MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN SURFAKTAN *SODIUM DODECYL BENZENE SULFONATE* (SDBS) UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA *ERIOCHROME BLACK – T* (EBT)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Sains (S.Si.) Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Yogyakarta



diajukan oleh:

LODIA KURNIAWATI

No Mhs : 16612074

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

YOGYAKARTA

2020

MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN SURFAKTAN *SODIUM DODECYL BENZENE SULFONATE* (SDBS) UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA *ERIOCHROME BLACK – T* (EBT)

SKRIPSI

Yang diajukan oleh:

LODIA KURNIAWATI
No Mhs : 16612074

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Skripsi
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 12 November 2020

Dewan Penguji :	Tanda tangan
1. Mai Anugrahwati, S.Si., M.Sc.	.....
2. Febi Indah Fajarwati, S.Si., M.Sc.	.....
3. Argo Khoirul Anas, S.Si., M.Sc.	.....
4. Muhammad Miqdam Musawwa, S.Si., M.Sc.	.....

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

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

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur atas kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan serta menyelesaikan Laporan Tugas Akhir / Skripsi yang berjudul "**MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN SURFAKTAN *SODIUM DODECYL BENZENE SULFONATE* (SDBS) UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA *ERIOCHROME BLACK – T* (EBT)**" dengan baik dan lancar. Shalawat dan salam tidak lupa semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang senantiasa menunjukkan ummatnya pada jalan yang benar.

Tugas Akhir (TA) / Skripsi merupakan salah satu mata kuliah wajib yang disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Studi S-1 Jurusan Kimia di Universitas Islam Indonesia dalam mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si). Dalam penulisan Tugas Akhir (TA) / Skripsi ini dapat diselesaikan secara baik juga tidak lepas dari do'a, dukungan, bimbingan, dan bantuan dari pihak yang sangat berarti bagi penulis. Maka dari itu pada kesempatan kali ini penulis ucapkan dengan tulus rasa terimakasih kepada :

1. Allah Subhanahu Wata'ala

2. Kedua orang tua tercinta, ayah dan ibu yang selalu mendo'akan dan memberi dorongan semangat serta dukungan baik moril maupun materil tanpa henti.

3. Bapak Prof. Fathul Wahid, ST., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia,

4. Bapak Prof. Riyanto, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia,

5. Bapak Dr. Dwiarso Rubiyanto, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi S-1 Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia

6. Ibu Mai Anugrahwati, S.Si., M.Sc. selaku pembimbing 1 dan Ibu Febi Indah Fajarwati, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2,

7. Rekan-rekan penelitian Labibatul Ikmalia, Rika Awalin Safitri dan Shaleh Zamzami yang selalu membantu dalam menjalankan penelitian,

8. teman-teman seperjuangan, keluarga besar kimia 2016

9. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu- persatu yang turut serta membantu dari awal hingga selesainya penelitian ataupun laporan tugas akhir (TA) / skripsi.

Demikianlah laporan ini penulis susun dalam bentuk sederhana dan mudah dimengerti. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan oleh penulis. Dengan segala harapan dan doa'a semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pedoman bagi rekan-rekan pembaca. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kita pemahaman ilmu yang bermanfaat.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 12 November 2020



Lodia Kurniawati

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lodia Kurniawati

NIM : 16612074

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul **MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN SURFAKTAN *SODIUM DODECYL BENZENE SULFONATE* (SDBS) UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA *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 penulisan lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam skripsi ini.

Apabila di kemudian 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, 12 November 2020

Yang Menyatakan,



Lodia Kurniawati

NIM.16612074

:

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
KATA PENGANTAR ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN v
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xi
INTISARI xii
ABSTRACT xiii
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 8
3.1 Salak 8
3.2 Adsorpsi 9
3.3 Isoterm Adsorpsi 13

3.1.1 Isoterm Langmuir 13
3.1.2 Isoterm Freundlich 14
3.4 Kinetika Adsorpsi 15
3.5 Zat Warna 16
3.6 Karbon Aktif 17
3.7 Surfaktan 18
3.8 Spektrofotometer UV-Vis 18
3.9 Spektrofotometer Inframerah 21
3.10 *Total Organic Carbon* (TOC) 23
BAB IV METODE PENELITIAN 24
4.1 Alat dan Bahan 24
4.2 Cara Kerja 24
4.2.1 Karbonisasi 24
4.2.3 Aktivasi karbon aktif 25
4.2.4 Modifikasi karbon aktif 25
4.2.5 Stabilitas modifikasi Surfaktan 25
4.2.6 Uji kinetik Adsorpsi 26
4.2.7 Uji isoterm Adsorpsi 26
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 27
5.1 Karbonisasi 27

5.2 Aktivasi 28
5.3 Modifikasi karbon aktif menggunakan surfaktan 29
5.4 Hasil karakterisasi karbon aktif dari kulit salak menggunakan FTIR 30
5.5 Karakterisasi karbon aktif kulit salak menggunakan TOC 33
5.6 Aplikasi KA dan KA-SDBS sebagai adsorben EBT 34
5.6.1 Penentuan waktu kontak optimum 34
5.6.2 Penentuan konsentrasi optimum 38
5.7 Isoterm Adsorpsi 40
5.8 Kinetika Adsorpsi 44
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 47
6.1 Kesimpulan 47
6.2 Saran 48
DAFTAR PUSTAKA 49
LAMPIRAN 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kulit salak 9

Gambar 2. Struktur EBT 16

Gambar 3. Karbon aktif 17

Gambar 4. Struktur surfaktan SDBS 18

Gambar 5. Spektrofotometer UV- Vis 19

Gambar 6. Spektrofotometer Inframerah 22

Gambar 7. Komponen Spektrofotometer Inframerah 22

Gambar 8. Instrumen TOC 23

Gambar 9. Interaksi karbon aktif (KA) dengan surfaktan SDBS 30

Gambar 10. Spektra FTIR karbon (K) dan karbon aktif (KA) 31

Gambar 11. Spektra FTIR karbon aktif (KA), Karbon aktif modifikasi surfaktan SDBS (KA-S) dan SDBS murni 32

Gambar 12. Struktur Kimia SDBS 33

Gambar 13. Struktur Karbon Aktif 33

Gambar 14. Variasi waktu terhadap adsorben karbon Aktif (KA) 35

Gambar 15. Variasi waktu terhadap karbon Aktif termodifikasi SDBS (KA-SDBS) 36

Gambar 16. Interaksi KA-SDBS dengan zat warna EBT 38

Gambar 17. Variasi konsentrasi terhadap adsorben Karbon Aktif (KA) 39

Gambar 18. Variasi konsentrasi terhadap adsorben Karbon Aktif termodifikasi SDBS (KA-SDBS) 39

Gambar 19. Kurva isoterm Langmuir (KA) 41

Gambar 20. Kurva isoterm Freundlich (KA) 41

Gambar 21. Kurva isoterm Langmuir KA-SDBS 42

Gambar 22. Kurva isoterm Freundlich KA-SDBS 43

Gambar 23. Kurva kinetika pseudo orde 1 KA 44

Gambar 24. Kurva kinetika pseudo orde 2 KA 45

Gambar 25. Kurva kinetika pseudo orde 1 KA-SDBS 46

Gambar 26. Kurva kinetika pseudo orde 2 KA-SDBS 46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis jenis persamaan Langmuir..... 14

Tabel 2. Data konsentrasi optimum KA dan KA-SDBS 40

Tabel 3. Perbandingan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich 43

Tabel 4. Perbandingan kinetika adsorpsi KA dan KA-SDBS 46

MODIFIKASI KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN SURFAKTAN *SODIUM DODECYL BENZENE SULFONATE* (SDBS) UNTUK ADSORPSI ZAT WARNA *ERIOCHROME BLACK – T* (EBT)

INTISARI

Lodia Kurniawati

NIM 16612074

Pada penelitian ini kulit salak diubah menjadi karbon aktif yang dimodifikasi dengan surfaktan *Sodium dodecly benzene sulfonate* (SDBS) untuk mengetahui kemampuan adsorpsi adsorben terhadap zat warna *eriochrome black* T (EBT). Konsentrasi surfaktan SDBS yang digunakan adalah 9 g / L. Karakterisasi karbon aktif (KA) dan karbon aktif SDBS (KA-SDBS) dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR; Untuk KA modifikasi SDBS menghasilkan gugus fungsi baru yaitu gugus fungsi SO2 pada bilangan gelombang 1033 cm^{-1}. Nilai efisiensi surfaktan yang menempel pada KA sebesar 7,3699% dan% desorpsi 0,378%. Uji adsorpsi yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan dengan variasi waktu kontak adsorpsi dan variasi konsentrasi adsorbat. Kapasitas adsorpsi KA-SDBS lebih besar dibandingkan dengan KA non-modifikasi yaitu 81,7934 mg / g dengan kapasitas adsorpsi 32,75%, sedangkan kapasitas adsorpsi KA 74,1848 mg / g dengan adsorpsi 29,71%. Waktu optimum yang diperoleh adalah waktu kontak 45 menit dan konsentrasi optimum 1000 mg / L untuk adsorben KA dan 1100 mg / L untuk adsorben KA-SDBS. Model kinetika adsorpsi KA dan KA-SDBS mengikuti pseudo orde 2 dan isoterm adsorpsi mengikuti model isoterm Langmuir.

Kata kunci: Karbon aktif, surfaktan SDBS, karbon aktif SDBS dan EBT.

MODIFICATION OF ACTIVATED CARBON FROM SALACA PEELS WITH SURFACTANT SODIUM DODECYL BENZENE SULFONATE (SDBS) FOR ERIOCHROME BLACK - T (EBT) PIGMENT ADSORPTION

ABSTRACT

LODIA KURNIAWATI

16612074

In this study, salak peels were converted into activated carbon modified with surfactant Sodium dodecly benzene sulfonate (SDBS) in order to study the adsorption ability of the adsorbent against eriochrome black T (EBT) dye solution. The SDBS surfactant concentration used was 9 g / L. Characterization of activated carbon (KA) and activated carbon SDBS (KA-SDBS) was carried out using FTIR instruments; For SDBS modified KA, it produces a new functional group, namely the SO_2 functional group at wave number 1033 cm^{-1}. The efficiency value of the surfactant attached to KA was 7.3699% and the% desorption was 0.378%. The adsorption test used in this study was carried out with variations in the adsorption contact time and variations in the concentration of adsorbate. The adsorption capacity of KA-SDBS was greater than that of non-modified KA, namely 81.7934 mg / g with 32.75% adsorption capacity, while KA's adsorption capacity was 74.1848 mg / g with 29.71% adsorption. The optimum time obtained is 45 minutes of contact time and the optimum concentration of 1000 mg / L for KA adsorbent and 1100 mg / L for KA-SDBS adsorbent. The KA and KA-SDBS adsorption kinetics model followed the pseudo order 2 and the adsorption isotherms followed the Langmuir isotherm model.

Key words: Activated carbon, SDBS surfactant, SDBS modified activated carbon and EBT.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki banyak sektor perindustrian. Perkembangan industri di Indonesia saat ini banyak melibatkan penggunaan zat kimia berbahaya dan dapat memicu pencemaran lingkungan. Salah satu pencemaran lingkungan yaitu limbah yang diproduksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Pembuangan limbah yang sering terjadi di Indonesia berasal dari industri tekstil. Salah satu limbah tekstil yang berbahaya yaitu zat warna *Eriochrome Black-T* (EBT). Zat warna EBT termasuk zat warna sintetis. Zat warna sintetis memiliki struktur kimia yang sulit terurai (Utomo dkk., 2015).

Pengolahan limbah zat warna EBT di industri perlu penanganan yang lebih lanjut agar limbah tidak masuk ke perairan masyarakat, karena apabila masuk ke perairan akan terjadi pencemaran air yang ketika dikonsumsi oleh makhluk hidup dapat terjadi resiko yang tinggi seperti iritasi pada saluran pencernaan dan iritasi pada kulit. Hal itu dapat terjadi karena didalam zat warna EBT terdapat senyawa kimia organik.

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengurai limbah cair zat warna adalah dengan metode adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu proses pengikatan suatu adsorbat di atas permukaan pori benda padat atau adsorben (Hartini dan Mudjijono, 2015). Selain itu penggunaan adsorben memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah memiliki pori-pori yang luas, hidrofob, stabil dalam temperatur tinggi, tidak memiliki aktivitas katalitik dan mudah diregenerasi (Wahab dkk., 2005).

Adsorben yang paling banyak digunakan saat ini adalah adsorben berupa karbon aktif. Karena karbon aktif merupakan adsorben yang dapat digunakan untuk menghilangkan kontaminan organik dari udara karena pori-pori yang sangat banyak dan luas permukaan internal yang besar.

Apabila bahan-bahan yang banyak mengandung karbon dilakukan pemanasan yang tinggi akan menghasilkan 85-95% karbon (Mangallo dkk., 2014). Setiap bahan yang digunakan akan menghasilkan karbon aktif dengan karakteristik yang berbeda (Chandra dkk., 2008). Bahan alam yang dapat dibuat menjadi karbon aktif seperti tempurung kelapa (Khuluk, 2016), batang tanaman gumitir (Sahara dkk., 2017), kulit durian (Zikra dkk., 2016), kulit singkong (Ariyani dkk., 2017) dan kulit salak (Purnamasari, 2018).

Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) produksi buah salak di Indonesia pada tahun 2018 telah mencapai 896.504 ton dengan jumlah tanaman menghasilkan 38.024.008 batang. Buah salak hasil produksi Indonesia juga banyak diekspor ke negara di timur tengah dan negara di Asia. Saat ini masyarakat hanya memanfaatkan buah salaknya saja (Mangallo dkk., 2014). Sementara kulit salak yang dihasilkan dari salak hanya menjadi limbah kulit salak yang masih belum banyak diolah menjadi produk yang bermanfaat oleh masyarakat sekitar. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit salak yang mengandung senyawa selulosa dan senyawa organik lainnya mengandung unsur karbon yang dapat diolah menjadi adsorben. Pembuatan karbon aktif dari limbah kulit salak secara umum dibagi menjadi 3 yaitu proses dehidrasi untuk menghilangkan air pada kulit salak, proses karbonisasi dan proses aktivasi (Ramdja dkk., 2008).

Penggunaan karbon aktif untuk adsorben telah dilakukan dalam pengolahan limbah cair industri dan terbukti dapat mengabsop ion dalam limbah industri tetapi daya serap yang dilakukan kurang efektif (Choi dkk., 2009). Salah satu upaya untuk meningkatkan daya serap karbon aktif dapat di modifikasi dengan penambahan surfaktan (Agustinus dkk., 2013).

Penelitian karbon aktif dengan modifikasi surfaktan anionik telah dilakukan oleh Lee dkk., (2018) limbah yang diadsorp adalah ion ammonium. Hasil penelitian menunjukkan karbon aktif yang dimodifikasi dengan surfaktan anionik meningkatkan daya serap terhadap adsorpsi ion ammonium. Oleh karena itu dilakukan penelitian modifikasi karbon aktif dari kulit salak dengan penambahan surfaktan SDBS untuk adsorpsi zat warna EBT.

Pada penelitian ini karbon aktif dari kulit salak akan dianalisis menggunakan instrumen Spektrofotometer inframerah, Spektrofotometer UV-Vis dan *Total Organic Carbon* (TOC).

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 SDBS?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu dan konsentrasi karbon aktif dari kulit salak terhadap adsorpsi limbah zat warna EBT?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

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

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

1. Teknik ini diharapkan dapat memberikan alternative yang sederhana dan mudah pengaplikasiannya dalam menurunkan kadar zat warna EBT pada limbah cair
2. Untuk memberikan data dan informasi tentang pengaruh adsopsi dengan karbon aktif dari kulit salak

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Kulit salak merupakan limbah dari buah salak yang belum termanfaatkan dari konsumsi masyarakat dan industri pengolahan buah salak. Untuk meningkatkan nilai ekonomisnya kulit salak dimanfaatkan sebagai adsorben. Kulit salak dipilih karena mudah diperoleh dan mengandung selulosa yang berpotensi digunakan sebagai adsorben karena adanya gugus OH yang dapat berinteraksi dengan adsorbat (Wijayanti dan Endang, 2017). Kulit salak juga tersusun dari senyawa organik lainnya yang mengandung unsur karbon. Berdasarkan hal tersebut kulit salak dapat dimanfaatkan sebagai adsorben dan dimodifikasi menjadi karbon aktif. Pada penelitian yang telah dilakukan Turmuzi dan Arion (2015) menggunakan karbon aktif dari kulit salak, menyebutkan aktivator yang dapat digunakan adalah aktivator $ZnCl_2$, KOH, NaOH, NaCI, H_2SO_4, H_3PO_4, Na_2CO_3 dan HCI.

