedaan yang signifikan dalam penyerapan EBT.

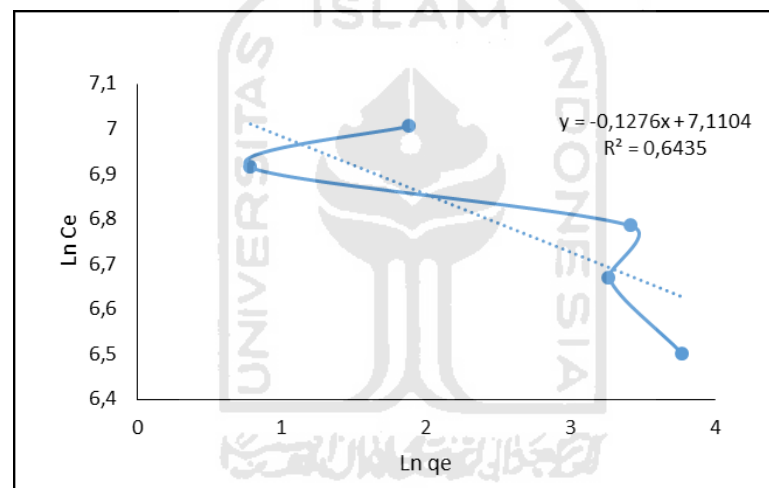
5.6 Isoterm Adsorpsi

Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi EBT dengan adsorben KAS. Isoterm freundlich dan langmuir merupakan tipe adsorpsi yang umum untuk adsorpsi fase cair-padat. Isoterm Langmuir dilakukan dengan cara membuat kurva hubungan q_e terhadap q_e/C_e dimana q_e merupakan banyaknya zat yang teradsorp dan C_e merupakan konsentrasi akhir yang diperoleh, sedangkan isoterm adsorpsi Freundlich dilakukan dengan membuat kurva hubungan $\ln C_e$ terhadap $\ln q_e$.

Isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich EBT dengan adsorben KA dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15. Linearitas kedua tipe isoterm adsorpsi KA adalah $R^2 = 0,9695$ untuk isoterm Langmuir dan $R^2 = 0,6435$ untuk isoterm Freundlich. Berdasarkan nilai linearitas yang dihasilkan kedua tipe isoterm tersebut dapat ditentukan bahwa adsorpsi EBT dengan KA mengikuti tipe isoterm Langmuir karena nilai linearitasnya lebih besar dibanding dengan linearitas isoterm Freundlich. Isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa adsorpsi yang melibatkan fase cair-padat berlangsung secara kimisorpsi, dimana material adsorbat teradsorp oleh adsorben akibat adanya interaksi kimia. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi secara monolayer dimana permukaan adsorben homogen dan hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul adsorbennya.

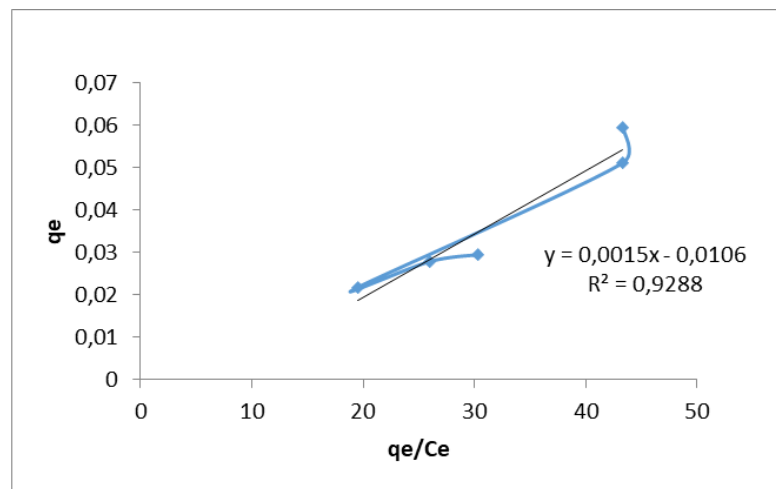


Gambar 14. Kurva isotherm Langmuir (KA)

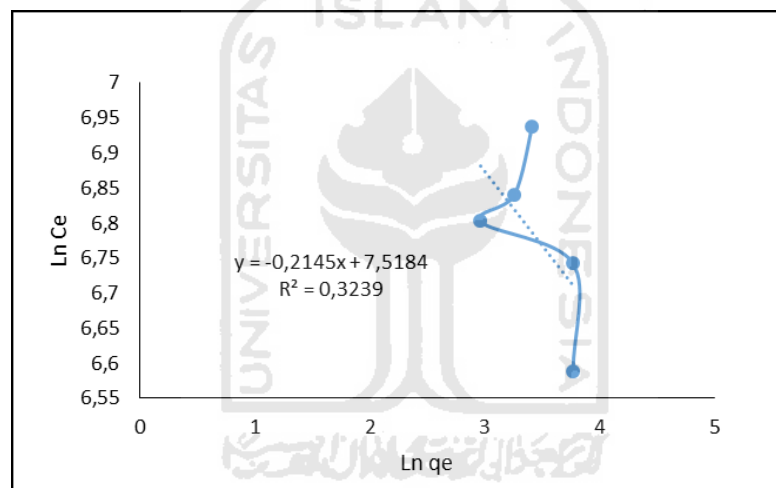


Gambar 15. Kurva isotherm Freundlich (KA)

Isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich EBT dengan adsorben KAS dapat dilihat pada Gambar 16 dan Gambar 17. Linearitas kedua tipe isotherm adsorpsi adalah $R^2 = 0,9288$ untuk isotherm Langmuir dan $R^2 = 0,3239$ untuk isotherm Freundlich. Isoterm Langmuir memiliki nilai linearitas yang lebih besar dibanding linearitas isotherm Freundlich, artinya adsorpsi EBT dengan KAS mengikuti tipe isotherm Langmuir.



Gambar 16. Kurva isoterm Langmuir (KAS)



Gambar 17. Kurva isoterm Freundlich (KAS)

Tabel 2. Perbandingan isoterm Langmuir dan Freundlich

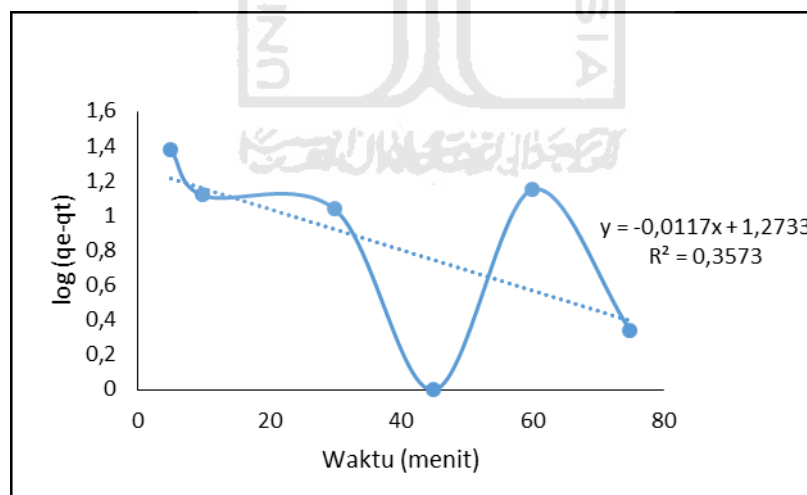
Adsorben	Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
	R^2	Q_m (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	K_f (mg/g)	N
AC	0,9695	-0,0037	666,6667	0,6435	1,9615	-7,8369
AC-SDS	0,9288	-0,0106	666,6667	0,3239	2,0173	-4,6620

Adsorpsi EBT dengan KA maupun KAS keduanya mengikuti tipe isoterm Langmuir. Nilai Q_m dari persamaan Langmuir menggambarkan kapasitas maksimal adsorpsi untuk membentuk lapisan *monolayer* sempurna pada permukaan adsorben. Nilai K_L merupakan konstanta afinitas yang menunjukkan kekuatan ikatan molekul adsorbat pada permukaan adsorben.