Ramdja dkk., (2008) telah melakukan penelitian pembuatan karbon aktif. Hasil penelitian membuktikan bahwa arang aktif dapat dibuat dari bahan organik maupun anorganik yang mengandung kadar karbon tinggi. Dalam penelitian tersebut, aktivasi karbon selama 24 jam. Dalam dunia industri karbon aktif ini umumnya digunakan untuk menghilangkan bau, rasa, warna, dan kontaminan organik lainnya.

Mangallo dkk., (2014) telah melakukan penelitian tentang efektivitas arang aktif kulit salak sebagai adsorben pada pemurnian minyak goreng bekas. Pada penelitian tersebut ada beberapa variabel yang diamati yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi, yaitu perbandingan berat arang aktif dengan minyak goreng dan pengaruh temperatur dan waktu adsorpsi minyak goreng bekas oleh adsorben kulit salak. Proses pemurnian minyak goreng bekas oleh arang aktif kulit salak dipengaruhi oleh temperatur dan waktu kontak minyak goreng dengan adsorben. Semakin tinggi temperatur adsorpsi, kualitas minyak goreng yang diperoleh semakin baik.

Penelitian penggunaan karbon aktif juga telah dilakukan oleh Sari dkk., (2017) Bahan yang digunakan pada penelitian tersebut adalah ampas tebu dan akan diaplikasikan untuk adsorben zat warna procion. Temperatur untuk karbonisasinya 450 °C selama 2 jam dan waktu yang digunakan untuk aktivasi adalah 24 jam menggunakan larutan NaoH 6%. Karakterisasi karbon aktif menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infra Red)* untuk mengetahui gugus fungsi dari karbon aktif dan menggunakan BET (Brunauer-Emmett-Teller) untuk mengetahui luas permukaannya. Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum karbon aktif dengan variabel waktu, berat dan pH. Hasil penelitian menunjukkan panjang gelombang yang memberikan serapan maksimum diperoleh pada panjang gelombang 542 nm. Gugus fungsi yang diperoleh adalah gugus -CO- pada daerah serapan 1705,07 cm^{-1} dan gugus fungsi –OH pada daerah serapan 3410,15 cm^{-1}. Luas permukaan ampas tebu yang diperoleh adalah 29,21 m^2/g dan diameter pori 30,17 Å. Ukuran tersebut tergolong pada ukuran mesopori Karbon aktif dengan dominasi mesopori umumnya digunakan sebagai penyerap molekul-molekul besar seperti zat warna (Setianingsih dkk., 2008). Waktu kontak optimum karbon aktif dari ampas tebu pada waktu kontak 90 menit karena setelah 90 menit waktu kontak, daya serap tidak meningkat lagi. Daya serap yang dihasilkan 6,90 mg/g dan efisiensi sebesar 69,04%. Pengaruh berat karbon aktif terhadap penyerapan zat warna procion merah dengan variasi berat 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 gram. Berat optimum yang didapat pada karbon aktif dengan berat 0,1 gram dengan daya serap 6,88 mg/g. Pengaruh pH terhadap penyerapan zat warna procion merah menunjukkan serapan optimum terjadi pada pH 5 dengan daya serap sebesar 7,66 mg/g.

Metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang efektif untuk pengolahan limbah zat warna, karena dengan metode adsorpsi tidak akan terbentuk lumpur atau *slurry*. Limbah zat warna akan teradsop dengan baik dan adsorben yang sudah digunakan dapat diregenerasi sehingga adsorben dapat digunakan kembali untuk pengolahan limbah. Vincent dkk., (2015) telah melakukan penelitian sintesis karbon aktif dari kulit salak dengan aktivasi KOH untuk adsorpsi zat warna. Pada penelitian tersebut digunakan aktivasi KOH. Digunakan aktivasi KOH karena senyawa KOH dapat digunakan sebagai *activating agent* yang dapat menghasilkan karbon aktif dengan

ukuran pori mikropori, dimana adsorben dengan ukuran mikropori dan mesopori akan membuat proses adsorpsi yang dilakukan lebih efektif dan produk samping yang didapat akan lebih sedikit.

Penelitian yang dilakukan Sriatun dkk., (2008) tentang zeolit alam terdealuminasi yang di modifikasi dengan surfaktan menunjukan adanya peningkatan adsorpsi zeolit alam yang diuji terhadap fenol. Karakterisasi terhadap zeolit alam terdealuminasi yang di modifikasi dengan surfaktan dilakukan dengan instrumen spektrofotometer Inframerah (FTIR). Untuk mengetahui jumlah fenol yang teradsorp dilakukan dengan instrumen spektrofotometer UV-Vis dengan mengukur konsentrasi fenol sebelum dan setelah adsorpsi.

Penelitian yang dilakukan Apecsiana dkk., (2015) dengan karbon aktif dari kulit salak menggunakan aktivator KOH. untuk mengetahui karakteristik karbon aktif yang diperoleh dari penelitian ini dianalisis dengan BET dan untuk mengamati permukaan karbon aktif dan kandungan yang terdapat di karbon aktif dianalisis dengan insrumental *Scanning Electron Microscope (SEM).* Hasil analisis BET untuk karbon aktif dari memberikan hasil luas permukaan sebesar 2526,446 m^2/g, diameter pori sebesar 23,0488 Å, dan volume pori sebesar 1,456 cc/g. dilihat dari nilai diameter pori, maka karbon aktif dari kulit salak ini termasuk pada ukuran mesopori. Hasil analisis menggunakan instrumental *Scanning Electron Microscope (SEM)* menunjukkan permukaan karbon aktif dari kulit salak sangat berpori, hal ini membuktikan hasil aktivasi menggunakan KOH yang dilakukan optimal. Analisa yang terakhir menggunakan *Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)* menunjukkan ada tiga unsur yang terdapat didalam karbon aktif dari kulit salak yaitu unsur karbon (C), silika (Si), dan oksigen (O). Kandungan terbesar dari ke tiga unsur tersebut adalah unsur karbon yaitu 83,08% berat.

Penelitian modifikasi karbon aktif dengan surfaktan juga telah dilakukan oleh Lee dkk., (2018) dengan adsorben karbon aktif dari tempurung kelapa dengan adsorbat ion ammonium. Surfaktan yang digunakan yaitu surfaktan *sodium dodecly benzene sulfonate* (SDBS) yang tergolong dalam surfaktan anionik. Variasi konsentrasi surfaktan yang digunakan yaitu 2 g/L, 5,5 g/L dan 9 g/L. Hasil terbaik didapatkan pada surfaktan SDBS dengan konsentrasi 9 g/L. Uji adsorpsi karbon aktif modifikasi SDBS

dilakukan dengan variasi waktu dan konsentrasi dengan hasil yang didapat karbon aktif yang dimodifikasi dengan SDBS meningkatkan daya adsorpsi ion ammonium.

BAB III
DASAR TEORI

3.1 Salak

Menurut Habib dkk., (2007) (Buah salak (*Salacca zalacca Reinw*) berasal dari Asia Tenggara. Buah salak berbentuk seperti telur dan kulit buah berwarna coklat. Salak (*Salacca zalacca*) merupakan salah satu jenis buah yang paling penting di Indonesia. Buah salak mengandung tiga bagian pada biji mencakup dengan daging putih. Sebagian besar buah salak dikonsumsi dengan segar dan beberapa diolah menjadi jus, buah kaleng dan selai.

Buah Salak termasuk spesies pohon palem (keluarga *Arecaceae*) asli Indonesia dan Malaysia. Buah salak tumbuh dalam kelompok di dasar telapak tangan, dan juga dikenal sebagai salak karena memiliki kulit bersisik coklat kemerahan. Di indonesia ada sekitar 18 varietas salak yang sedang dikembangkan di tingkat komersial (Sukewijaya dkk., 2009).

Buah Salak terdiri dari tiga bagian, yaitu kulit luar, kulit dalam, daging buah dan biji. Kulit yang masih segar atau yang baru dilepas umumnya mengandung air, karbohidrat, mineral dan protein. Kadar air dalam kulit salak cukup tinggi, yaitu sebesar 74,67% untuk salak pondok, dan 30,06% untuk salak Gading. Kadar karbohidrat sebesar 3,8% pada kulit salak pondok, dan 5,5% pada kulit salak gading, sedangkan kandungan protein sebesar 0,565% pada kulit salak pondok, dan 1,815% pada kulit salak gading (Zulfi dan Retno, 2009).



Gambar 1. Kulit salak (Nafisah, 2020)

3.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa terakumulasinya partikel pada permukaan. Partikel yang terakumulasi dan diserap oleh permukaan disebut adsorbat dan material tempat terjadinya proses adsorpsi disebut adsorben. Adsorben yang terbuat dari material biomassa umum disebut sebagai biosorben, sedangkan istilah biosorpsi dideskripsikan sebagai proses sorpsi menggunakan biomassa sebagai adsorben (Atkins, 1999). Pemanfaatan biomassa sebagai adsorben bukan hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi akan mendukung prinsip *zerowaste*, khususnya pada industri yang menghasilkan biomassa tersebut sebagai produk samping (Diantariani dkk., 2008).

Adsorpsi dapat terjadi pada antar fasa padat- cair, gas-cair atau padat-gas. Molekul yang terikat antarmuka disebut adsorbat, sedangkan adsorben adalah permukaan yang menyerap molekul- molekul adsorbat. Pada adsorpsi, interaksi Antara adsorbat dengan adsorben hanya terjadi pada permukaan adsorben. Adsorpsi merupakan gejala pada permukaan sehingga luas permukaan semakin besar, maka makin banyak zat yang teradsorpsi. Walaupun demikian, adsorpsi masih bergantung pada sifat zat pengadsorp (Fatmawati, 2006).

Berdasarkan daya tarik molekul adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi dua, yaitu:

a. Adsorpsi fisika

Adsorpsi yang disebabkan oleh gaya Van Der Walls yang ada pada permukaan adsorben, panas adsorpsinya rendah dan lapisan yang terjadi pada permukaan adsorben biasanya lebih kecil dari satu molekul. Adsorpsi secara fisik terjadi karena adanya perbedaan energi atau gaya tarik menarik elektrik (gaya Van der Waals) sehingga molekul-molekul adsorbat secara fisik terikat pada molekul adsorben. Jenis adsorpsi ini umumnya adalah lapisan ganda (multi layer) dalam hal ini tiap lapisan molekul terbentuk di atas lapisan-lapisan yang proporsional dengan konsentrasi kontaminan. Adsorpsi fisik ini bersifat dapat balik *(*reversible) yang berarti atom-atom atau ion-ion yang terikat dapat dilepaskan kembali dengan bantuan pelarut tertentu yang sesuai dengan sifat ion yang diikat (Rumidatul, 2006).

b. Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya reaksi antara zat yang diserap dengan adsorben panas adsorpsinya tinggi lapisan molekul pada adsorben hanya satu lapis, terbentuk ikatan kimia. Peristiwa adsorpsi terjadi karena ada daya tarik molekul di permukaan adsorben. Adsorpsi menurunkan ketidakseimbangan daya tarik yang terjadi di permukaan (Alberty, 1992). Cheremisinoff dan Ellerbusch mengemukakan bahwa adsorpsi secara kimia dimana ikatan yang terjadi merupakan ikatan kimia yang kuat dan bersifat tidak dapat balik *(*irreversible) karena pada pembentukannya diperlukan energi pengaktifan sehingga untuk melepaskannya diperlukan pula energi yang besarnya relative sama dengan energi pembentukan (Rumidatul, 2006).

Adsorben merupakan zat padat yang menyerap suatu komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Ukuran pori-pori yang sangat kecil mengakibatkan luas permukaan menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai mencapai 2000 m^2/g. Adsorben yang digunakan secara komersial dikelompokkan menjadi dua yaitu :

1. Adsorben non polar disebut juga *hydrophobic*
2. Adsorben polar disebut juga *hydrophilic*

Menurut IUPAC (*Internationl Union of Pure and Applied Chemical*) ada beberapa klasifikasi pori yaitu :

a. Mikropori : diameter < 2 nm
b. Mesopori : diameter 2 – 50 nm
c. Makropori : diameter > 50 nm

Pemilihan jenis adsorben pada proses adsorpsi, disesuaikan dengan sifat dan keadaan zat yang akan diadsorpsi. Tiap partikel adsorben dikelilingi oleh molekul 17 yang diserap karena adanya interaksi tarik menarik (Brady, 1999 dalam Azamia,2012).

Faktor faktor yang bisa mempengaruhi proses adsorpsi adalah (Syauqiah dkk., 2011):

1. Jenis adsorbat

Adsorpsi molekul yang mempunyai polarisabilitas tinggi (polar) akan memiliki kemampuan untuk dapat melakukan tarik menarik dengan molekul lain dibandingkan dengan molekul yang memiliki polarisabilitas rendah dan tidak dapat membentuk dipol (non polar). Sehingga peningkatan polarisabilitas adsorbat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi molekul. Adsorbat yang memiliki struktur rantai yang bercabang cenderung akan lebih mudah untuk diadsorpsi dibandingkan dengan adsorbat struktur rantai pendek.

2. Struktur molekul adsorbat

Adanya gugus hidroksil dan amino dapat mengakibatkan pengurangan terhadap kemampuan penyisihan sedangkan nitrogen dapat meningkatkan kemampuan penyisihan.

3. Konsentrasi adsorbat

Konsentrasi adsorbat sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi yang berlangsung, di mana semakin besar konsentrasi adsorbat di dalam larutan maka akan semakin banyak pula jumlah substansi yang akan terkumpul pada permukaan adsorben.

4. Luas permukaan adsorben

Luas permukaan adsorben ditentukan dari jumlah dan ukuran partikel adsorben yang digunakan. Adsorben yang memiliki luas permukaan yang semakin besar,

maka akan semakin banyak pula kemungkinan untuk zat dapat teradsorpsi pada permukaan adsorben.

5. Porositas adsorben

Daya adsorpsi suatu adsorben dipengaruhi oleh porositas dari adsorben itu sendiri, di mana adsorben yang memiliki porositas yang besar akan mempengaruhi daya adsorpsi yang lebih tinggi, begitu juga sebaliknya apabila porositas suatu adsorben kecil maka akan mempengaruhi daya adsorpsi yang kecil pula. Porisitas dari suatu adsorben dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi baik aktivasi secara kimia maupun secara fisika.

6. Waktu kontak

Waktu kontak akan menentukan kapan waktu kesetimbangan tercapai yang mana dihasilkan dari nilai kapasitas adsorpsi optimumnya.

7. Waktu kesetimbangan

Faktor yang memepengaruhi waktu kesetimbangan adalah :

a. Tipe dari biomassa yang digunakan (meliputi jumlah dan jenis ruang pengikatan)

b. Ukuran fisiologi dari biomassa yang digunakan (aktif atau tidak aktif)

c. Ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi

d. Konsentrasi ion logam

8. Kecepatan pengadukan

Kecepatan pengadukan menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dengan adsorbat. Bila pengadukan dilakukan terlalu lambat maka proses adsorpsi akan berlangsung secara lebih lambat pula, akan tetapi jika pengadukan dilakukan terlalu cepat maka akan meungkinkan terjadinya kerusakan terhadap struktur dari adsorben yang digunakan, sehingga membuatnya menjadi lebih cepat rusak dan mengakibatkan proses adsorpsi menjadi kurang optimal.

9. pH

Kelarutan ion logam dipengaruhi oleh pH larutan. Selain itu, pH larutan juga mempengaruhi terhadap aktivitas gugus fungsi yang terdapat pada biosorben serta

mempengaruhi terhadap kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi yang berlangsung.

10. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adorben terhadap adsorbat yang akan menyebabkan pori-pori pada adsorben
lebih terbuka, adapun pemanasan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan rusaknya adsorben sehingga akan menurunkan kemampuan adsorpsinya.

3.3 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah hubungan yang menggambarkan antara zat yang teradsorpsi dalam larutan pada sejumlah massa tertentu adsorben pada suatu keseimbangan (Purwaningsih, 2009). Proses adsorpsi dapat mengikuti beberapa pola isoterm adsorpsi. Pola isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich merupakan pola isoterm adsorpsi yang umum digunakan.

3.1.1 Isoterm Langmuir

Irving Langmuir pada tahun 1918 menggunakan model sederhana untuk mendeskripsikan serapan molekul pada permukaan padatan dan menurunkan persamaan untuk isoterm. Dasar-dasar yang digunakan pada isoterm adsorpsi Langmuir yaitu berdasarkan asumsi bahwa (a) keseluruhan situs aktif yang ada pada permukaan bersifat homogen, (b) adsorpsi yang terjadi antara adsorben dan adsorbat hanya terjadi pada 1 lapisan tunggal (*monolayer*), (c) penentuan permukaan tidak bergantung pada panas ketika adsorpsi berlangsung. Isoterm Langmuir secara teoritis dapat diturunkan persamaannya melalui asumsi bahwa keseimbangan terjadi antar molekul-molekul zat yang teradsorpsi oleh permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi (Maylani, 2015).

Persamaan Isoterm Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut:

$$qe/Ce = KL.qm - KL.qe$$

Dimana,

qm = Kapasitas maksimal adsorpsi (mg/g)

qe = Jumlah adsorbat yang teradsorp pada kesetimbangan (mg/g)

KL = Konstanta Langmuir (L/g)

Konstanta Langmuir (KL) dan kapasitas maksimum adsorpsi (qm) dapat ditentukan dengan memplotkan kurva linear antara Ce/qe dengan Ce, dengan slope 1/qm dan intersep 1/qm.KL. Konstanta Langmuir dalam hal ini juga mengacu pada energi antara ion logam dengan situs aktif (Maylani, 2015).

Menurut Sari (2019), terdapat 4 persamaan linear Langmuir yang dapat digunakan untuk menentukan isoterm adsorpsi Langmuir. Persamaan tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Jenis jenis persamaan Langmuir

Nama	Persamaan Linear	Plot	Slope	Intersep
Langmuir 1	$\frac{Ce}{qe} = \frac{1}{\text{KL.qm}} + \frac{ce}{qm}$	$\frac{Ce}{qe}$ *vs* Ce	$\frac{1}{\text{qm}}$	$\frac{1}{\text{KL. qm}}$
Langmuir 2	$\frac{1}{qe} = \frac{1}{\text{KL.qm}} + \frac{1}{Ce} + \frac{1}{\text{qm}}$	$\frac{1}{qe}$ *vs* $\frac{1}{Ce}$	$\frac{1}{\text{KL. qm}}$	$\frac{1}{\text{qm}}$
Langmuir 3	$qe = q - (\frac{1}{KL})\frac{qe}{Ce}$	qe *vs* $\frac{qe}{Ce}$	$\frac{1}{KL}$	qm
Langmuir 4	$\frac{qe}{Ce} = KL\ qm - KL\ qe$	$\frac{qe}{Ce}$ *vs* qe	KL	$KL\ qm$

3.1.2 Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich dapat diambil dengan mengubah anggapan bahwa pengikatan adsorbat dapat terjadi pada berbagai macam tempat adsorpsi pada permukaan padatan (Maylani, 2015). Menurut Maylani (2015), persamaan isoterm Freundlich didasarkan karena terbentuknya lapisan multilayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Namun pada adsorpsi Freundlich situs-situs aktif pada permukaan adsorben bersifat heterogen. Persamaan isoterm Freundlich dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\log qe = \log Kf + 1/n\ Ce$$

Keterangan:

Ce = konsentrasi setimbang ion logam berat dalam larutan (mg/L)

Kf = konstanta empirik isoterm Freundlich (L/mg)

qe = jumlah zat yang diadsorp pada kesetimbangan (mg/g)

(Aisyahlika dkk., 2018).

3.4 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi berhubungan dengan laju suatu reaksi sama halnya seperti kinetika kimia, akan tetapi pada kinetika adsorpsi lebih khusus membahas tentang sifat penting pada permukaan suatu zat. Laju penyerapan suatu zat pada jangka waktu tertentu oleh suatu adsorben dinamakan dengan kinetika adsorpsi. Kinetika adsorpsi dapat ditentukan dengan mengukur perubahan dari konsentrasi zat yang teradsorpsi, kemudian menentukan nilai k yang berupa slope/kemiringan serta memplotkannya pada grafik. Faktor yang mempengaruhi kinetika adsorpsi merupakan kecepatan adsorpsi yang terjadi, di mana kecepatan adsorpsi dapat didefinisikan sebagai banyaknya zat yang terserap per satuan waktu (Maylani, 2015).

Persamaan differensial untuk orde pertama semu (Buhani dkk, 2010) yaitu sebagai berikut :

$$dt/dqt = k\,(qe - qt)\,dt$$

Dimana :

qt = Jumlah EBT yang teradsorpsi pada saat waktu tertentu (mg/g)

qe = Jumlah EBT yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan (mg/g)

t = Waktu (menit)

k = Tetapan laju orde semu (min^{-1})

Selanjutnya dari hasil integrasi akan didapat sebuah persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log}\,(qe-qt) = \text{Log}\,qe - k1.t$$

Kemudian untuk pseudo orde 2 dimana model kinetika orde dua semu yang dikemukakan oleh Ho dan McKay berdasarkan pada kapasitas serapan di fase padatan, persamaan yang didapat sebagai berikut:

$$\frac{t}{dt} = \frac{1}{k(qe)^2}\,qe^{1}\;t$$

3.5 Zat Warna

Zat warna adalah gabungan zat organik yang tidak jenuh seperti senyawa hidrokarbon aromatik fenol dan turunannya, dan senyawa senyawa hirdrokarbon yang mengandung satu atau lebih gugus azo (-N=N). Zat warna banyak diaplikasikan pada industri industri besar diantaranya industri tekstil, fotografi warna dan pencetakan kertas (Screelatha dkk., 2011).

Zat warna tekstil dibagi sesuai dengan struktur kimianya atau aplikasinya pada serat tekstil dan aplikasi pewarnaan lainnya. Berdasarkan strukturnya zat warna tekstil diklarifikasikan menjadi zat warna azo, zat warna nitro, zat warna anthraquinone, zat warna indigo, zat warna phthalein dan lain lain (Ramadhani dkk., 2019).

Salah satu contoh zat warna adalah *Eriochrome Black-T* (EBT) yang tergolong dalam zat warna azo yang digunakan pada pencelupan sutra, wol, nilon dan digunakan dilaboratorium sebagai indikator dalam titrasi kompleksometri untuk mengetahui konsentasi $Zn^{2+,}$ Mg^{2+} dan Ca^{2+}. Zat warna EBT termasuk kedalam zat warna yang berbahaya karena merupakan lanjutan dari produk *naphthaquinone* yang bersifat lebih karsinogenik yang dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti kerusakan ginjal, kanker dan gangguan hati.



Gambar 2. Struktur EBT
(https://environmentalchemistry.wordpress.com/2013/12/)

3.6 Karbon Aktif

Menurut Rivera dkk., (2011) adsorben yang sangat baik untuk menghilangkan berbagai polutan adalah karbon aktif. Umumnya karbon aktif berbentuk padatan berwarna hitam. Karbon aktif memiliki bentuk generik dari berbagai macam produk yang mengandung karbon yang telah diaktivasi untuk meningkatkan luas permukaan karbon aktif. Karbon aktif berbentuk kristal mikro, karbon non grafit, yang pori-porinya telah mengalami proses pengembangan kemampuan untuk menyerap gas dan uap air dari campuran gas dan zat-zat yang tidak terlarut atau terdispersi dalam cairan. Tiap-tiap kristal, biasanya terdiri dari 3 atau 4 lapisan atom karbon dengan sekitar 20-30 atom karbon heksagonal pada tiap lapisan. Karbon aktif merupakan karbon yang telah mengalami proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaannya dengan membuka pori-porinya sehingga daya adsorpsinya dapat ditingkatkan. Karbon aktif merupakan senyawa karbon amorph, yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan (Jamilatun dan Setyawan, 2014).

Untuk memperoleh karbon aktif dilakukan dua tahap yaitu karbonisasi dan aktivasi. Pada proses karbonisasi komponen yang mudah menguap akan terlepas dari karbon kemudian karbon akan membentuk pori. sedangkan pada proses aktivasi akan terjadi peningkatan pori pori (Pujiyanto, 2010).



Gambar 3. Karbon aktif (Cahyo, 2015)

3.7 Surfaktan

Surface active agent atau yang biasa disebut surfaktan adalah zat yang ditambahkan pada cairan untuk meningkatkan sifat penyebaran dengan menurunkan tegangan permukaan cairan.Surfaktan mempunyai struktur molekul yang terdiri dari gugus hidrofilik dan gugus hidrofobik. Surfaktan telah banyak diaplikasikan pada berbagai industri. Produksi surfaktan di Indonesia terbatas sedangkan kebutuhan surfaktan diberbagai industri meningkat (Rachim dkk., 2012).

Berdasarkan muatan surfaktan, Surfaktan dibagi menjadi 4 golongan yaitu Surfaktan anionik, surfaktan kationik, surfaktan non ionik dan surfaktan amfoter. Dalam industri surfaktan banyak digunakan sebagai zat pembasah, zat pembusa, zat pengemulsi, zat anti busa, deterjen dan zat pencegah korosi (Rachim dkk., 2012).

Salah satu jenis surfaktan yang banyak digunakan diindustri adalah surfaktan *sodium dodecyl benzene sulfonate* (SDBS). Surfaktan SDBS adalah senyawa memiliki sifat linier-alkilbenzen sulfonat (LAS), oleh karena itu surfaktan SDBS mudah terurai secara alamiah dalam air. LAS yaitu rantai alkil lurus yang mampu mendegradasi surfaktan dengan bantuan mikroorganisme (Kurniawan, 2015). SDBS merupakan jenis surfaktan anionik yang mempunyai gugus nonpolar berupa rantai alkil panjang dan gugus benzena yang bermuatan negatif dan bersifat hidrofobik (Ratri, 2017).



Gambar 4. Struktur surfaktan SDBS (Lee dkk., 2018)

3.8 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu alat ukur untuk analisa unsur unsur berkadar rendah secara kualitatif dan kuantitatif. Penentuan secara kualitatif

berdasarkan puncak-puncak yang dihasilkan pada spektrum suatu unsur tertentu pada panjang gelombang tertentu, sedangkan penentuan secara kuantitatif berdasarkan nilai absorbansi yang dihasilkan dari spektrum senyawa kompleks unsur yang dianalisa dengan pengompleks yang sesuai (Noviarty dan Dian, 2013).

Spektrofotometer terbagi dalam dua jenis yaitu spektrofotometer berkas tunggal *(single beam)* dan berkas rangkap *(double beam).* Perbedaan antara berkas tunggal dan berkas rangkap adalah pada spektrofotometer *double beam* pengukuran dapat dilakukan secara bersamaan antara kuvet yang berisi larutan contoh atau standar dan kuvet yang berisi blanko dalam satu ruang sehingga pembacaan serapan zat tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan listrik karena blangko dan zat diukur pada saat yang bersamaan (Dwi dan Syamsudin, 2013).

Spektrofotometer UV-Vis atau bisa disebut spektrofotometer ultraviolet-sinar tampak terbagi dua daerah berdasarkan panjang gelombang yang dihasilkan yaitu daerah UV dan daerah visible. Panjang gelombang 180-380 nm untuk daerah UV dan 380-780 nm untuk daerah *visible* atau sinar tampak (Dwi dan Syamsudin, 2013). Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorban pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer (Rohman, 2007).



Gambar 5.*Spektrofotometer UV- Vis*

(http://www.indotechsci.co.id/id/spektrofotometer/)

Mekanisme kerja alat spektrofotometer UV-Vis adalah sinar dari sumber sinar dilewatkan melalui celah masuk, kemudian sinar dikumpulkan agar sampai ke prisma untuk didifraksikan menjadi sinar-sinar dengan panjang gelombang tertentu. Selanjutnya sinar dilewatkan ke monokromator untuk menyeleksi panjang gelombang yang diinginkan. Sinar monokromatis melewati sampel dan akan ada sinar yang diserap dan diteruskan. Sinar yang diteruskan akan dideteksi oleh detektor. Detektor akan menghitung sinar yang diterima dan mengetahui cahaya yang diserap oleh sampel. Sinar yang diserap oleh sampel sebanding dengan konsentrasi zat yang terkandung dalam sampel (Triyati, 1985) Komponen pada instrumen spektrofotometer UV-Vis yaitu :

1. Sumber radiasi

   Sumber radiasi berfungsi memberikan energi radiasi pada daerah panjang gelombang yang tepat untuk pengukuran dan mempertahankan intensitas sinar yang tetap pada pengukuran. Sumber radiasi untuk spektrofotometer UV-VIS adalah lampu hidrogen atau deuterium dan lampu filamen. Lampu hidrogen digunakan untuk mendapatkan radiasi di daerah ultraviolet sampai 350 ran. Lampu filamen digunakan untuk daerah sinar tampak sampai inframerah dekat dengan panjang gelombang 350 nm sampai sekitar 250 nm yaitu (Dwi dan Syamsudin, 2013).

2. Monokromator

   Monokromator berfungsi menghasilkan radiasi monokromatis yang diperoleh dilewatkan melalui kuvet yang berisi sampel dan blanko secara bersaman dengan bantuan cermin berputar yaitu (Dwi dan Syamsudin, 2013).

3. Kuvet atau wadah sampel

   Kebanyakan analisis menggunakan spektrofotometer melibatkan larutan dan karenanya kebanyakan kuvet adalah sel untuk menaruh cairan ke dalam berkas cahaya spektrofotometer. Sel tersebut mampu meneruskan energi cahaya dalam daerah spektra yang diminati. Dalam instrumen, tabung reaksi silindris kadang-kadang digunakan sebagai wadah sampel. Penting bahwa tabung-tabung semacam itu diletakkan secara reprodusibel dengan

membubuhkan tanda pada salah satu sisi tabung dan tanda itu selalu tetap arahnya tiap kali ditaruh dalam instrumen (Khopkar, 2003).

4. Detektor

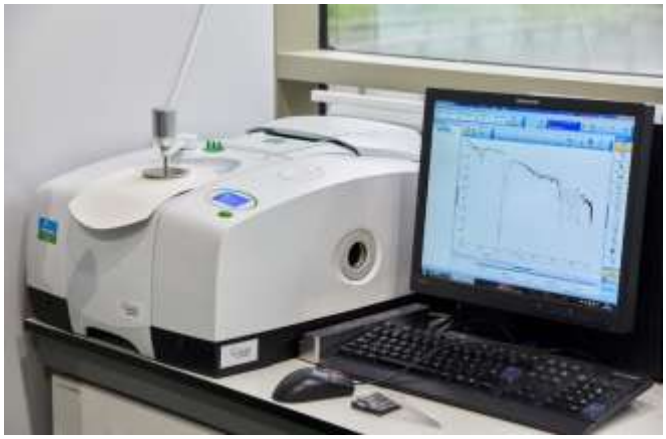
Detektor berfungsi untuk menangkap sinar yang diteruskan oleh larutan. Sinar kemudian diubah menjadi sinyal listrik oleh amplifier dan rekorder kemudian ditampilkan dalam bentuk angka-angka pada reader (komputer). Detektor dapat memberikan respon terhadap radiasi pada berbagai panjang gelombang (Khopkar, 2003).

5. Rekorder

Fungsi rekorder mengubah panjang gelombang hasil deteksi dari detektor yang diperkuat oleh amplifier menjadi radiasi yang kemudian diubah menjadi sinyal-sinyal listrik dalam bentuk spektrum. Spektrum tersebut selanjutnya dibawa ke monitor sehingga dapat dibaca dalam bentuk absorbansi (Khopkar, 2003).

3.9 Spektrofotometer Inframerah

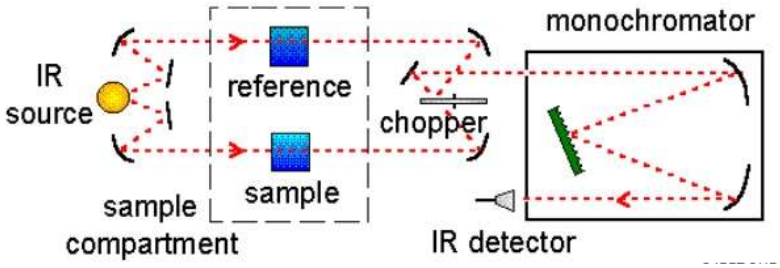
Fourier *Transform Infra Red* atau yang disingkat FTIR, merupakan teknik yang digunakan untuk mendapatkan spektrum inframerah dari absorbansi, emisi, fotokonduktivitas atau *Raman Scattering* dari sampel padat, cair, dan gas. Karakterisasi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis vibrasi antar atom (Hindrayawati, 2010; Mujiyanti dkk., 2010). FTIR juga dapat digunakan untuk menganalisa gugus fungsi suatu senyawa organik dan informasi struktur suatu senyawa organik dengan membandingkan daerah sidik jarinya (Dachriyanus, 2004).