Nilai K_f dari persamaan Freundlich menggambarkan kapasitas adsorpsi dari adsorben dan nilai N menunjukkan intensitas adsorpsi. Nilai N yang dihasilkan negatif mengindikasikan tidak adanya keseimbangan diantara adsorben dan adsorbat.

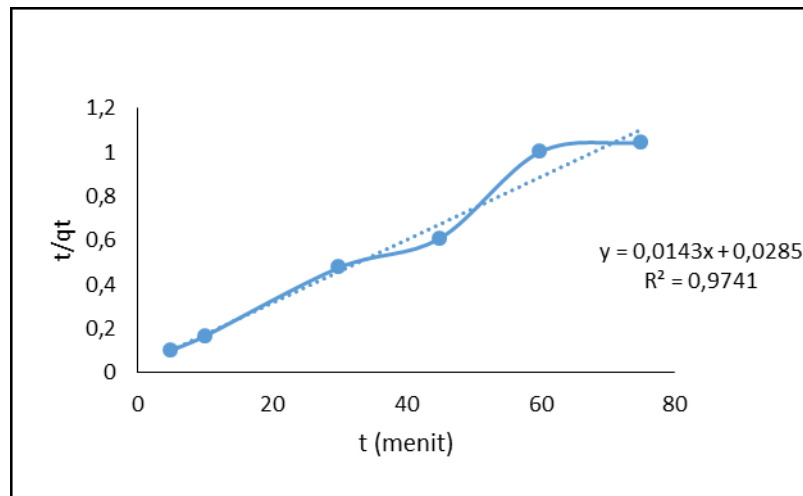
5.7 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui laju adsorpsi yang terjadi pada karbon terhadap zat warna yang dipengaruhi oleh waktu kontak. Kinetika adsorpsi EBT oleh KA dan KAS dievaluasi berdasarkan persamaan pseudo orde satu dan pseudo orde dua pada variasi waktu kontak mulai 5 sampai 75 menit.



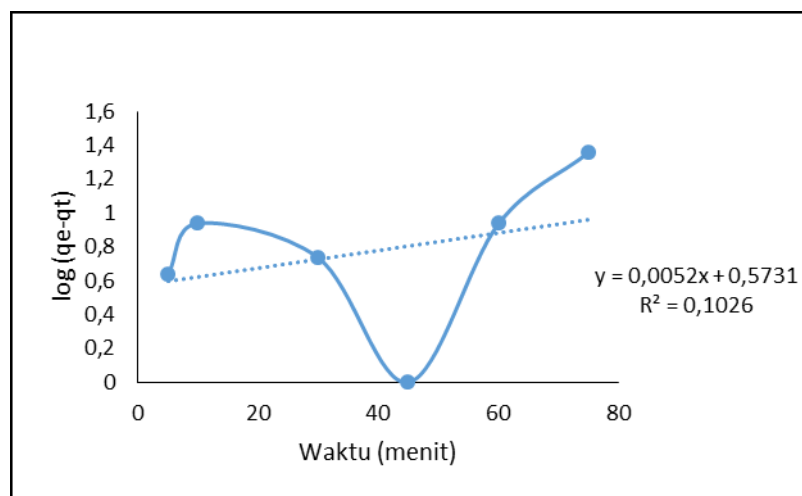
Gambar 18. Kurva kinetika pseudo orde 1 (KA)

Kinetika orde satu diperoleh dengan cara membuat kurva hubungan $\log(q_e - q_t)$ terhadap waktu, dimana $\log(q_e - q_t)$ merupakan log dari pengurangan jumlah EBT yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan dengan jumlah EBT yang teradsorpsi pada waktu tertentu.

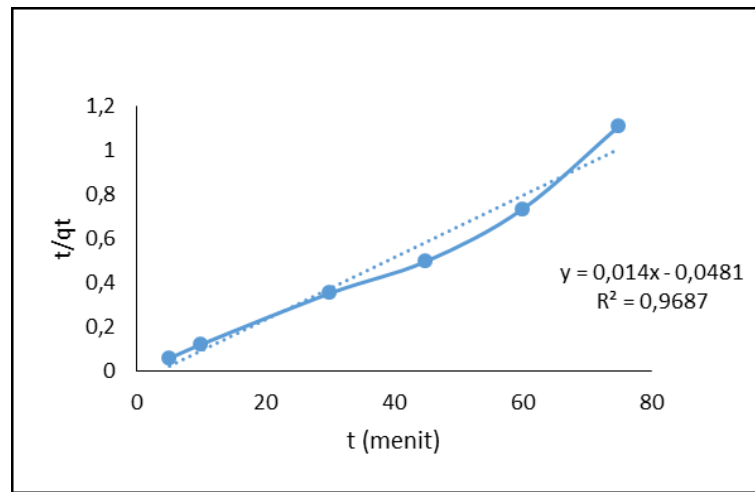


Gambar 19. Kurva kinetika pseudo orde 2 (KA)

Kurva kinetika orde satu dan orde dua untuk KA disajikan pada Gambar 18 dan Gambar 19. Kurva kinetika orde satu menunjukkan persamaan linear $y = -0,0117x + 1,2733$, dengan $R^2 = 0,3573$. Berdasarkan persamaan garis tersebut dapat diketahui nilai konstanta laju orde satu (K_1) yaitu $-0,0269 \text{ min}^{-1}$ dan jumlah EBT yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan (q_e) yaitu $18,7629 \text{ mg/g}$. Sedangkan kurva kinetika orde dua menunjukkan persamaan linear $y = 0,0143x + 0,0285$, dengan $R^2 = 0,9741$. Berdasarkan persamaan garis tersebut dapat diketahui nilai konstanta laju orde dua (K_2) yaitu $139,3711 \text{ g/mg.min}$ dan q_e sebesar $69,9330 \text{ mg/g}$.



Gambar 20. Kurva kinetika pseode orde 1 (KAS)



Gambar 21. Kurva kinetika pseudo orde 2 (KAS)

Gambar 20 dan Gambar 21 menunjukkan kurva kinetika pseudo orde satu dan dua KAS. Kurva kinetika orde satu menunjukkan persamaan linear $y = 0,0052x + 0,5731$, dengan $R^2 = 0,1026$. Berdasarkan persamaan garis tersebut dapat diketahui nilai K_1 yaitu $0,0119 \text{ min}^{-1}$ dan q_e yaitu $3,7419 \text{ mg/g}$. Sedangkan kurva kinetika orde dua menunjukkan persamaan linear $y = 0,014x - 0,0481$, dengan $R^2 = 0,96887$. Berdasarkan persamaan garis tersebut dapat diketahui nilai K_2 yaitu $245,4081 \text{ g/mg.min}$ dan q_e sebesar $71,4285 \text{ mg/g}$.

Tabel 3. Data kinetika adsorpsi sampel KA

Kinetika Adsorpsi Sampel KA					
Pseudo orde satu			Pseudo orde dua		
R^2	$K_1 (\text{min}^{-1})$	$q_e (\text{mg/g})$	R^2	$K_2 (\text{g/mg.min})$	$q_e (\text{mg/g})$
0,3573	-0,0269	18,7629	0,9741	0,0071	69,9330

Tabel 4. Data kinetika adsorpsi sampel KAS

Kinetika Adsorpsi Sampel KAS					
Orde satu			Orde kedua		
R^2	$K_1 (\text{min}^{-1})$	$q_e (\text{mg/g})$	R^2	$K_2 (\text{g/mg.min})$	$q_e (\text{mg/g})$
0,1026	0,0119	3,7419	0,96887	-0,0040	71,4285

Penentuan orde kinetika adsorpsi dilihat berdasarkan nilai R^2 yang mendekati satu. Pseudo orde dua untuk sampel KA dan sampel KAS menunjukan nilai R^2 yang lebih mendekati satu dibanding nilai R^2 pseudo orde pertama. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kinetika adsorpsi sampel KA dan KAS cenderung mengikuti kinetika pseudo orde dua. Model kinetika pseudo orde dua mengindikasikan bahwa proses adsorpsi EBT oleh adsorben terjadi dengan adanya proses kemisorpsi dan mekanisme adsorpsi yang terjadi yaitu reaksi tak balik (*irreversible*).