Gambar 6. Spektrofotometer Inframerah
(https://www.nanogune.eu/equipment/ftir-spectrometer-perkinelmer-frontier)

Prinsip kerja FTIR berupa *infrared* akan melewati celah sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi ysng disampaikan kepada sampel. Selanjutnya beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer (Thermo, 2001).

Spectroscopy FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian akan diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh (Giwangkara, 2006).



Gambar 7. Komponen Spektrofotometer Inframerah
(https://www.slideshare.net/SyarifHamdani/spektrofotometri-infra-merah-67546161)

3.10 *Total Organic Carbon* (TOC)

Total Organic Carbon (TOC) adalah banyak/jumlah karbon yang terdapat didalam senyawa organik (Jamaluddin dkk., 2018). Metode TOC yaitu proses oksidasi kimia yang bertujuan untuk mengubah karbon organik menjadi CO_2. Terdapat 2 cara pengukuran TOC yaitu pengukuran langsung dan tidak langsung. Pada pengukuran langsung yang pertama dilakukan yaitu komponen IC dihilangkan terlebih dahulu dengan memberikan senyawa asam ke sampel lalu gas hasil reaksi asam dan IC dibuang ke udara. Kemudian sampel yang sudah bersih dari komponen IC dioksidasi untuk merubah carbon menjadi CO_2 sedangkan pada pengukuran tidak langsung yang diukur total carbon dan IC, lalu IC dikurangi dari total karbon untuk mendapatkkan TOC (Asro, 2008).



Gambar 8. Instrumen TOC (Dewi, 2013)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 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%, HCl 1 M, *Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate* (SDBS*)* 9 g/L, Akuades, NaOH 1 N, H_2SO_4 1 N, H_2SO_4 6 N, larutan fosfat, zat warna *Erichrom Black T* (EBT).

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

4.2 Cara Kerja

4.2.1 Karbonisasi

Kulit salak dicuci sampai bersih, dikeringkan dibawah sinar matahari selama 3 hari dan dipotong kecil. Setelah itu dikarbonisasi dalam *furnace* pada suhu 300 ^oC selama 1 jam agar menjadi arang (Hartanto dan Ratnawati, 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).

4.2.3 Aktivasi karbon aktif

Kemudian dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan larutan KOH (20%-b) dengan perbandingan massa kulit salak dan KOH sebesar 1:4, kontak dilakukan selama 20 jam dan selanjutnya dikeringkan dalam oven 110 ^{o}C selama 24 jam. Setelah kering, karbon aktif dikarbonisasi akhir pada suhu 300 ^{o}C selama 1 jam (Hartanto dan Ratnawati, 2010). Kemudian dicuci dengan HCl 1 M dan air demin hingga air pencucian mencapai pH 6-7 dan diakhiri dengan pengeringan dalam oven 110 ^{o}C selama 2 jam (Apecsiana, 2016).

4.2.4 Modifikasi karbon aktif

Karbon aktif dimodifikasi dengan agitasi dalam larutan surfaktan. Larutan surfaktan dibuat dengan malarutkan *Sodium Dedocyl Benzene Sulfonate* (SDBS). Konsentrasi larutan surfaktan SDBS yang digunakan yaitu 9 g/L. Sebanyak 200 mL larutan surfaktan SDBS ditambahkan 10 gram karbon aktif dan diagitasi 180 rpm selama 24 jam pada temperatur ruangan menggunakan *mechanical shaker*. Karbon aktif kemudian dipisahkan dan dicuci menggunakan air distilat sebanyak 10 kali dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 60 °C semalam (Lee dkk, 2018). Kemudian jumlah surfaktan yang terikat pada karbon aktif dihitung dengan mengukur perbedaan konsentrasi TOC dari larutan surfaktan sebelum dan sesudah ditambahkan karbon aktif. TOC diukur dengan menggunakan TOC *analyzer*. Selain itu, karakterisasi material juga dilakukan dengan analisis FTIR guna mengobservasi gugus fungsi yang ada pada karbon aktif dan karbon aktif termodifikasi surfaktan.

4.2.5 Stabilitas modifikasi Surfaktan

Karbon aktif termodifikasi sebanyak 10 gram ditambahkan kedalam 200 mL air suling kemudian diagitasi 180 rpm pada temperatur ruang selama 24 jam. Setelah itu fase air disaring dan konsentrasi larutan surfaktan dari filtrat ditentukan dengan TOC *analyzer*. Banyaknya surfaktan yang terkandung dalam filtrat menggambarkan surfaktan yang terdesorpsi.

4.2.6 Uji kinetik Adsorpsi

Eksperimen kinetik adsorpsi dilakukan pada karbon aktif tidak termodifikasi dan karbon aktif termodifikasi dengan konsentrasi surfaktan SDBS yang ditambahkan 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 digojog 260 rpm pada temperatur ruang selama proses adsorpsi. Lamanya proses adsorpsi divariasi 5, 10, 30, 45, 60 sampai 75 menit. Setelah dipisahkan dengan adsorben, konsentrasi akhir zat warna dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dan kapasitas adsorpsi (q_e) dihitung dengan menentukan persamaan kinetik (Fajarwati dkk., 2019).

4.2.7 Uji isoterm Adsorpsi

Uji isoterm Adsorpsi dilakukan pada karbon aktif tidak termodifikasi dan karbon aktif termodifikasi dengan konsentrasi surfaktan SDBS yang ditambahkan 9 g/L. Percobaan ini dilakukan menggunakan 10 mL larutan EBT dan massa adsorben 0,04 g. Variasi konsentrasi EBT adalah 1000, 1100, 1200, 1300 dan 1400 mg/L. Larutan zat warna diaduk dalam shaker digojog pada kecepatan 260 rpm selama 15 menit. Setelah pemisahan dari adsorben, terakhir konsentrasi zat warna dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan kapasitas adsorpsi (qe) dihitung dengan persamaan Freundlich dan Langmuir (Fajarwati dkk., 2019).

BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang modifikasi karbon aktif dari kulit salak dengan surfaktan *sodium dodecyl benzene sulfonate* (SDBS) yang digunakan sebagai adsorben untuk penyerapan zat warna *erichrome black- T* (EBT) telah dilakukan di Laboratorium Penelitian Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia, tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik karbon aktif dari kulit salak dengan modifikasi surfaktan SDBS dan mengetahui pengaruh adsorpsi dengan variasi waktu dan konsentrasi karbon aktif terhadap penyerapan zat warna EBT. Sampel kulit salak diperoleh didaerah Turi, Sleman, Yogyakarta. Penelitian ini diawali dengan pembuatan karbon aktif dari kulit salak dengan karbonisasi, yang kemudian karbon aktif dilakukan aktivasi menggunakan aktivator KOH. Karbon aktif yang telah di aktivasi dimodifikasi dengan surfaktan SDBS. Selanjutnya karbon aktif yang telah dimodifikasi surfaktan SDBS di lakukan karakterisasi menggunakan instrumen FTIR, UV VIS dan *Total organic carbon* (TOC).

5.1 Karbonisasi

Pada karbonisasi ini tahap awal yang dilakukan terlebih dahulu adalah preparasi sampel yaitu dengan mencuci kulit salak sampai bersih dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3 hari untuk menghilangkan kadar air pada kulit salak. Kemudian kulit salak yang sudah kering dikarbonisasi menggunakan *furnace* dengan suhu 300 °C selama 50 menit. Proses karbonisasi adalah proses pembakaran bahan baku dengan udara terbatas dengan temperatur udara antara 300 - 900 °C sesuai dengan kekerasan bahan baku yang digunakan. Proses karbonisasi menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk hidrokarbon, tar, uap asam asetat dan metanol. Material padat yang tertinggal sesudah proses karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang (Ramdja dkk., 2008).

Setelah proses karbonisasi selesai, karbon didinginkan dalam desikator selama 30 menit. Massa akhir kulit salak sesudah proses karbonisasi yaitu 53,68 gram dengan massa kulit salak sebelum karbonisasi yaitu 105,84 gram sehingga diperoleh rendemen karbon sebesar 50,71%.

5.2 Aktivasi

Karbon aktif yang didapat dari hasil *furnace* kemudian dilakukan aktivasi kimia. Aktivasi kimia adalah pemutusan rantai arang dari senyawa organik sehingga memperluas pori-pori pada karbon aktif kulit salak. Proses aktivasi kimia melibatkan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktif. Pada penelitian ini bahan kimia yang digunakan untuk aktivasi adalah bahan kimia yang bersifat basa yaitu KOH. Digunakan KOH karena pada proses aktivasi karbon akan bereaksi dengan pengaktivasi KOH yang kemudian membentuk pori dan menghasilkan CO_2 yang berdifusi pada permukaan karbon. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Vincent, 2015) aktivasi menggunakan basa KOH menghasilkan hasil yang terbaik dibanding senyawa lain seperti $ZnCl_2$, K_2CO_3 dan H_3PO_4. Tujuan dilakukan aktivasi yaitu untuk memperbesar pori dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga permukaan karbon bertambah besar dan mengoptimalkan hasil adsorpsi. Aktivasi menggunakan KOH dilakukan selama 20 jam dan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 24 jam untuk menghilangkan senyawa yang masih tersisa di karbon aktif. Setelah itu karbon aktif dikarbonisasi akhir pada suhu 300 °C selama 1 jam selanjutnya karbon aktif dicuci dengan HCI 1 M dan air denim untuk menghilangkan senyawa KOH yang ada dikarbon aktif sehingga karbon aktif mencapai pH netral yaitu 6-7 dan diakhir dikeringkan dalam oven suhu 110 °C selama 2 jam. Reaksi yang terjadi pada proses aktivasi karbon dengan larutan KOH sebagai berikut:

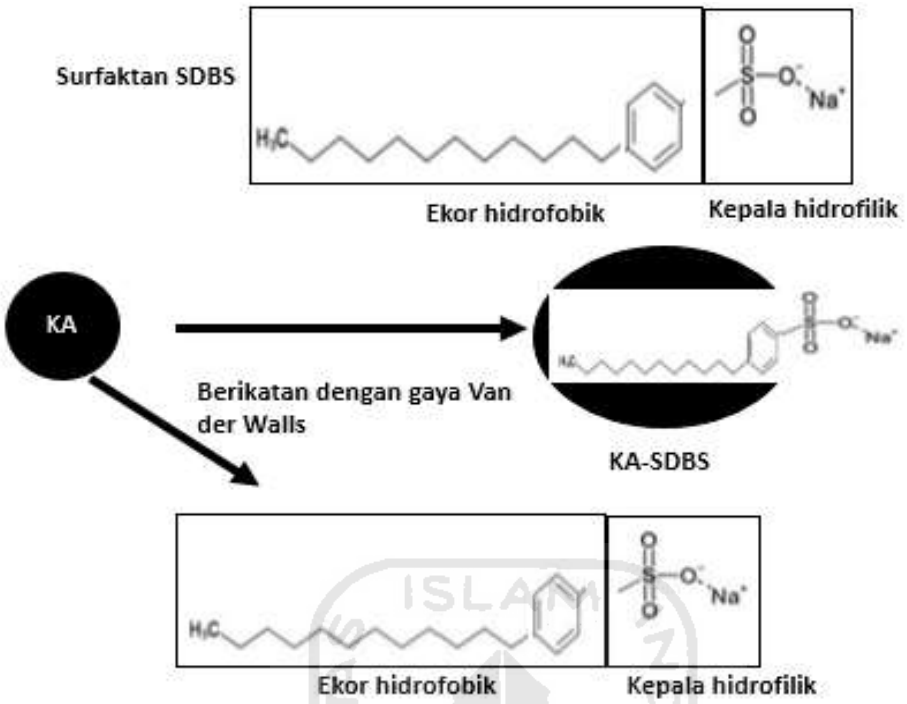
$$4KOH_{(aq)} + C_{(s)} \leftrightarrow 4K_{(s)} + CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

$$6KOH_{(aq)} + C_{(s)} \leftrightarrow 2K_{(s)} + 3H_{2(g)} + 2K_2CO_{3(S)}$$

$$4KOH_{(aq)} + 2CO_{2(g)} \leftrightarrow 2K_2CO_{3(S)} + 2H_2O_{(I)}$$

5.3 Modifikasi karbon aktif menggunakan surfaktan

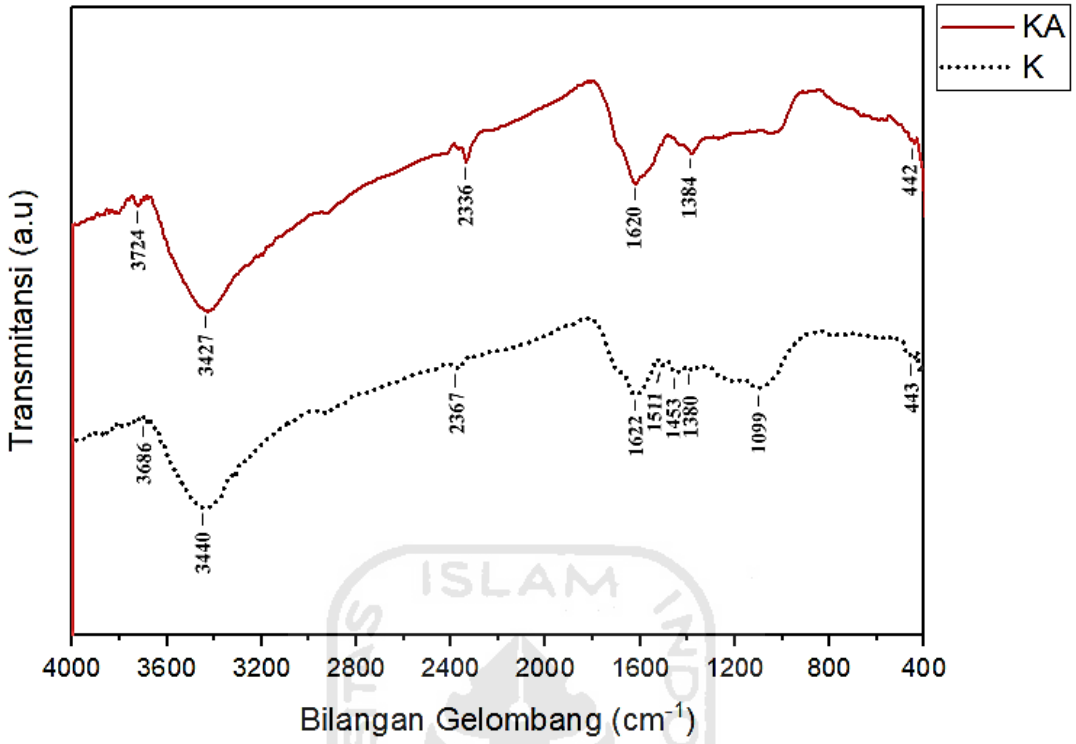
Karbon aktif yang telah diaktivasi kemudian dimodifikasi dengan surfaktan SDBS, tujuan dilakukan modifikasi karbon aktif dengan surfaktan yaitu untuk memaksimalkan daya adsorpsi karbon aktif pada penyerapan limbah zat warna EBT. Digunakan surfaktan SDBS karena surfaktan SDBS merupakan jenis surfaktan anionik sehingga memiliki situs aktif berupa anionik yang dapat mengikat kation, digunakan konsentrasi 9 g/L karena pada penelitian yang dilakukan Lee dkk., (2018) konsentrasi serupa menghasilkan hasil yang baik dan tidak menimbulkan busa berlebih pada saat proses modifikasi dengan SDBS. Pembentukan busa berlebih karena penambahan surfaktan secara berlebih dapat membuat surfaktan tidak terikat pada permukaan karbon aktif dan surfaktan akan lebih banyak membentuk misel dibanding surfaktan yang berikatan dengan karbon aktif (Bhardwaj dkk., 2012). Larutan surfaktan yang digunakan sebanyak 200 mL yang ditambahkan dengan 10 gram karbon aktif kemudian digojog selama 24 jam tujuan digojog menggunakan alat *mechanical shaker* pada temperatur ruang untuk menghomogenkan karbon aktif dan larutan surfaktan SDBS. Setelah itu karbon aktif dipisahkan dan dicuci menggunakan air distilat sebanyak 10 kali dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 60 °C selama semalam tujuannya agar pada karbon aktif tidak ada senyawa yang masih menempel dan menghilangkan kadar air yang masih ada pada karbon aktif. Melalui gaya Van der Walls surfaktan SDBS akan berikatan dengan karbon aktif antara rantai hidrofobik SDBS dengan karbon aktif pada permukaan non polar (Kuang dkk., 2020).