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa karbon aktif dari kulit salak berhasil dimodifikasi dengan surfaktan SDS. Hal tersebut dibuktikan dengan diperolehnya nilai efisiensi surfaktan terikat karbon aktif 19,13% dan diketahui nilai rasio desorpsinya adalah 8,21%. Hasil karakterisasi FTIR juga mendukung dengan adanya serapan baru dari KAS pada 626 cm^{-1} yang merupakan vibrasi regang S-O. Modifikasi karbon aktif dengan surfaktan meningkatkan daya adsorpsi karbon aktif. Kondisi optimum adsorpsi untuk KA maupun KAS yaitu pada waktu kontak 45 menit dan konsentrasi awal EBT 1000 ppm. Isoterm adsorpsi KA dan KAS mengikuti model isoterm Langmuir, sedangkan kinetika adsorpsi keduanya mengikuti pseudo orde dua.

6.2 Saran

Diperlukan karakterisasi lebih lanjut mengenai karbon aktif termodifikasi seperti dengan SEM dan analisis CHONS untuk mengetahui lebih pasti bahwa surfaktan yang digunakan benar-benar menempel pada permukaan karbon aktif yang dimodifikasi.

Penelitian lebih lanjut juga diperlukan guna mengetahui metode yang tepat untuk modifikasi karbon aktif dengan surfaktan untuk mendapatkan karbon aktif dengan daya adsorpsi yang lebih baik dan stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, C.K., Park, D., Woo, S.H., Park, J.M., 2009, Removal of Cationic Heavy Metal from Aqueous Solution by Activated Carbon Impregnated with Anionic Sur-factants, *Journal of Hazardous Materials*, 164, 1130-1136.
- Anam., Choirul., Sirojudin., 2007, Analisis Gugus Fungsi Pada Sampel Uji Bensin Dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR, *Berkala Fisika*, 1, 79 – 85.
- Ash, Michael., Ash, Irene., 2004, *Handbook of Preservatives*, Synapse Info Resources.
- Atkins, P.W., 1999, *Kimia Fisika*, Erlangga, Jakarta.
- Baker, F.S., Miller, C.E., Repik, A.J., Tolles, E.D., 1992, Activated carbon, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 4, 1015-1037.
- Barka, N., Abdennouri, M., Makhfouk., 2011, ME: Removal of Methylene Blue and Eriochrome Black T from aqueous solutions by biosorption on *Scolymus hispanicus* L.: Kinetics, equilibrium and thermodynamics, *J Taiwan Inst Chem E*, 42, 320–326.
- Benkhaya, S., Harfi, S. , Harfi, A., 2017, Classifications properties and applications of textile dyes : A review, *Appl. J. Environ, Eng. Sci*, 3, 311 - 320.
- Bhardwaj, D., Sharma, M., Sharma, P., Tomar, R., 2012, Synthesis and surfactant modification of clinoptilolite and montmorillonite for the removal of nitrate and preparation of slow release nitrogen fertilizer, *J. Hazard. Mater*, 227:292–300.

- Buhani, Narsito, Nuryono, dan E.S. Kuntari., 2009, Amino and Merkapto-Silika Hybrid for Cd (II) Adsorption in Aqueous Solution, *Indonesian Journal of Chemistry*, 9(2), 170-176.
- Castellan, G.W., 1982, *Physical Chemistry Third Edition*, General Graphic Services, New York.
- Chand, B., Roop., Goyal, M., 2005, *Activated Carbon Adsorption*, Lewis Publisher, United States of America.
- Dąbrowski, A., Podkościelny, P., Hubicki, Z., Barczak, M., 2005, Adsorption of phenolic compounds by activated carbon—a critical review, *Chemosphere*, 58, 1049–1070.
- Day, R.A. Jr., Underwood, A., 1999, *Analisis Kimia Kuantitatif*, Erlangga, Jakarta.
- Flores, F.M., Undabeytia, T., Morillo, E., Sánchez, R.M.T., 2017, Technological applications of organo-montmorillonites in the removal of pyrimethanil from water: adsorption/desorption and flocculation studies, *Environ. Sci. Pollut. Res*, 16, 14463–14476.
- Gamba, M., Olivelli, M., Lázaro-Martínez, J.M., Gaddi, G., Curutchet, G., Sánchez, R.M.T., 2017, Thiabendazole adsorption on montmorillonite, octadecyltrimethylammonium-and Acremonium sp.-loaded products and their copper complexes, *Chem. Eng. J*, 320, 11–21.
- Giwangkara, S.E.G., 2006, *Aplikasi Logika Syaraf Fuzzy Pada Analisis Sidik Jari Minyak Bumi Menggunakan Spektrofotometer Infra Merah - Transformasi Fourier (FT-IR)*, Sekolah Tinggi Energi dan Mineral, Cepu - Jawa Tengah.
- Jamaluddin., Septian, T., Maria., Emi,P., 2018, Prediksi TOC Menggunakan Regresi Multilinear dengan Pendekatan Data Well Log, *Jurnal Geoelebes*, 2(1), 1-5.

- Kuang, Yu., Zhang, X., Zhou, S., 2020, Adsorption of Methylene Blue in Water onto Activated Carbon by Surfactant Modification, *Water*, 12, 587.
- Kumar, S., S, Sood., A, Umar., S.K, Mehta., 2013, Photocatalytic degradation of Eriochrome Black T dye using well-crystalline anatase TiO₂ nanoparticles, *Journal of Alloys and Compounds*, 581, 392–397.
- Lee, W., Yoon, S., Choe, J.K., Lee, M., Choi, Y., 2018, Anionic surfactant modification of activated carbon for enhancing adsorption of ammonium ion from aqueous solution, *Science of the Total Environment*, 639, 1432–1439.
- Manocha, Satish, M., 2003, Porous Carbons, *Elsevier Science & Technology Books*, 28, 335-348.
- Marsh, H., Rodriguez-Reinoso., Francisco., 2006, *Activated Carbon*, Elsevier Science & Technology Books, 322-31.
- McDonald, 1978, Surfactants and interfacial phenomena, *Wiley-Interscience Publication*, 3, 85
- Mittal, A., Gupta, V.K., 2010, Adsorptive removal and recovery of the azo dye eriochrome black T, *Toxicological and Environmental Chemistry*, 92, 1813–1823.
- Moeinpour, F., A, Alimoradi., M, Kazemi., 2014, Efficient removal of eriochrome black-t from aqueous solution using NiFe₂O₄ magnetic nanoparticles, *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12, 1–7.
- Monser, L., Adhoum, N., 2002, Modified activated carbon for the removal of copper, zinc, chromium and cyanide from wastewater, *Sep. Purif. Technol.*, 26, 137–146.
- Mulya., Suharman., 1995, *Analisis Instrumental*, Airlangga University Press, Surabaya.