Gambar 9. Interaksi karbon aktif (KA) dengan surfaktan SDBS

5.4 Hasil karakterisasi karbon aktif dari kulit salak menggunakan FTIR

Analisis gugus fungsi karbon aktif menggunakan instrumen FTIR bertujuan untuk melihat gugus fungsi dan perubahan gugus fungsi dari bahan atau senyawa yang digunakan. Dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR untuk melihat perubahan gugus fungsi pada karbon aktif dari kulit salak tanpa aktivasi, karbon aktif dari kulit salak yang di aktivasi, karbon aktif yang dimodifikasi surfaktan SDBS dan surfaktan SDBS murni.



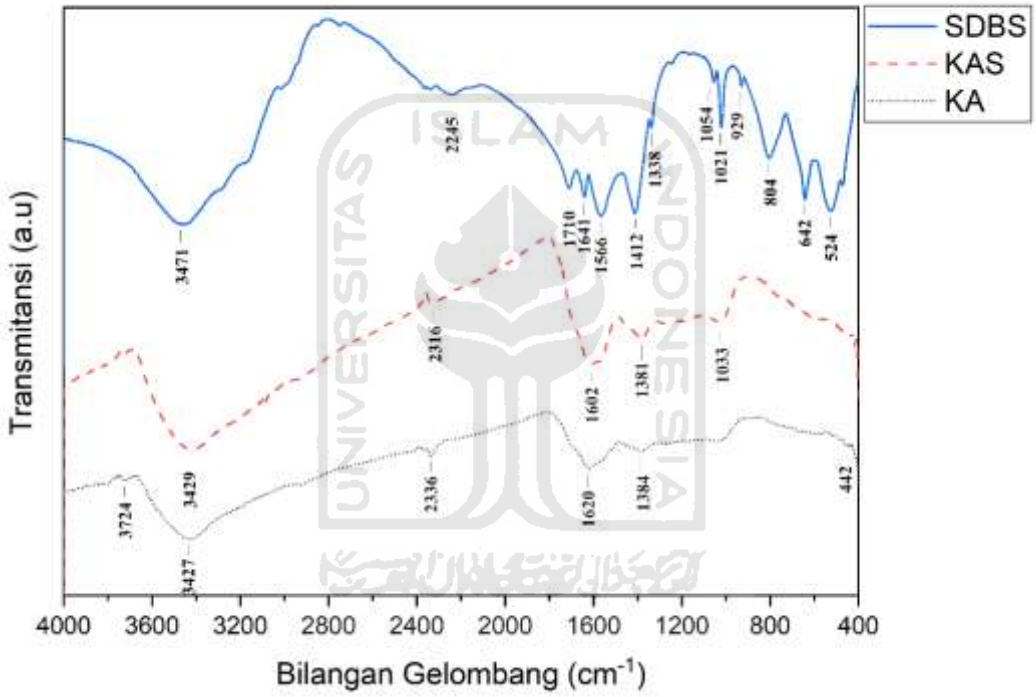
Gambar 10. Spektra FTIR karbon (K) dan karbon aktif (KA)

Gambar 10 merupakan hasil spektra FTIR karbon tanpa aktivasi (K) dan karbon aktif yang diaktivasi (KA) yang difurnace pada suhu 300 °C selama 50 menit, pada FTIR karbon (K) diperoleh serapan IR pada bilangan gelombang 3686 cm^{-1} yang merupakan serapan dari gugus fungsi O-H dan pada spektra FTIR karbon aktif (KA) bilangan gelombang untuk gugus O-H mengalami kenaikan menjadi 3724 cm^{-1} yang menandakan mulai terbentuknya senyawa aromatik yang merupakan unsur penyusun karbon aktif (Menendes dkk., 2010). Pada FTIR KA juga diperoleh serapan yang kuat pada bilangan gelombang 3427 cm^{-1} yang merupakan gugus O-H pada holoselulosa dan lignin kulit salak. Pada saat karbonisasi peningkatan suhu mengakibatkan gugus O-H terurai menjadi struktur baru yaitu rantai karbon (Caroline dkk., 2015). Selanjutnya pada bilangan gelombang 2366 cm^{-1} merupakan serapan gugus fungsi C≡C.

Pada spektra FTIR K dan KA diperoleh bilangan gelombang 1622 cm^{-1} dan 1620 cm^{-1} yang merupakan serapan gugus fungsi C=C. Gugus fungsi C=C menandakan adanya peningkatan kadar karbon (Muhammad dkk., 2017). Dan di

daerah *finger print* terdapat serapan pada bilangan gelombang 442 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi siloksan (Si-O).

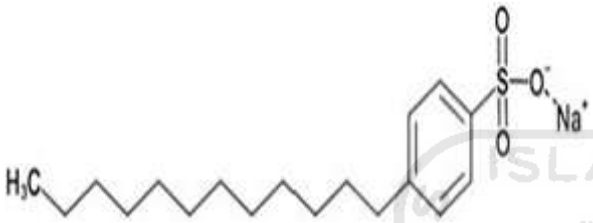
Selanjutnya pada spektra FTIR KA terdapat bilangan gelombang yang hilang dari FTIR karbon yaitu serapan IR pada bilangan gelombang 1511 cm^{-1}, 1453 cm^{-1} dan 1099 cm^{-1}. Bilangan gelombang 1453 cm^{-1} merupakan gugus fungsi C-H. Kemudian bilangan gelombang 1099 cm^{-1} merupakan gugus fungsi C-O.



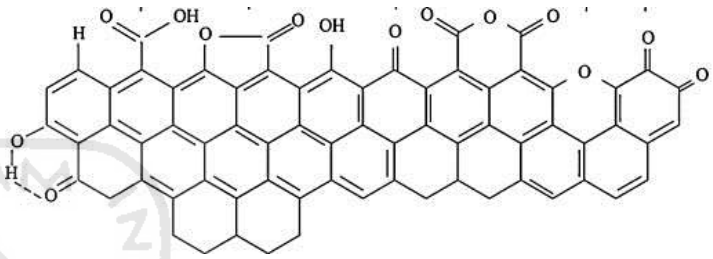
Gambar 11. Spektra FTIR karbon aktif (KA), Karbon aktif modifikasi surfaktan SDBS (KA-S) dan SDBS murni

Gambar 11 merupakan perbandingan spektra Spektra FTIR karbon aktif (KA), Karbon aktif modifikasi surfaktan SDBS (KA-S) dan SDBS murni. Karakterisasi FTIR tersebut untuk mengetahui apakah sesudah proses modifikasi karbon aktif dengan surfaktan SDBS, surfaktan SDBS terembankan pada permukaan karbon aktif. Berdasarkan Gambar 11 diatas dapat terlihat pada spektra FTIR KA-S ada beberapa bilangan gelombang yang hilang dari spektra FTIR KA yaitu pada bilangan gelombang 3724 cm^{-1} yang merupakan gugus O-H dan bilangan

gelombang 442 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi Si-O. Selain ke 2 bilangan gelombang tersebut bilangan gelombang yang lain hanya sedikit mengalami perubahan. Dan karena adanya kemiripan antara gugus fungsi yang ada pada surfaktan SDBS dan karbon aktif diantaranya gugus fungsi C-C, O-H dan C=C. Namun, pada spektra FTIR KA-S muncul bilangan gelombang baru yaitu pada bilangan gelombang 1033 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi SO_2 yang juga terdapat pada spektra FTIR surfaktan SDBS murni.



Gambar 12. Struktur Kimia SDBS (Lee dkk., 2018)



Gambar 13. Struktur Karbon Aktif (Shafeeyan dkk., 2010)

5.5 Karakterisasi karbon aktif kulit salak menggunakan TOC

Larutan surfaktan yang telah dikontakkan dengan karbon aktif dari kulit salak dikarakterisasi menggunakan instrumen TOC *analyzer* untuk menentukan efisiensi surfaktan yang terikat pada karbon aktif sehingga jumlah surfaktan yang terikat/menempel pada karbon aktif dapat diketahui. Pada penelitian ini efisiensi surfaktan SDBS yang terikat pada karbon aktif pada proses modifikasi ditentukan dari konsentrasi *Total Organic Carbon (*TOC) dari surfaktan awal sebelum ditambahkan karbon yaitu 3365 mgTOC/L yang dikurangi dengan konsentrasi TOC sesudah ditambahkan karbon aktif yaitu 3117 mgTOC/L. Sehingga didapat nilai efisiensi surfaktan SDBS yaitu 7,3699%.

Efisiensi surfaktan yang terikat pada karbon aktif dipengaruhi oleh nilai Critical Micelle Concentration (CMC) surfaktan dan hidrofobilitas dalam rantai hidrokarbon. (Lee dkk., 2018). Nilai efisiensi yang didapat pada penelitian ini cukup rendah jika dibandingkan dengan nilai efisiensi yang didapatkan pada penelitian sebelumnya tentang modifikasi karbon aktif dengan surfaktan anionik,

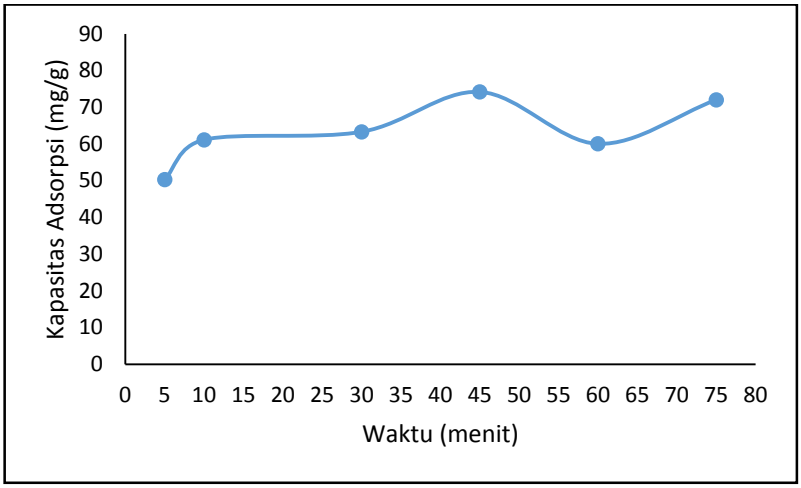
tetapi konsentrasi surfaktan yang digunakan lebih rendah dari nilai CMC SDBS, sehingga tidak ada efek kompetitif pembentukan misel pada proses modifikasi dengan surfaktan SDBS.

Untuk persentase desorpsi dipengaruhi oleh hidrofobisitas untuk menentukan stabilitas surfaktan dalam modifikasi karbon aktif (Ahn dkk., 2009). Nilai rasio desorpsi didapatkan dari konsentrasi TOC dari larutan surfaktan sisa rendaman karbon aktif pada modifikasi karbon aktif dengan surfaktan SDBS yang dibandingkan dengan konsentrasi TOC surfaktan awal yang terikat pada karbon aktif. Nilai rasio desorpsi yang didapat yaitu 0,378 %, besarnya Rasio desorpsi menandakan banyaknya surfaktan yang lepas dari karbon aktif pada saat proses aplikasi. Tujuan mencari nilai rasio desorpsi yaitu untuk mencegahnya lepasnya surfaktan selama proses aplikasi sehingga meminimalisir terbentuknya polusi dalam limbah.

5.6 Aplikasi KA dan KA-SDBS sebagai adsorben EBT

5.6.1 Penentuan waktu kontak optimum

Penentuan waktu kontak optimum dilakukan untuk mengetahui pada menit keberapa adsorben dapat mengadsorpsi adsorbat lebih banyak. Salah satu yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi adalah waktu kontak, dimana semakin lama waktu kontak yang digunakan maka adsorben akan semakin banyak mengadsorpsi adsorbat. Hal ini dapat terjadi karena kontak yang terjadi antara adsorben dan adsorbat lebih lama sehingga hasil yang didapat maksimal. Adsorbat yang digunakan pada penelitian ini adalah zat warna EBT dengan konsentrasi awal 1000 mg/L. Variasi waktu kontak yang digunakan yaitu 5, 10, 30, 45, 60 sampai 75 menit.



Gambar 14. Variasi waktu terhadap adsorben karbon Aktif (KA)

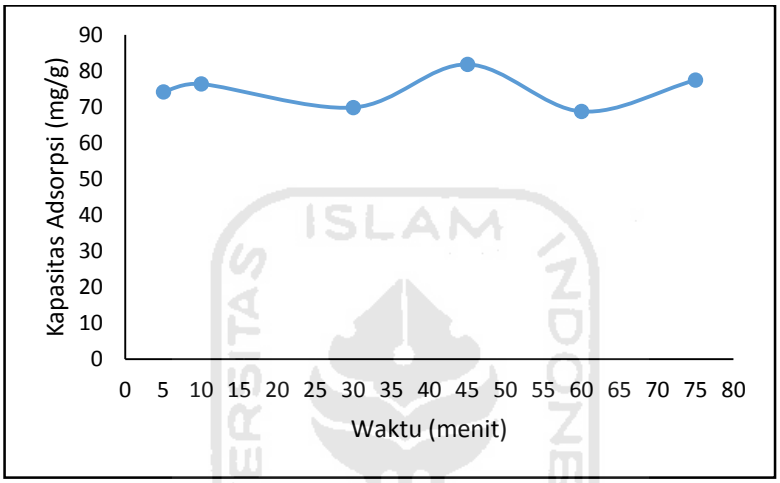
Gambar 14 merupakan proses adsorpsi larutan zat warna EBT oleh KA dengan waktu kontak 5-75 menit. Terlihat pada waktu kontak 5-10 menit kurva mengalami kenaikan, pada waktu 10–30 menit stabil, kemudian menit ke 30–45 mengalami kenaikan kembali,lalu pada menit ke 45-60 mengalami penurunan yang ini disebabkan karena terjadi desorpsi yang mengakibatkan daya adsoprsi zat warna EBT berkurang dan pada menit 60 –75 menit mengalami kenaikan kembali. Hal ini mungkin disebabkan permukaan kosong semakin berkurang karena lamanya waktu kontak antara adsorben dan larutan zat warna EBT sehingga kemampuan adsorben menyerap molekul zat warna EBT semakin menurun.

Hasil perhitungan yang didapat kapasitas adsorpsi zat warna EBT yang teradsorpsi oleh adsorben KA pada variasi waktu 5, 10, 30, 45, 60 sampai 75 menit secara berturut – turut adalah 50,27 mg/g; 61,14 mg/g; 63,31 mg/g; 74,18 mg/g; 60,05 mg/g dan 72,01 mg/g dengan hasil presentase zat warna EBT yang diserap oleh adsorben KA adalah 20,13%, 24,48%, 25,35%, 29,71%, 24,05% dan 28,84%.

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diketahui waktu kontak maksimum yang digunakan untuk adsorpsi zat warna EBT oleh KA yaitu pada waktu 45 menit dengan jumlah zat warna EBT yang diadsorpsi oleh adsorben KA 74,18 mg/g dengan presentase adsorpsi sebesar 29,71%. Dimana kapasitas adsorpsi merupakan kemampuan KA untuk mengadsorpsi zat warna EBT sedangkan persen adsorpsi

adalah banyaknya KA yang mengadsorpsi zat warna EBT dalam jumlah tertentu dan volume tertentu.

Kemudian pada KA-SDBS juga di tentukan waktu kontak optimum dengan Variasi Waktu kontak yang digunakan yaitu 5, 10, 30, 45, 60 sampai 75 menit. Berdasarkan data yang ada, diperoleh kurva antara waktu vs kapasitas adsorpsi (KA-SDBS) seperti yang terlihat pada Gambar 13.



Gambar 15. Variasi waktu terhadap karbon Aktif termodifikasi SDBS (KA-SDBS)

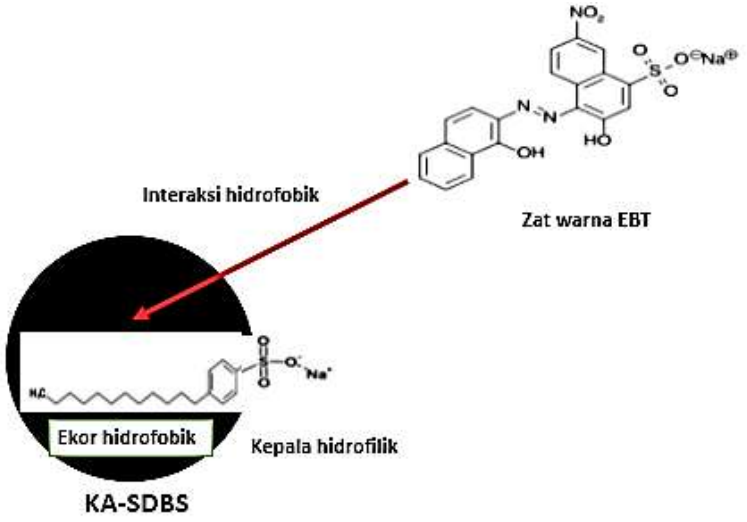
. Gambar 15 merupakan proses adsorpsi larutan zat warna EBT oleh KA-SDBS dengan waktu kontak 5 -75 menit. Terlihat pada waktu kontak 5 – 10 menit mengalami kenaikan, kemudian pada menit 10–30 kurva mengalami penurunan lalu menit ke 30-35 menit mengalami kenaikan kembali, lalu kurva kembali mengalami penurunan pada menit ke 45–60 menit dan kembali naik pada menit ke 60-75 menit.