- Ntakirutimana, S., Tan, W., Wang, Y., 2019, Enhanced surface activity of activated carbon by surfactants synergism, *RSC Adv*, 9, 26519-26531.
- Qadri, S., A, Ganoë., Y, Haik., 2009, Removal and recovery of acridine orange from solutions by use of magnetic anoparticles, *J Hazard Mater*, 169, 318-323.
- Que, W., Jiang, L., Wang, C., Liu, Y., Zeng, Z., Wang, X., Ning, Q., Liu, S., Zhang, P., 2018, Influence of sodium dodecyl sulfate coating on adsorption of methylene blue by biochar from aqueous solution, *Journal of Enviromental Sciences*, 70, 166-174.
- Rivera, M., Sanchez-Polo., Gomez-Serrano, V., Alvarez, P.M., Alvim-Ferraz, M.C.M., Dias, J.M., 2011, Activated Carbon Modifications to Enhance Its Water Treatment Applications An Overview, *Journal Of Hazarrdous Materials*.
- Saba, B., Christy, A.D., Jabeen, M., 2016, Kinetic and Enzymatic Decolorization of Industrial Dyes Utilizing Plant-Based Biosorbents: A Review, *Environ. Eng. Sci*, 33, 601–614.
- Silva, L.G., Ruggiero, R., Gontijo, P.M., Pinto, R.B., Royer, B., Lima, E.C., 2011, Adsorption of Brilliant Red 2BE dye from water solutions by a chemically modified sugarcane bagasse lignin, *Chem Eng J*, 168:620.
- Sweetman, M. J., May, S., Mebberson, N., Pendleton, P., Vasilev K, Plush, S.E., Haybal, J.D., 2017, Activated Carbon, Carbon Nanotubes and Graphene: Materials and Composites for Advanced Water Purification, *Journal of Carbon Research*, 3, 18-42.
- Syauqiyah, I., Amalia, M., Kartini, H.A., 2011, Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif, *Info Teknik*, 12, 1.

- Tabak, A., Baltas, N., Afsin, B., Emirik, M., Caglar, B., dan Eren, E., 2010, Adsorption of Reactive Red 120 from Aqueous Solutions by Cetylpyridinium-Bentonit, *Journal Chemistry Technology Biotechnology*, 85 (1), 1199-1207
- Tang, D., Yang, N., Yang, Y., Zhang, X., Xiao, W., Wang, D., Mao, X., Alshawabkeh, A. N., 2014, Enhanced Adsorption of Aqueous Perchlorate on Quaternary Ammonium Chloride Surfactant-Modified Activated Carbon Fibers, *Desalination and Water Treatment*, 55, 1-12.
- Vincent, L., Aditya P., Arenst A., 2015, Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivasi Kimia-Senyawa KOH Sebagai Adsorben Proses Adsorpsi Zat Warna Metilen-Biru, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan, Universitas Katolik Parahyangan*, Bandung.
- Wijayanti., dan Laksono, E. W., 2017. Daya Adsorpsi Adsorben Kulit Salak Termodifikasi Terhadap Krom (III), *Jurnal Kimia Dasar*, 6(2): 12.
- Yangxin, Yu., Zhao, J., Bayly, A. W., 2008, Development of Surfactants and Builders in Detergent Formulations, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 16, 517-527.
- Yin, C. Y., Aroua, M. K., Daud, W. M. A. W., 2007, Review of modifications of activated carbon for enhancing contaminant uptakes from aqueous solutions, *Sep. Purif. Technol*, 52, 403–415.
- Zein, R., Astuti, A. W., Wahyuni, D., Furqani, F., Munaf, E., 2015, Removal of Methyl Red from Aqueous Solution by *Nephlhelium lappaceum*, *Res. J. Pharm , Biol. Chem. Sci*, 6, 86–97.

LAMPIRAN

1. Perhitungan Rendemen Karbon Kulit Salak

$$\% \text{Rendemen} = \frac{\text{massa karbon kulit salak}}{\text{massa kulit salak}} \times 100\%$$

Diketahui :

Massa karbon kulit salak = 53,68 gram

Massa kulit salak = 105,84 gram

$$\% \text{Rendemen} = \frac{53,68 \text{ gram}}{105,84 \text{ gram}} \times 100\% = 50,71\%$$

2. Perhitungan efisiensi surfaktan yang terikat pada karbon terikat pada karbn aktif

$$\% \text{Efisiensi} = \frac{\text{TOC surfaktan awal} - \text{TOC surfaktan akhir}}{\text{TOC surfaktan awal}} \times 100\%$$

Diketahui : TOC surfaktan awal = 2624 mg/L

TOC surfaktan akhir = 2122 mg/L

$$\% \text{Efisiensi} = \frac{2624 - 2122}{2624} \times 100\% = 19,13\%$$

3. Perhitungan persentase desorpsi

$$\% \text{Desorpsi} = \frac{\text{TOC surfaktan yang lepas}}{\text{TOC surfaktan awal} - \text{TOC surfaktan akhir}} \times 100\%$$