Hasil perhitungan yang didapat kapasitas adsorpsi zat warna EBT yang teradsorpsi oleh adsorben KA-SDBS dengan varasi waktu kontak yang digunakan yaitu 5, 10, 30, 45, 60 sampai 75 menit secara berturut – turut adalah 78,18 mg/g; 76,36 mg/g; 69,84 mg/g; 81,79 mg/g; 68,75 mg/g dan 77,45 mg/g dengan hasil presentase zat warna EBT yang diserap oleh adsorben KA-SDBS adalah 29,71%, 30,58%, 27,97%, 32,75%, 27,53% dan 31,01%.

Berdasarkan hasil perhitungan diatas diketahui waktu kontak optimum yang digunakan untuk adsorpsi zat warna EBT oleh adsorben KA-SDBS yaitu pada waktu 45 menit dengan jumlah zat warna EBT yang diadsorpsi oleh adsorben KA-SDBS 81,79 mg/g dengan presentase adsorpsi sebesar 32,75%.

Berdasarkan hasil adsorpsi KA dan KA-SDBS dapat disimpulkan waktu kontak optimum keduanya sama yaitu pada menit ke 45 tetapi kapasitas adsorpsi dan presentase adsorpsi yang berbeda dimana pada adsorpsi KA kapasitas adsorpsi dan presentase adsorpsi lebih kecil dari adsorpsi KA-SDBS yaitu 74,18 mg/g dan 29,71% sedangkan pada adsorpsi KA-SDBS yaitu 81,79 mg/g dan 32 75%. Hasil yang didapat membuktikan bahwa modifikasi karbon aktif dengan surfaktan SDBS meningkatkan kapasitas adsorpsi.

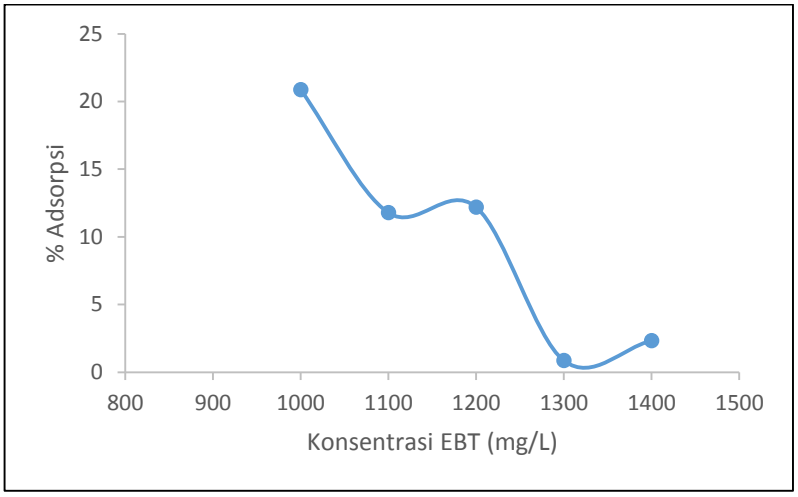
Surfaktan SDBS merupakan surfaktan anionik yang memiliki gugus hidrofobik dibagian ekor dan gugus hidrofilik dibagian kepala. Oleh karena itu surfaktan SDBS mengandung komponen yang tidak larut dalam air. Adsorpsi zat warna EBT oleh adsorben KA-SDBS terjadi karena interaksi gugus hidrofobik pada surfaktan SDBS dan gugus hidrofobik pada zat warna EBT. Gugus hidrofobik memiliki peran penting dalam proses adsorpsi karena gugus hidrofobik mempunyai kapasitas daya serap yang tinggi pada proses adsorpsi. Selain itu, terdapat juga ikatan phi yang terbentuk karena adanya gesekan antara ikatan rangkap pada cincin KA-SDBS dengan ikatan rangkap pada cincin zat warna EBT (Uner dkk., 2016).



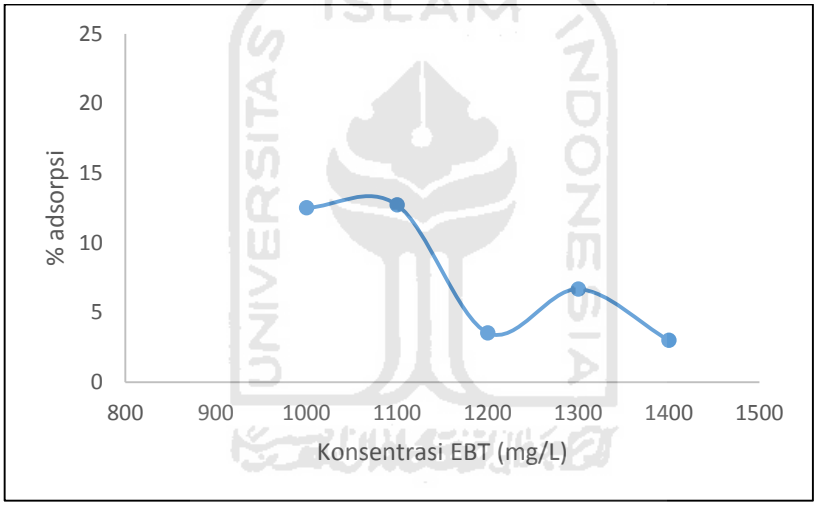
Gambar 16. Interaksi KA-SDBS dengan zat warna EBT

5.6.2 Penentuan konsentrasi optimum

Penentuan konsentrasi optimum dilakukan untuk mengetahui besarnya konsentrasi optimum adsorben dapat mengadsorpsi adsorbet paling banyak. Konsentrasi juga sangat berpengaruh pada proses adsorpsi. Oleh karena itu untuk aplikasi penggunaan adsorben KA dan KA-SDBS perlu diketahui konsentrasi larutan zat warna EBT yang optimum sehingga proses adsorpsi zat warna EBT maksimal. Variasi konsentrasi zat warna EBT yang digunakan pada penelitian ini adalah 1000, 1100, 1200, 1300 dan 1400 mg/L. Berdasarkan data yang ada, diperoleh kurva antara konsentrasi EBT dan % adsorpsi seperti pada gambar 15 dan gambar 16.



Gambar 17. Variasi konsentrasi terhadap adsorben Karbon Aktif (KA)



Gambar 18. Variasi konsentrasi terhadap adsorben Karbon Aktif termodifikasi SDBS (KA-SDBS)

Pada Gambar 17 dan 18 secara umum terlihat bahwa semakin besar konsentrasi zat warna EBT maka presentase adsorpsi zat warna EBT oleh KA dan KA-SDBS semakin sedikit. Hal ini disebabkan gugus aktif dan luas permukaan adsorben tidak sebanding dengan jumlah zat warna EBT yang ada dalam larutan sehingga adsorben tidak dapat mengikat zat warna EBT. Pada adsorben sudah tidak tersedia gugus aktif untuk mengikat zat warna EBT pada konsentrasi zat warna EBT yang besar, sehingga masih banyak zat warna EBT yang tidak teradsorpsi dan mengakibatkan proses adsorpsi EBT oleh adsorben KA dan KA-SDBS tidak maksimal dan tidak efektif.

Tabel 2. Data konsentrasi optimum KA dan KA-SDBS

Sampel	Konsentrasi EBT (mg/L)	% Adsorpsi	Co (mg/L)	Ce (mg/L)
KA	1000	20,876827	840,3509	664,9123
	1100	11,787819	892,9825	787,7193
	1200	12,195122	1007,018	884,2105
	1300	0,8635579	1015,789	1007,018
	1400	2,3291925	1129,825	1103,509
KA-SDBS	1000	12,512031	899,5671	787,013
	1100	12,722646	1020,779	890,9091
	1200	3,5429584	977,4892	942,8571
	1300	6,6722269	1038,095	968,8312
	1400	3,0097818	1150,649	1116,017

Berdasarkan data konsentrasi optimum KA dan KA-SDBS pada Tabel 2 diatas didapatkan konsentrasi optimum KA pada konsentrasi 1000 mg/L dengan % adsorpsi sebesar 20,8768 dan konsentrasi optimum KA-SDBS pada konsentrasi 1100 mg/L dengan % adsorpsi 12,7226.

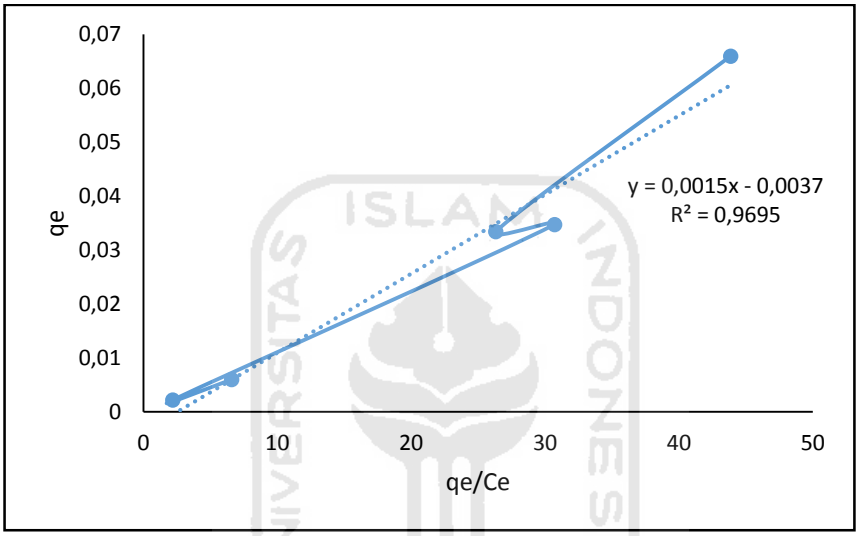
Hasil uji signifikansi terhadap kemampuan penyerapan adsorben KA dan KA-SDBS menggunakan uji T untuk perbedaan adsorben dan perbedaan konsentrasi menghasilkan nilai p value >0,05 yaitu 0,07 sehingga dapat disimpulkan bahwa modifikasi karbon aktif dengan surfaktan SDBS tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam penyerapan limbah zat warna EBT.

5.7 Isoterm Adsorpsi

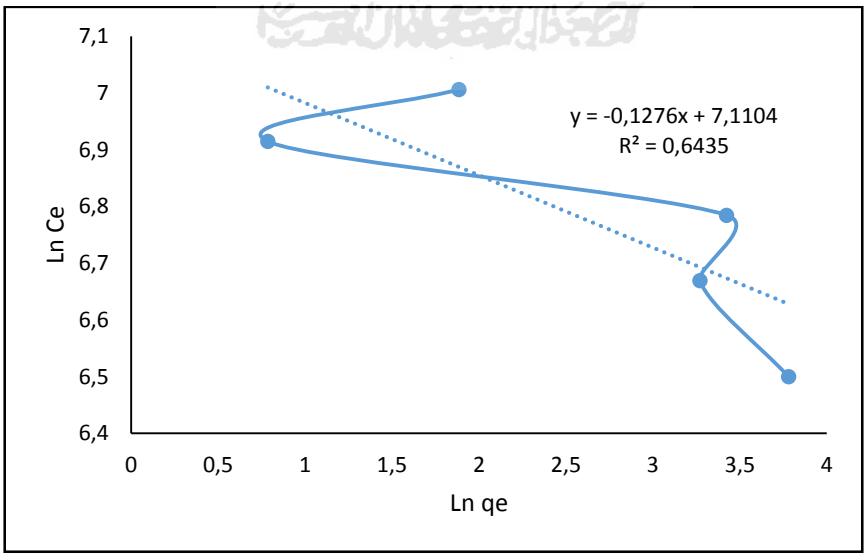
Persamaan isoterm adsorpsi digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi dan mekanisme adsorpsi zat warna EBT dengan adsorben KA dan KA-SDBS yang terbentuk. Mekanisme adsorpsi yaitu ketika zat warna EBT berdifusi melalui lapisan batas keluar permukaan adsorben KA-SDBS dan sebagian akan berdifusi ke dalam pori pori KA-SDBS. Ketika kapasitas adsorpsi semakin besar maka sebagian akan teradsorpsi di permukaan adsorben (Atkins, 2010).

Persamaan adsorpsi yang umum digunakan ada 2 yaitu persamaan Langmuir dan persamaan Freundlich (Sulfikar dan Ramlawati, 2015).

Pada penelitian ini persamaan isoterm Langmuir didapatkan dengan cara memplotkan antara qe/Ce dan qe (Gambar 19) dimana qe adalah Jumlah adsorbat yang teradsorp pada kesetimbangan dan Ce adalah kesetimbangan konsentrasi adsorbat. Sedangkan persamaan isoterm Freundlich didapatkan dengan cara memplotkan antara Ln qe dan Ln Ce (Gambar 20). Sehingga didapatkan nilai faktor korelasi atau nilai R^2 dan didapatkan juga persamaan garis y = ax + b, dimana a adalah nilai slope sedangkan b adalah nilai intersep.

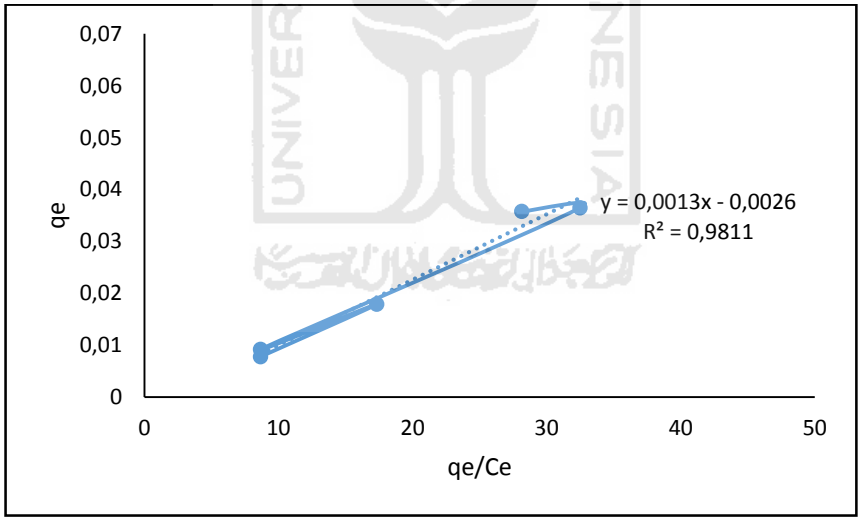


Gambar 19. Kurva isoterm Langmuir (KA)

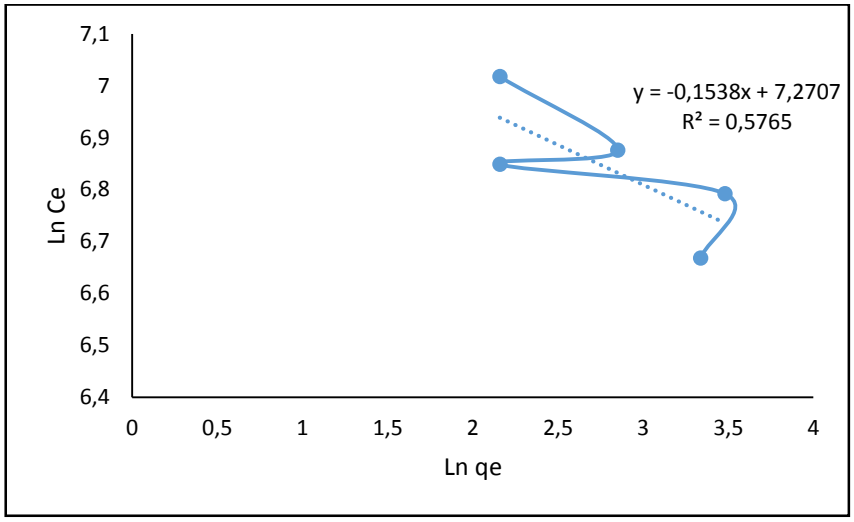


Gambar 20. Kurva isoterm Freundlich (KA)

Berdasarkan Gambar 19 dan 20 yaitu kurva isoterm langmuir (KA) dan kurva isoterm Freundlich (KA) diperoleh nilai faktor korelasi atau R^2 sebesar 0,9695 untuk isoterm Langmuir dan 0,6435 untuk isoterm Freundlich. Sehingga proses adsorpsi zat warna EBT menggunakan KA mengikuti persamaan isoterm Langmuir yang menandakan proses adsorpsi terjadi secara monolayer atau hanya membentuk 1 lapisan, dimana permukaan KA dapat mengikat adsorbat zat warna EBT dengan sangat kuat. proses adsorpsi zat warna EBT menggunakan KA mengikuti persamaan isoterm Langmuir karena nilai R^2 yang diperoleh di isoterm Langmuir paling besar dan mendekati 1. Begitu juga dengan proses adsorpsi zat warna EBT menggunakan KA-SDBS juga mengikuti persamaan isoterm Langmuir dimana nilai faktor korelasi atau R^2 untuk kurva isoterm Langmuir KA-SDBS lebih besar dari kurva isoterm Freundlich KA-SDBS yaitu sebesar 0,9811 sedangkan nilai faktor korelasi untuk kurva isoterm Freundlich KA-SDBS sebesar 0,5765 seperti terlihat pada Gambar 21 dan 22 sebagai berikut:



Gambar 21. Kurva isoterm Langmuir KA-SDBS



Gambar 22. Kurva isoterm Freundlich KA-SDBS

Tabel 3. Perbandingan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich

Adsorben	Isoterm Langmuir			Isoterm Freundlich		
	R^2	qm (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	K_f (mg/g)	N
KA	0,9695	666,6667	-0,4054	0,6435	12.894,366,20	-78369
KA-SDBS	0,9811	769,23077	-0,5000	0,5765	18.650,91	-6,50195

Berdasarkan Tabel 3 Perbandingan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich, adsorpsi EBT KA dan KA-SDBS keduanya mengikuti persamaan Langmuir karena nilai R^2 isoterm Langmuir KA dan KA-SDBS lebih besar dari iosterm Freundlich KA dan KA-SDBS.