Diketahui : TOC surfaktan yang lepas = 41,22 mg/L

TOC surfaktan awal = 2624 mg/L

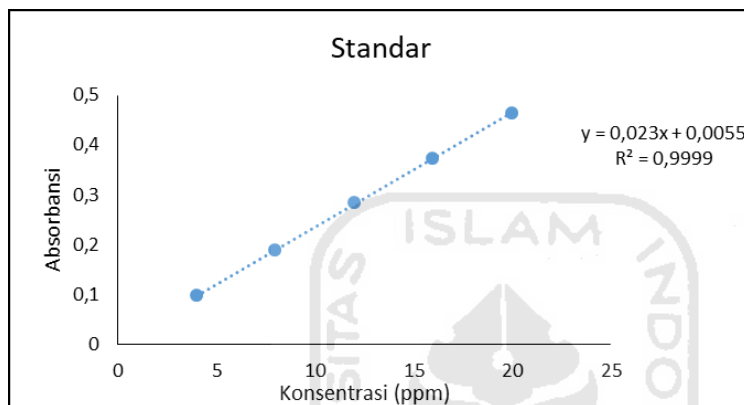
TOC surfaktan akhir = 2122 mg/L

$$\% \text{Desorpsi} = \frac{41,22}{2624 - 2122} \times 100\% = 8,21\%$$

4. Penentuan waktu optimum

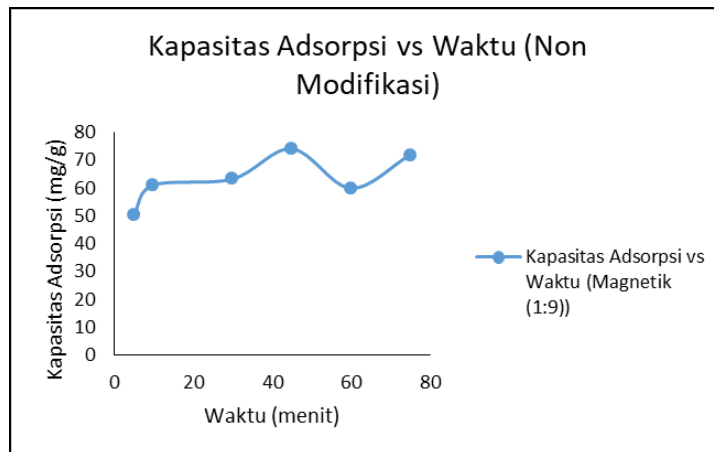
a. Kurva kalibrasi standar

Kons (ppm)	Abs
4	0,097
8	0,189
12	0,284
16	0,374
20	0,465



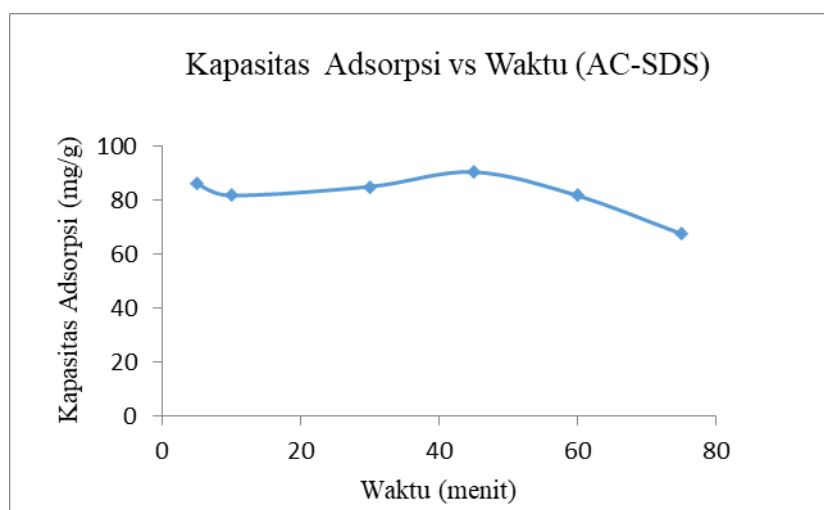
b. Penentuan waktu optimum AC

Waktu (menit)	Massa (gram)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qe (mg/g)	% Adsorpsi
5	0,04	998,9130435	797,826087	50,27173913	20,13057671
10	0,04	998,9130435	754,3478261	61,14130435	24,48313384
30	0,04	998,9130435	745,6521739	63,31521739	25,35364527
45	0,04	998,9130435	702,173913	74,18478261	29,70620239
60	0,04	998,9130435	758,6956522	60,05434783	24,04787813
75	0,04	998,9130435	710,8695652	72,01086957	28,83569097



c. Penentuan waktu optimum AC-SDS

Waktu (menit)	Massa (gram)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qe (mg/g)	% Adsorpsi
5	0,04	998,9130435	654,3478261	86,14130435	34,49401523
10	0,04	998,9130435	671,7391304	81,79347826	32,75299238
30	0,04	998,9130435	658,6956522	85,05434783	34,05875952
45	0,04	998,9130435	636,9565217	90,48913043	36,23503808
60	0,04	998,9130435	671,7391304	81,79347826	32,75299238
75	0,04	998,9130435	728,2608696	67,66304348	27,09466812

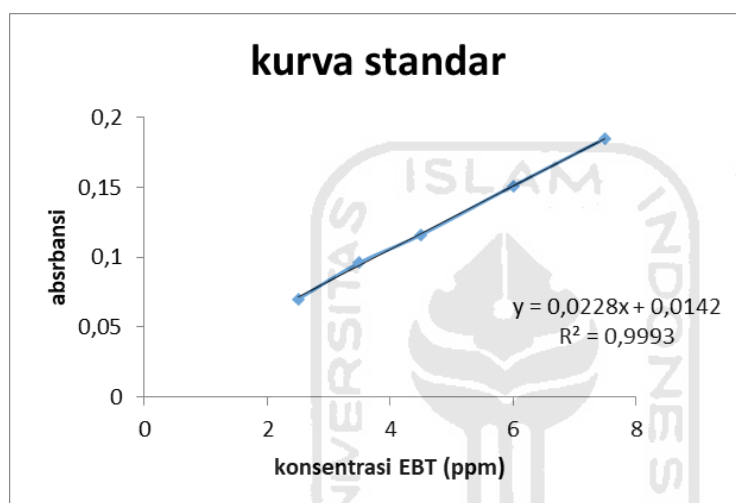


5. Penentuan konsentrasi optimum

a. Penentuan konsnetrasi optimum AC

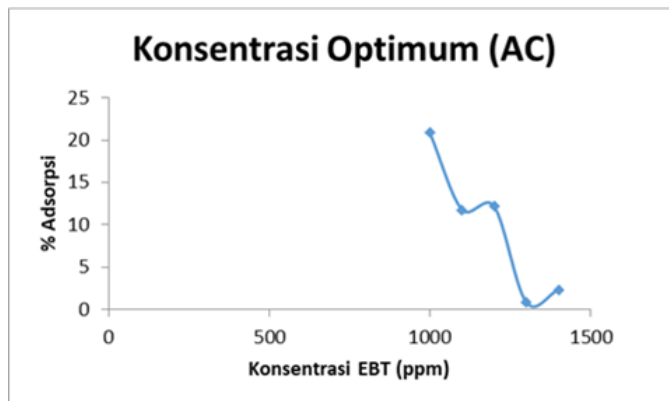
Kurva standar larutan EBT :

Kons (ppm)	Abs
2,5	0,07
3,5	0,096
4,5	0,116
6	0,151
7,5	0,185



Data penentuan konsentrasi optimum (AC) :

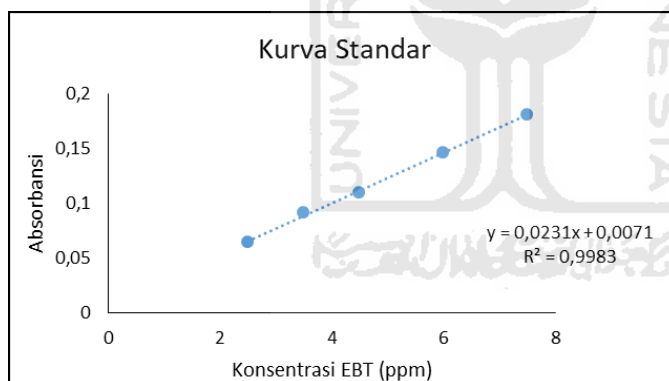
Waktu (menit)	Massa (gram)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qe (mg/g)	% Adsorpsi
45	0,04	899,5670996	726,4069264	43,29004329	19,24927815
45	0,04	1020,779221	847,6190476	43,29004329	16,96352841
45	0,04	977,4891775	899,5670996	19,48051948	7,971656333
45	0,04	1038,095238	934,1991342	25,97402597	10,00834028
45	0,04	1150,649351	1029,437229	30,3030303	10,53423627



b. Penentuan konsentrasi optimum AC-SDS

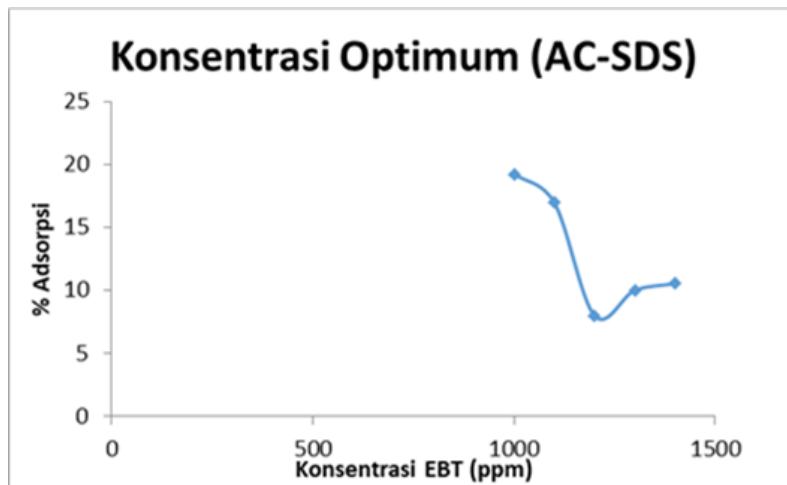
Kurva standar larutan EBT :

Kons (ppm)	Abs
2,5	0,064
3,5	0,091
4,5	0,109
6	0,146
7,5	0,181



Data konsentrasi optimum (AC-SDS) :

Waktu (menit)	Massa (gram)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qe (mg/g)	% Adsorpsi
45	0,04	840,3508772	664,9122807	43,85964912	20,87682672
45	0,04	892,9824561	787,7192982	26,31578947	11,78781925
45	0,04	1007,017544	884,2105263	30,70175439	12,19512195
45	0,04	1015,789474	1007,017544	2,192982456	0,863557858
45	0,04	1129,824561	1103,508772	6,578947368	2,329192547



c. Uji T

Uji T AC :

t-Test: Paired Two Sample for Means

	<i>Co</i>	<i>Ce</i>
Mean	977,1929825	889,4737
Variance	12873,19175	30109,26
Observations	5	5
Pearson Correlation	0,969474381	
Hypothesized Mean	0	
df	4	
t Stat	2,828427125	
P(T<=t) one-tail	0,023710328	
t Critical one-tail	2,131846786	
P(T<=t) two-tail	0,047420656	
t Critical two-tail	2,776445105	

Uji T AC-SDS :

t-Test: Paired Two Sample for Means

	<i>Co</i>	<i>Ce</i>
Mean	1017,316017	887,4459
Variance	8418,133093	12503,51
Observations	5	5
Pearson Correlation	0,931949891	
Hypothesized Mean	0	
df	4	
t Stat	6,846531969	
P(T<=t) one-tail	0,001190873	
t Critical one-tail	2,131846786	
P(T<=t) two-tail	0,002381745	
t Critical two-tail	2,776445105	

Uji T AC dengan AC-SDS :

t-Test: Paired Two Sample for Means		
	<i>Ce AC</i>	<i>Ce SDS</i>
Mean	889,4736842	887,4459
Variance	30109,26439	12503,51
Observations	5	5
Pearson Correlation	0,979733375	
Hypothesized Mean	0	
df	4	
t Stat	0,066901855	
P(T<=t) one-tail	0,474935171	
t Critical one-tail	2,131846786	
P(T<=t) two-tail	0,949870342	
t Critical two-tail	2,776445105	

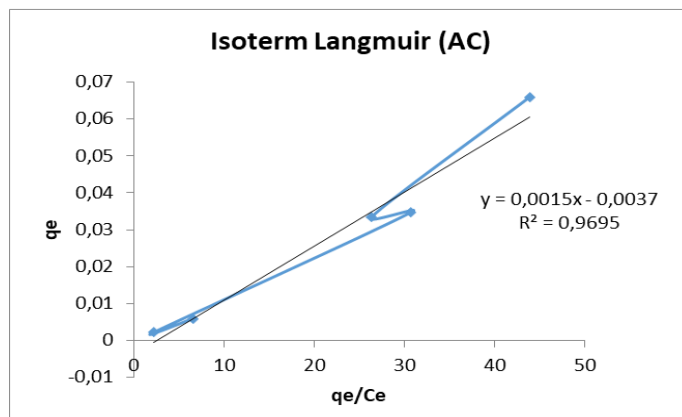
6. Isoterm adsorpsi

a. Isoterm adsorpsi AC

Massa (gram)	Waktu (menit)	Co (ppm)	Ce (ppm)	%Abs	Qe (mg/g)	Qe/Ce
0,04	45	840,3508772	664,9122807	20,87682672	43,85964912	0,065963
0,04	45	892,9824561	787,7192982	11,78781925	26,31578947	0,033408
0,04	45	1007,017544	884,2105263	12,19512195	30,70175439	0,034722
0,04	45	1015,789474	1007,017544	0,863557858	2,192982456	0,002178
0,04	45	1129,824561	1103,508772	2,329192547	6,578947368	0,005962

Co (ppm)	Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Ln Qe	Ln Ce
840,3508772	664,9122807	43,85964912	3,780995	6,58811
892,9824561	787,7192982	26,31578947	3,270169	6,742431
1007,017544	884,2105263	30,70175439	3,42432	6,801914
1015,789474	1007,017544	2,192982456	0,785262	6,83969
1129,824561	1103,508772	6,578947368	1,883875	6,936768

i. Trial 1 (Isoterm Langmuir)



$$y = 0,0015x - 0,0037$$

Q_m = intercept

$$Q_m = -0,0037 \text{ mg/g}$$

jadi nilai Q_m sebesar -0,0037 mg/g

$$\frac{1}{K_L} = \text{slope}$$

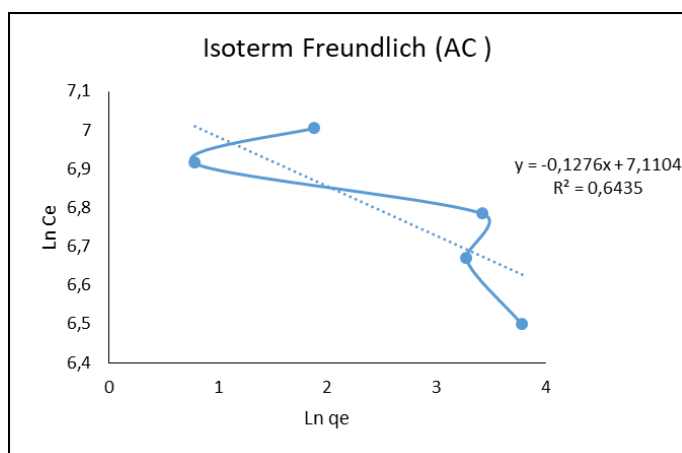
$$\frac{1}{K_L} = 0,0015$$

$$K_L = 666,667 \text{ L/mg}$$

jadi nilai K_L sebesar 666,667 L/mg

ii. Trial 2 (Isoterm Freundlich)

penentuan isoterm freundlich



$$y = -0,1276x + 7,1104$$

$$\frac{1}{n} = \text{slope}$$

$$\frac{1}{n} = -0,1276$$

$$n = -7,8369$$

jadi nilai n ialah -7,8369

$\ln K_f = \text{intercept}$

$$\ln K_f = 7,1104$$

$$K_f = 1,961 \text{ mg/g}$$

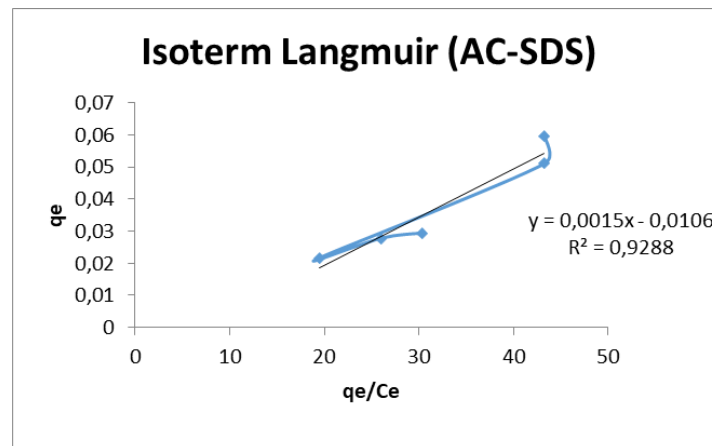
jadi nilai K_f ialah 1,961 mg/g

b. Isoterm AC-SDS

Massa (gram)	Waktu (menit)	Co (ppm)	Ce (ppm)	%Abs	Qe (mg/g)	Qe/Ce
0,04	45	899,5670996	726,4069264	19,24927815	43,29004329	0,059595
0,04	45	1020,779221	847,6190476	16,96352841	43,29004329	0,051073
0,04	45	977,4891775	899,5670996	7,971656333	19,48051948	0,021655
0,04	45	1038,095238	934,1991342	10,00834028	25,97402597	0,027804
0,04	45	1150,649351	1029,437229	10,53423627	30,3030303	0,029437