Nilai qm menunjukkan besarnya kapasitas adsorpsi zat warna EBT oleh adsorben KA dan KA-SDBS, dimana besar qm pada KA-SDBS lebih besar dari qm KA yaitu 769,2308 mg/g sedangkan qm KA yaitu 666,6667 mg/g. Untuk nilai K_L menunjukkan afinitas situs adsorben untuk mengikat adsorbat.

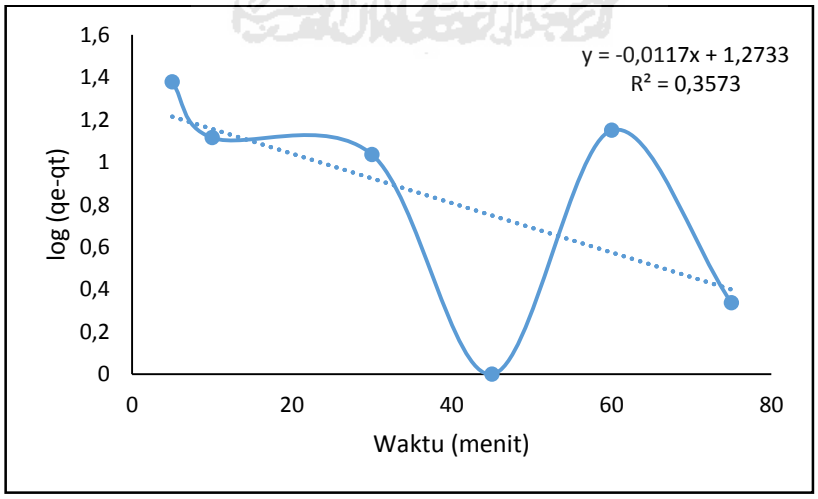
Pada persamaan Freundlich nilai k_f dan N menunjukkan kesetimbangan antara adsorben dan adsorbat. Kekuatan ikatan adsorpsi dapat dilihat dari nilai N yang didapat, apabila nilai N<1 maka adsorpsi terjadi secara kimia (Nababan dkk., 2017) sedangkan nilai N>1 maka adsorpsi terjadi secara fisika. Untuk nilai N yang didapat pada penelitian ini <1 yaitu -78369 untuk KA dan -650195 untuk KA-SDBS yang artinya adsorpsi yang terjadi pada penelitian ini yaitu adsorpsi secara kimia

(kemisorpsi), dimana terjadi interaksi kimia antara KA dan adsorbat zat warna EBT. Hal ini menandakan proses adsorpsi terjadi secara monolayer atau hanya membentuk 1 lapisan yang menandakan permukaan KA homogen.

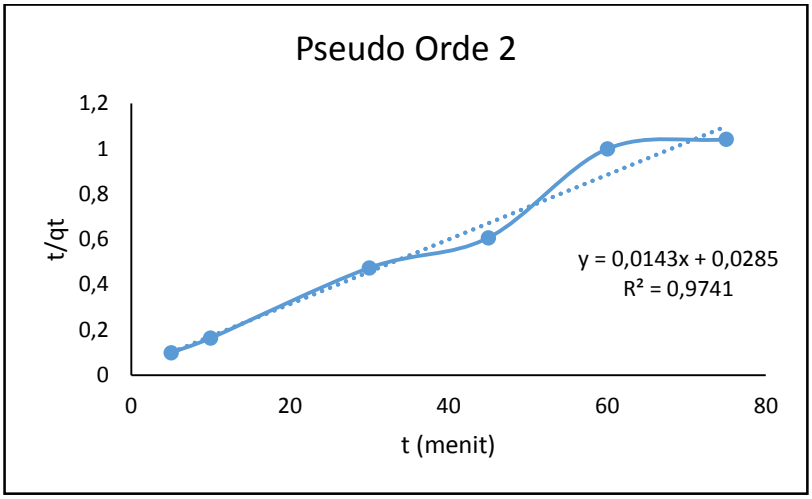
5.8 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi dilakukan untuk mengetahui kecepatan reaksi antara adsorben dengan adsorbat. Penentuan kinetika adsorpsi pada penelitian ini dilakukan dengan variasi waktu kontak karena kinetika Adsorpsi dipengaruhi oleh waktu kontak. Variasi waktu yang digunakan yaitu 5, 10, 30, 45, 60 dan 75 menit.

Model kinetika yang digunakan pada penelitian ini ada 2 yaitu model kinetika pseudo orde 1 dan pseudo orde 2. Kinetika pseudo orde 1 dapat diperoleh dengan memplot antara t dengan log (qe-qt). Dimana t adalah waktu dan log (qe-qt) adalah log pengurangan jumlah adsorbat zat warna EBT yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan dengan jumlah zat warna EBT yang teradsorpsi pada waktu tertentu. Sedangkan kinetika pseudo orde 2 dapat diperoleh dengan memplot antara t dan t/qt. Dimana t adalah waktu dan t/qt adalah waktu perjumlah adsorben EBT yang teradsorpsi pada waktu tertentu. Kurva kinetika pseudo orde 1 dan pseudo orde 2 untuk adsorpsi EBT oleh KA dapat dilihat pada Gambar 23 dan 24 berikut ini :

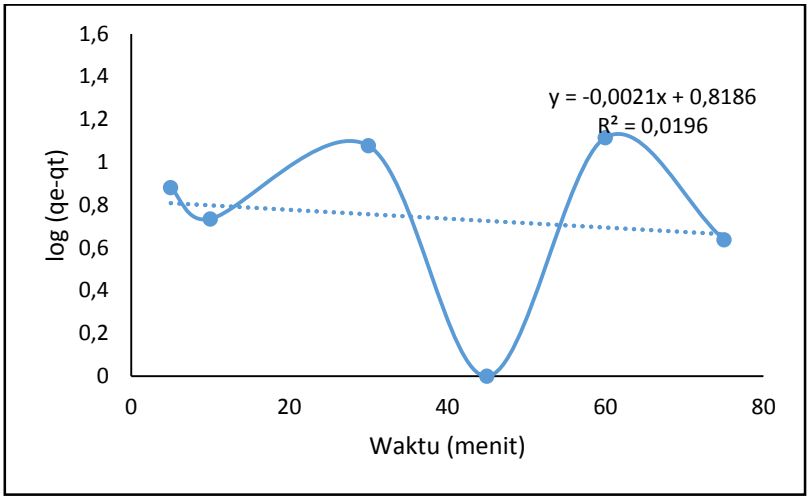


Gambar 23. Kurva kinetika pseudo orde 1 KA

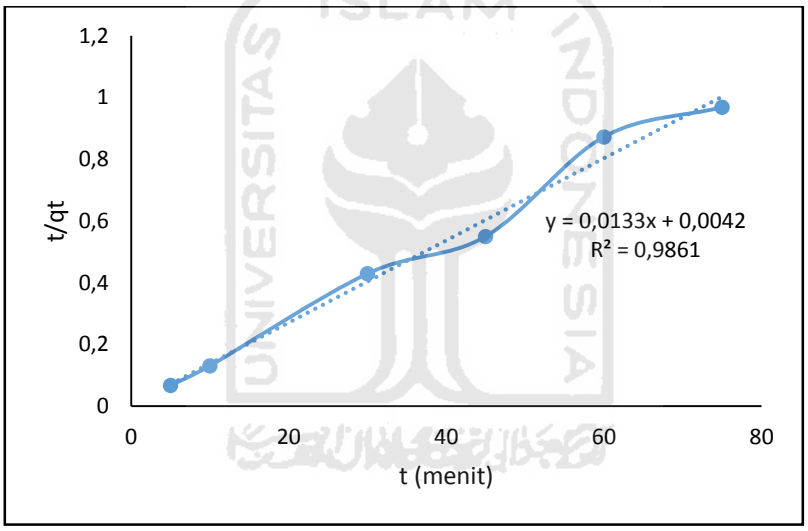


Gambar 24. Kurva kinetika pseudo orde 2 KA

Berdasarkan Gambar 23 dan 24 diatas didapat persamaan linier untuk kurva kinetika pseudo 1 KA adalah y = -0,0117x + 1,2733 dan nilai korelasi atau R^2 adalah 0,3573. Dari hasil persamaan linier tersebut dapat diketahui nilai konstanta laju pseudo orde 1 (K1) adalah -0,0269 min^{-1} . Dan jumlah zat warna EBT yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (qe) adalah 18,7629 mg/g. Sedangkan persamaan linier yang didapat pada kurva kinetika pseudo orde 2 KA adalah y = 0,0143x + 0,0285 dengan nilai korelasi atau nilai R^2 adalah 0,9741. Dari hasil persamaan linier tersebut dapat diketahui nilai konstanta laju pseudo orde 2 (K2) dan jumlah zat warna EBT yag teradsorpsi pada saat setimbang (qe). K2 dan qe yang didapat secara berturut turut adalah 0.0072 g/mg.min dan 69,9300 mg/g.



Gambar 25. Kurva kinetika pseudo orde 1 KA-SDBS



Gambar 26. Kurva kinetika pseudo orde 2 KA-SDBS

Gambar 25 dan 26 merupakan kurva kinetika pseudo orde 1 dan orde 2 KA SDBS. Persamaan linear yang didapat pada kurva orde 1 adalah y = -0,0021x + 0,8186 dan nilai R^2 adalah 0,0196. Dari hasil persamaan tersebut dapat diperoleh nilai konstanta laju orde 1 (K1) dan nilai qe secara berturut turut adalah -0,00483 min^{-1} dan 6,5857. Sedangkan persamaan linear yang didapat pada kurva orde 2 adalah y = 0,0133x + 0,0042 dengan nilai R^2 adalah 0,9861. Nilai konstanta laju orde 2 (K2) dan nilai qe secara berturut turut adalah 0,0421 g/mg.min dan 75,1880 mg/g.

Tabel 4. Perbandingan kinetika adsorpsi KA dan KA-SDBS

Adsorben	pseudo orde 1			pseudo orde 2		
	R^2	K1 (min^{-1})	qe (mg/g)	R^2	K2 (g/mg.min)	qe (mg/g)
KA	0,3573	666,6667	18,7629	0,9741	0,0072	69,93
KA-SDBS	0,0196	769,2308	6,5857	0,9861	0,04	75,1880

Berdasarkan Tabel 4 diatas terlihat kinetika adsorpsi untuk sampel KA dan sampel KA-SDBS mengikuti pseudo orde 2 karena nilai korelasi atau nilai R^2 yang diperoleh mendekati 1 yaitu 0,9741 untuk sampel KA dan 0,9861 untuk sampel KA-SDBS sedangkan nilai R^2 untuk sampel KA dan sampel KA-SDBS pada pseudo orde 1 secara berturut turut adalah 0,3573 dan 0,0196. Apabila nilai R^2 mendekati 1 artinya semakin besar pengaruh kekuatan keterkaitan antar variabel (Apriyanti dkk., 2018). Dan nilai qe yang diperoleh pada pseudo orde 2 lebih besar dari nilai qe pada pseudo orde 1,artinya kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada pseudo orde 2. Adsorpsi mengikuti model kinetika pseudo orde 2 menunjukkan mekanisme adsorpsi yang terjadi menggunakan reaksi tidak balik *(irreversible*) dan kurva dari data penelitian linear. Model kinetika pseudo orde 2 menandakan pada proses adsorpsi kecepatan penyerapan KA terhadap zat warna EBT persatuan waktu berbanding lurus dengan kuadrat kapasitas KA yang masih kosong, yang mengakibatkan pada awal proses adsorpsi memiliki pengurangan konsentrasi larutan yang cukup dratis dan selanjutnya kecepatan adsorpsi terus menurun sampai tercapai kondisi setimbang (Maria dkk., 2015).

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Karbon aktif dari kulit salak yang dimodifikasi dengan surfaktan SDBS 9 g/L didapat nilai efisiensi surfaktan terikat pada karbon aktif adalah 7,369 % dan %desorpsi 0,378% dan karbon aktif dari kulit salak yang dimodifikasi dengan SDBS juga dikarakterisasi dengan FTIR dan didapat bilangan gelombang baru yaitu 1033 cm^{-1} yang merupakan gugus SO_2.
2. Adsorpsi EBT dengan karbon aktif dari kulit salak dipengaruhi oleh waktu dan konsentrasi. Waktu optimum yang diperoleh untuk adsorpsi zat warna EBT oleh KA dan KA-SDBS yaitu pada waktu kontak 45 menit. Karbon aktif yang dimodifikasi dengan SDBS dapat meningkatkan adsorpsi zat warna EBT. Kapasitas adsorpsi meningkat dari 74,1848 mg/g dengan % Adsorpsi 29,71 % menjadi 81,7935 mg/g dan 32,75%. Konsentrasi optimum terjadi pada konsentrasi EBT 1000 mg/L untuk sampel KA dan untuk sampel KA-SDBS pada konsentrasi EBT 1100 mg/L. Kinetika adsorpsi KA dan KA-SDBS mengikuti pseudo orde 2 dan Isoterm adsorpsi KA dan KA-SDBS mengikuti model persamaan isoterm Langmuir.

6.2 Saran

Untuk membuat penelitian yang telah dilakukan mendapatkan hasil yang lebih baik,diperlukan adanya penelitian lebih lanjut tentang pembuatan karbon aktif dari kulit salak dengan modifikasi surfaktan SDBS yang aplikasi adsorpsinya dilakukan pada limbah lain seperti zat warna metilen blue dan remazol brilliant blue serta logam berat seperti logam Cu, Cr, dan Cd yang bertujuan untuk melihat pengaruh daya adsorpsi KA modifikasi SDBS dengan adsorbat yang berbeda. Dan dibutuhkan karakterisasi KA modifikasi SDBS dengan instrumen lain seperti XRD dan SEM sehingga dapat diketahui lebih pasti pada permukaan karbon aktif yang dimodifikasi surfaktan benar benar menempel surfaktan SDBS.

DAFTAR PUSTAKA

Alifaturrahma, P., dan Okik H. C., 2017, Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok sebagai Adsorben Untuk Menyisihkan Logam Cu, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol. 8 No. 2

Apecsiana, F., Hans, K., dan Arenst, A., 2016, Adsorpsi Ion Logam Tembaga Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*. ISSN 1693-4393.

Arnelli, 2010, Sublasi Surfaktan dari Larutan Detergen dan Larutan Detergen Sisa Cucian serta Penggunaannya Kembali sebagai Detergen, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 13(1): 4-7.