Co (ppm)	Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Ln Qe	Ln Ce
840,3508772	664,9122807	43,85964912	3,780995	6,58811
892,9824561	787,7192982	26,31578947	3,270169	6,742431
1007,017544	884,2105263	30,70175439	3,42432	6,801914
1015,789474	1007,017544	2,192982456	0,785262	6,83969
1129,824561	1103,508772	6,578947368	1,883875	6,936768

i. Trial 1 (Isoterm Langmuir)



$$y = 0,0015x - 0,0106$$

Q_m = intercept

$$Q_m = -0,0106 \text{ mg/g}$$

jadi nilai Q_m sebesar -0,0106 mg/g

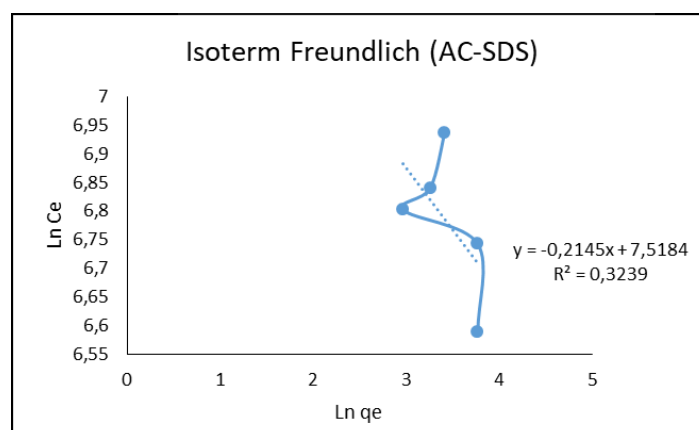
$$\frac{1}{K_L} = \text{slope}$$

$$\frac{1}{K_L} = 0,0015$$

$$K_L = 666,667 \text{ L/mg}$$

jadi nilai K_L sebesar 666,667 L/mg

ii. Trial 2 (Isoterm Freundlich)



$$y = -0,2145x + 7,5184$$

$$\frac{1}{n} = \text{slope}$$

$$\frac{1}{n} = -0,2145$$

$$n = -4,6620$$

jadi nilai n ialah -4,6620

$\ln K_f = \text{intercept}$

$$\ln K_f = 7,5184$$

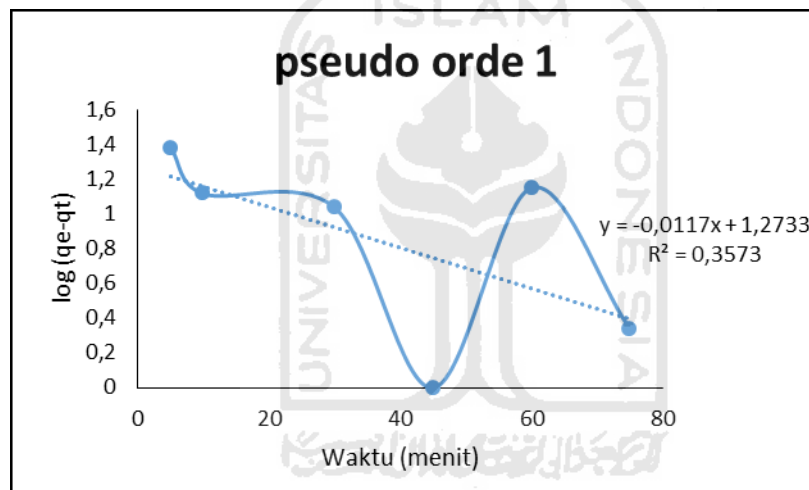
$$K_f = 2,017 \text{ mg/g}$$

jadi nilai K_f ialah 2,017 mg/g

7. Kinetika Adsorpsi

a. Kinetika adsorpsi AC

i. Pseudo orde 1



$$y = -0,0117x + 1,2733$$

$$\frac{K1}{2,303} = \text{slope}$$

$$\frac{K1}{2,303} = -0,0117$$

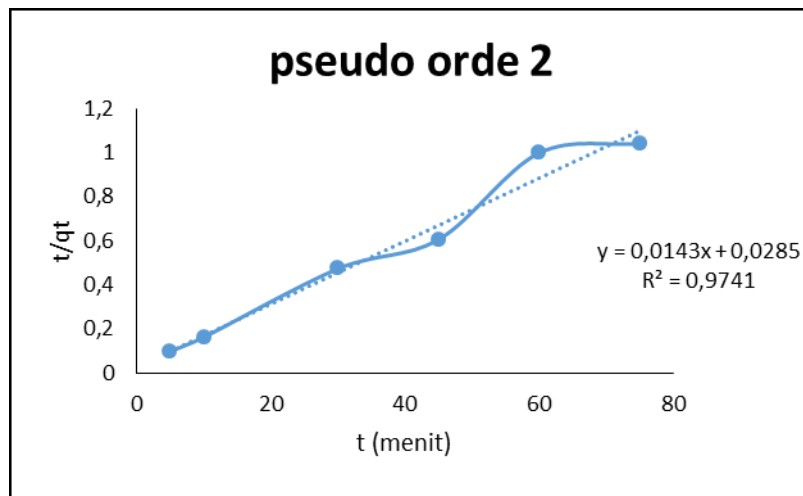
$$K1 = -0,0269 \text{ min}^{-1}$$

$\text{Log } q_e = \text{intercept}$

$$\text{Log } q_e = 1,2733$$

$$Q_e = 18,7629 \text{ mg/g}$$

ii. Pseudo orde 2



$$y = 0,0143x + 0,0285$$

$$\frac{1}{q_e} = \text{slope}$$

$$\frac{1}{q_e} = 0,0143$$

$$q_e = 69,9300 \text{ mg/g}$$

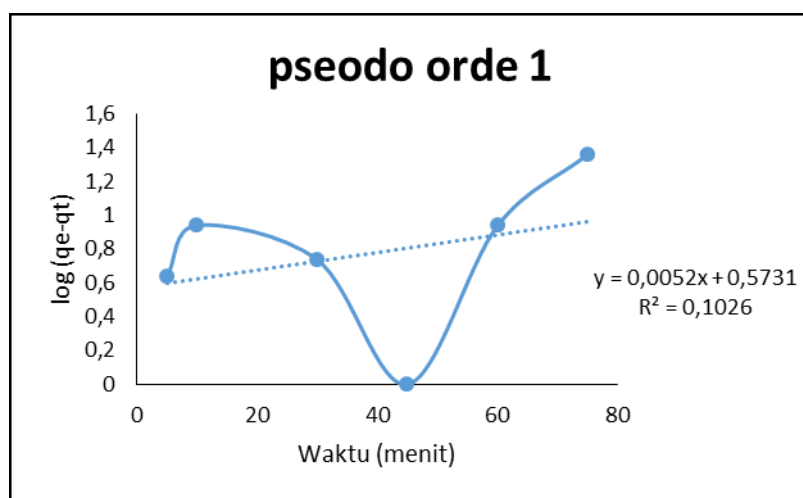
$$\frac{1}{k_2 q_e^2} = \text{intercept}$$

$$\frac{1}{k_2 69,9300^2} = 0,0285$$

$$K_2 = 0,0071 \text{ g/mg.min}$$

b. Kinetika adsorpsi AC-SDS

i. Pseudo orde 1



$$y = 0,005x + 0,5731$$

$$\frac{K_1}{2,303} = \text{slope}$$

$$\frac{K_1}{2,303} = 0,0052$$

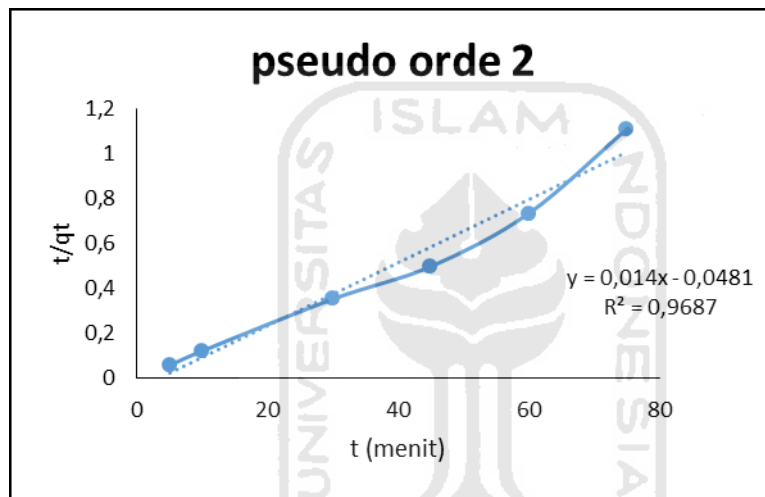
$$K_1 = 0,0119 \text{ min}^{-1}$$

Log q_e = intercept

$$\text{Log } q_e = 0,5731$$

$$Q_e = 3,7419 \text{ mg/g}$$

ii. Pseudo orde 2



$$y = 0,014x - 0,0481$$

$$\frac{1}{q_e} = \text{slope}$$

$$\frac{1}{q_e} = 0,014$$

$$q_e = 71,4285 \text{ mg/g}$$

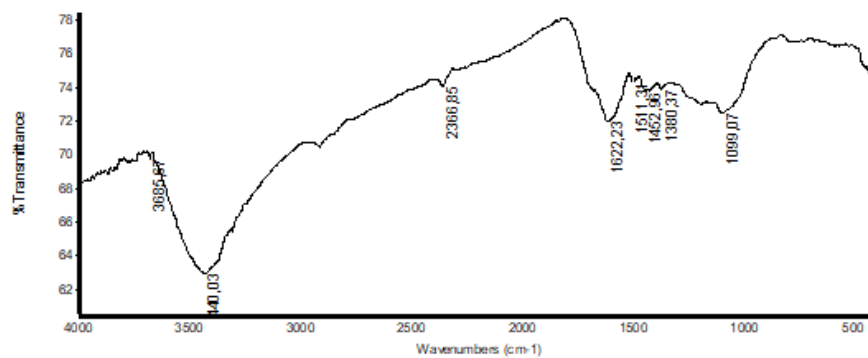
$$\frac{1}{k_2 q_e^2} = \text{intercept}$$

$$\frac{1}{k_2 71,4285^2} = -0,0481$$

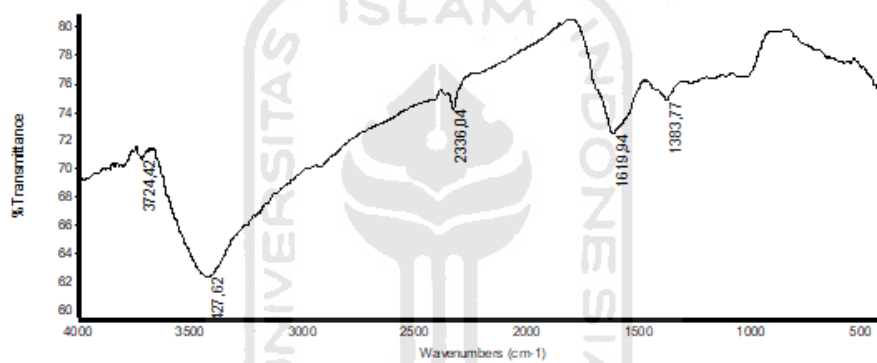
$$K_2 = -0,0040 \text{ g/mg.min}$$

8. Hasil FTIR

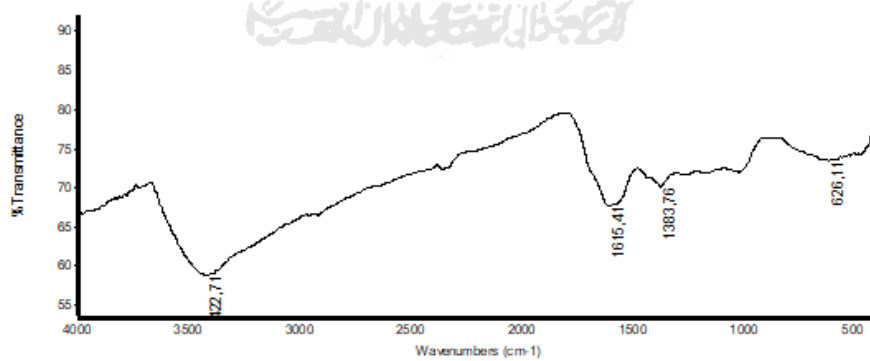
a. FTIR C



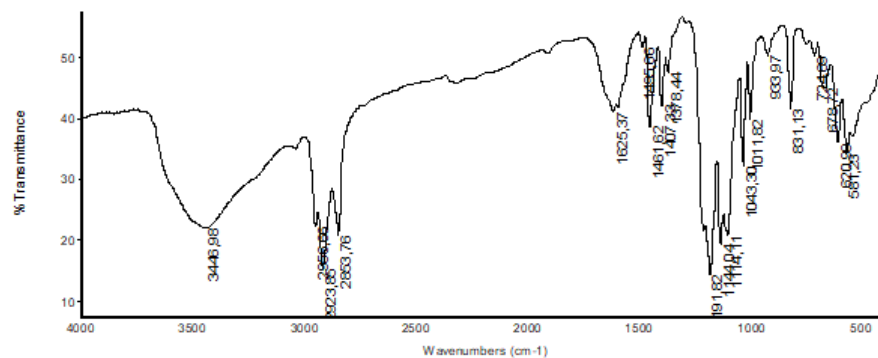
b. FTIR AC



c. FTIR AC-SDS

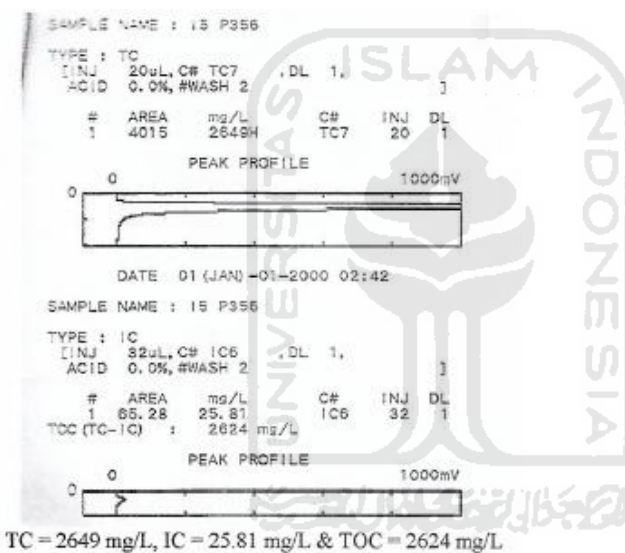


d. FTIR SDS



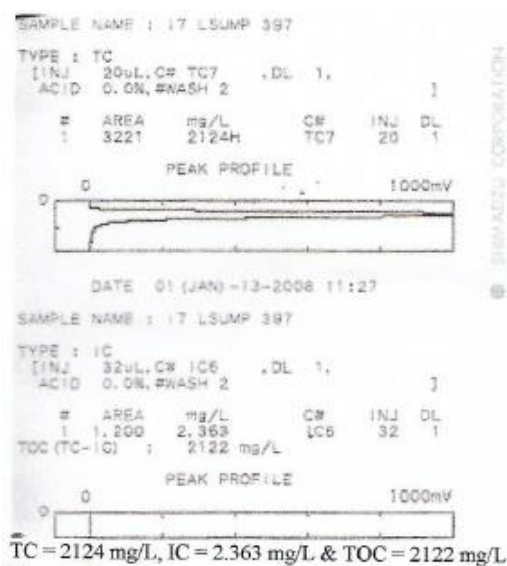
9. Hasil TOC

a. TOC larutan SDS 9 g/L



TC = 2649 mg/L, IC = 25.81 mg/L & TOC = 2624 mg/L

b. TOC larutan sisa rendaman



TC = 2124 mg/L, IC = 2.363 mg/L & TOC = 2122 mg/L

c. TOC stabilisasi