Ariyani, P. A. R., R. P. Eka, dan R. Fathoni, 2017, Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Arang Aktif dengan Variasi Konsentrasi NaOH dan Suhu, *Konversi*. 6(1): 7-10.

Atkins, PW., 1999, *Kimia Fisik*. Edisi ke-4. Irma IK. Jakarta: penerjemah, Erlangga. Terjemahan dari: Physical Chemistry.

Agustinus, E.T.S., Anggoro, T. M., Dan Happy, S., 2013, Peningkatan Daya Serap Karbon Aktif terhadap Ion Logam Hexavalent Chromium (Cr^{VI}) Melalui Modifikasi Dengan Cationic Surfactant (Earthylinediamine), *Jurnal RISET Geologi dan Pertambangan*, Vol.23, No.1, 13-24.

Alberty, Robert, A., 1992, *Kimia Fisika jilid 1* Edisi Kelima, Erlangga, Jakarta.

Azamia, M., 2012, Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi, *Skripsi*, FMIPA Universitas Indonesia, Depok.

Brady, E. J., 1999, Kimia Untuk Universitas, Erlangga, Jakarta.

Chandra, T. C., Mirna, M. M., Sunarso, J., Sudaryanto, Y., & Ismadji, S., 2008, Activated Carbon From Durian Shell: Preparation and Characterization, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 43: 1-6.

Choi, H. D., Jung, W. S., Cho, J. M., Ryu, B. G., Yang, J. S., Baek, K., 2009, Adsorption of Cr^{+6} onto cationic Surfactant modified activated carbon, *Journal of Hazard Materials*, 166, 642-646.

Dwi, W., Syamsudin, 2013, Unjuk Kerja Spektrofotometer untuk Analisa Zat Aktif Ketoprofen, *KONVERSI* Vol. 2 No. 2. ISSN 2252-7311.

Diantariani, N. P., I. W. Sudiarta, dan N. K. Elantiani, 2008, Proses Biosorpsi Dan Desorpsi Ion Cr(Vi) Pada Biosorben Rumput Laut Eucheuma Spinosum. *Jurnal Kimia*. 2 (2):45-52.

Esterlita M. O., dan Netti H., 2015, Pengaruh Penambahan Aktivator $ZnCl_2$, KOH, DAN H_3PO_4 dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (Arenga Pinnata, *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 4, No. 1.

Fajarwati, F.I., Anugrahwati M., Yanti I., Safitri R. A., Yeni, Yuanita, E., 2019, *Adsorption Study of Methylene Blue and Eriochrome Black T Dyes on Activated Carbon and Magnetic Carbon Composite*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 599 : 012025.

Fatmawati, 2006, *Kajian Adsorpsi Cd (II) Oleh Biomassa Potamogeton (Rumput naga) Yang Terimobilkan Pada Silica Gel*, FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

Hartanto, S., dan Ratnawati, 2010, Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, Vol. 12, No. 1, Hal: 12-16.

Habib, A., Nazrul, I., Anarul, I., and A. M. Shafiqul, A., 2007, Removal of Copper from Aqueous Solution Using Orange Peel, Sawdust and Bagasse. Pak. *J. Anal. Environ. Chem*.; Vol. 8, No. 1 & 2.

Jamilatun, S dan Setyawan, M. 2014, Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair, *Spektrum Industri*. Vol. 12, No. 1, 1 – 112 ISSN : 1963-6590. Fakultas Teknologi Industri

Khuluk, R. H., 2016, Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocous nucifera* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru, *Skripsi*, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.Universitas Lampung. Lampung.

Khopkar, S. M., 1990, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.

Kurniawan, W., 2015, Prarancangan Pabrik Sodium Dodekilbenzen Sulfonat denagn Proses Sulfonasi Oleum Kapasitas 120.000 Ton/Tahun, *Naskah Publikasi*, Hal.4.

Lee, W., Sangwong, Y., Jong K.C., Miran, L., dan Yongju, C., 2018, Anionic surfactant modification of activated carbon for enhancing adsorption of ammonium ion from aqueous solution, *Elsevier*. 639 : 1432-1439.

Mohammed, J., Noor S.Nasri, Muhammad A.A Zaini, Usman D, Hamza.Husna, M. Zaindan, Faridnasir Arif, 2015, Optimization Of Microwave Irradiated - Coconut Shell Activated Carbon Using Response Surface Methodology For Adsorption Of Benzene And Toluene, *Article Desalination and Water Treatment.*

Menéndez, M., A. Arenillas, B. Fidalgo, Y. Fernández, L.Zubizarreta, E.G. Calvo, J.M. Bermúdez, 2010, Microwave heating process esinvolving carbon materials, *Journal Fuel Processing Technology*, Vol . 91 (2010): 1–8.

Noviaty dan dian, A., 2013, Analisis Neodimium Menggunakan Metoda Spektrofotometri UV-Vis, *Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir BATAN*, No. 11. ISSN 1979-2409.

Nababan, C.M., Rozanna S.I., dan Yelmida., 2017, Model Kesetimbangan Adsorpsi Zat Warna Direct Brown Menggunakan Limbah Padat Pulp dan Kertas (Dregs) dengan Proses Batch, *Jom FTEKNIK*, Vol. 4, No. 2.

Purnamasari, U. I., 2018, Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak (Salacca zalacca) dengan Proses Pengaktifan Karbon Dioksida (CO_2) Menggunakan Pemanas Microwave, *(Skripsi),* Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.

Pujiyanto, 2010, Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung kelapa. *Thesis*, FT Universitas Indonesia, Depok.

Ramdja A. F., Halim M., Handi J., 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah *Kelapa. Jurnal Teknik Kimia.* No.2 Vol.15.

Rohman, A., 2007, *Kimia Farmasi Analisis, Cetakan I.*, Penerbit Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

Rumidatul, A., 2006, *Efektivitas Arang Aktif Sebagai Adsorben Pada Pengelolahan Air Limbah*, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian, Bogor.

Rachim, P. F. Eva, L. M. dan M. Yusuf Thoha. 2012, Pembuatan Surfaktan Natrium Lignosulfonat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Sulfonasi Langsung, *Jurnal Teknik Kimia* No. 1, Vol. 18.

Ratri, M.C., 2017, Pencemaran Sodium Dodecylbenzene Sulfonate (SDBS) pada Ikan Air Tawar: Penentuan Akumulasi dan Monitoring Pencemaran. *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*, Vol. 14, No. 1.

Ramadhani, P. Ramhmiana, Z. Zulkarnain, C. Zilfa dan Linda, H. 2019. Pemanfaatan Limbah Padat Pertanian dan Perikanan sebagai Biosorben untuk Penyerap berbagai Zat Warna. *Jurnal Zarah*. Vol 7. No 2 Hal: 46-56.

Sahara, E., W. D. Sulihingtyas, dan I. P. A. S Mahardika. 2017, Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan H_3PO_4, *Jurnal Kimia*. 11(1): 1-9.

Sari, M. F. P., Puji, L., Risfidian, M., 2017, Penggunaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, Vol. 7, No. 1. Hal: 37-40.

Saucier, C., Matthew A. A., Eder, C. L., Renato, C., Pascal, S. T., Thue, Lizie D.T. P., M.J. Puchana-Rosero, Fernando, M. M., Flavio, A.P., G.L. Dotto, 2015, Microwave-Assisted Activated Carbon From Cocoa Shell as Adsorbent For Removal of Sodium Diclofenac and Nimesulide FromAqueous Effluents, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 289.

SNI 06-6989-51-2005, 2005, *Cara Uji Kadar Surfaktan Anionik dengan Spektrofotometer secara Metilen Blue*, Badan Standarisasi Nasional, Bandung.

Sukewijaya, M, N. Rai and M.S. Mahendra, 2009, Development of salak bali as an Organic Fruit, *As. J. Food Ag-Ind*, ISSN 1906-3040.

Sreelatha, G., Ageetha, V., Parmar, J., dan Padmaja, P., 2011, Equilibrium and Kinetic Studies on Reactive Dye Adsorption Using Palm Shell Powder (An Agrowaste) and Chitosan, *Journal of Chemical Engineering*, *56*(1), 35–42.

Sriatun, Dimas B., dan Adi D., 2008, Pengaruh Penambahan Surfaktan Hexadecyltrimethyl-Ammonium (HDTMA) pada Zeolit Alam Terdealuminasi terhadap Kemampuan Mengadsorpsi Fenol, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 11(1), 11-14.

Syauqiah, Isna., Mayang, A., dan Hetty, A.K., 2011, Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif, *INFO TEKNIK*, Vol. 12, No. 1.

Shafeeyan, M.S., Wan, M.A.W.D., Amiehossein, H., Ahmad S., 2010, A Riview on Surface modification of Activated Carbon for Carbon dioxide adsorption, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Vol. 89, No. 2.

Triyati, E., 1985, *Spektrofotometer Ultra-Violet dan Sinar Tampak Serta Aplikasinya dalam Oseanologi*, LIPI, Jakarta.

Turmuzi, M., dan Arion, S., 2015, Pengaruh Suhu dalam Pembuatan Karbon Aktif Kulit Salak (*Salacca edulis*) dengan Impregnasi Asam Fosfat (H_3PO_4), *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 4, No. 1.

Utomo, H. D., R. Y. N. Phoon, Z. Shen, L. H. Ng, Z. B Lim, 2015, Removal of Methylen Blue Using Chemical Modified Sugarcane Bagasse. Natural Resources 20, pp. 209-220.

Wijayanti dan Endang, W.L.F.X., 2017, *Daya Adsorpsi Adsorben Kulit Salak Termodifikasi Terhadap Krom (III).* 6(2): 12.

Vincent, L., Aditya P., and Arenst A., 2015, *S*intesis 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.

Zikra, N.R. Y., Chairul, dan S. R. Yenti, 2016, Adsorpsi Ion logam Pb dengan Menggunakan Karbon Aktif Kulit Durian yang Teraktivasi. *Jom FTEKNIK*, 3(1):1-8

LAMPIRAN

1. Pembuatan KOH 20% dalam labu ukur 1000 mL

20 gram x 10 = 200 gram

2. Pembuatan HCL 1 M dalam labu ukur 250 mL

Diketahui:

Konsentrasi 37%

BJ = 1.19 g/mL

BM = 36.5 g/mol

M = 10 x % x berat jenis/berat molekul

= 10 x 37% x 1.19 g/mL/36.5 g/mol

= 12.06 M

M_1 x V_1 = M_2 x V_2

12.06 M x V_1 = 1 M x 250 mL

$$V_1 = \frac{1\ M \times 250\ mL}{12.06\ M}$$

V_1 = 20. 7 mL

3. Pembuatan larutan induk EBT

Larutan induk 1000 ppm dalam labu ukur 1000 mL

$$1000\ \text{ppm} = \frac{1000\ \text{mg}}{1000\ \text{mL}}$$

$$1000\ \text{ppm} = \frac{x}{1000\ mL}$$

X = 1000 mg = 1 gram

4. Rendemen karbon aktif kulit salak

Diketahui:

Massa karbon aktif kulit salak= 53,68 gram

Massa kulit salak = 105,84 gram

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

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

= 50,71 %

5. Efisiensi surfaktan yang terikat pada karbon aktif

Diketahui :

TOC surfaktan awal = 3365 mg/L

TOC surfaktan akhir= 3117 mg/L

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

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{3365\frac{mg}{L} - 3117\frac{mg}{L}}{3365\frac{mg}{L}} \times 100\%$$

= 7,3699 %

6. Perhitungan persentase desorpsi

Diketahui :

TOC surfaktan awal = 3365 mg/L

TOC surfaktan akhir= 3117 mg/L

TOC surfaktan yang lepas = 93,76 mg/L

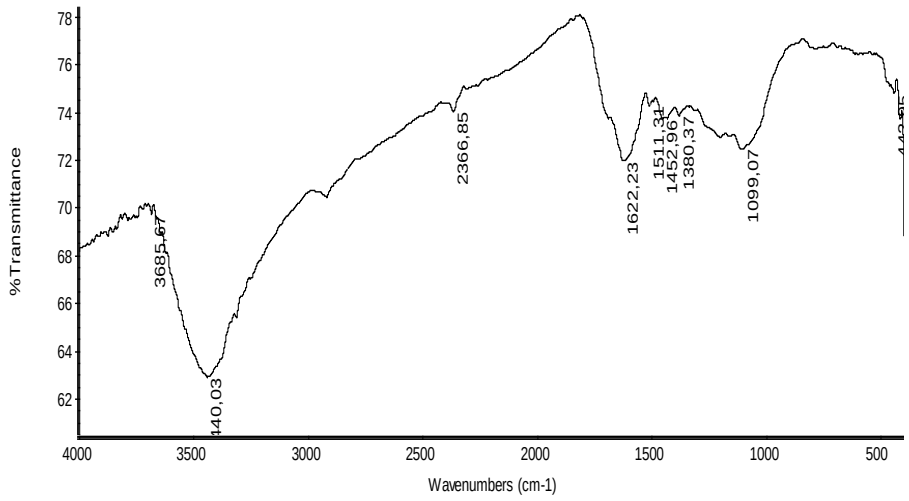
$$\% \text{ Desorpsi} = \frac{TOC\ surfaktan\ \ yang\ lepas}{TOC\ surfaktan\ awal - TOC\ surfaktan\ akhir} \times 100\%$$

$$\% \text{ Desorpsi} = \frac{93{,}76\ \text{mg/L}}{3365\frac{mg}{L} - 3117\frac{mg}{L}} \times 100\%$$

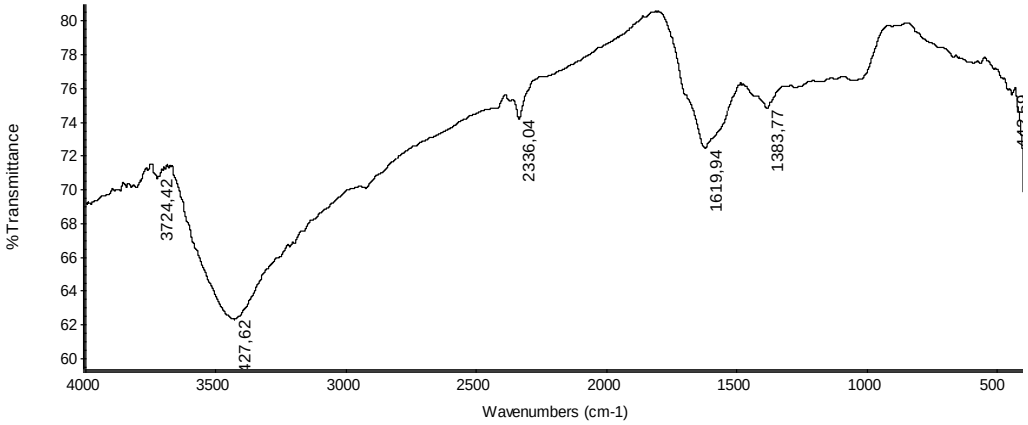
= 0,378%

7. Hasil FTIR

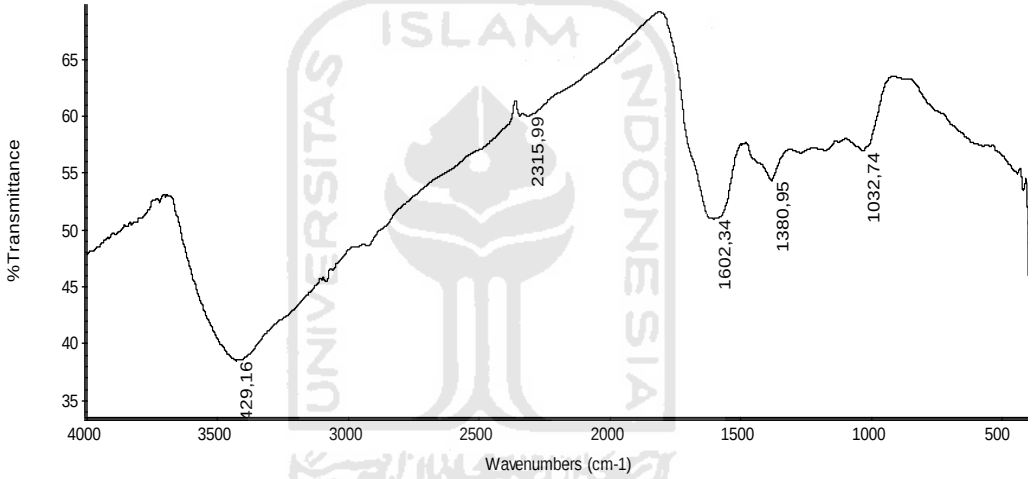
a. FTIR C



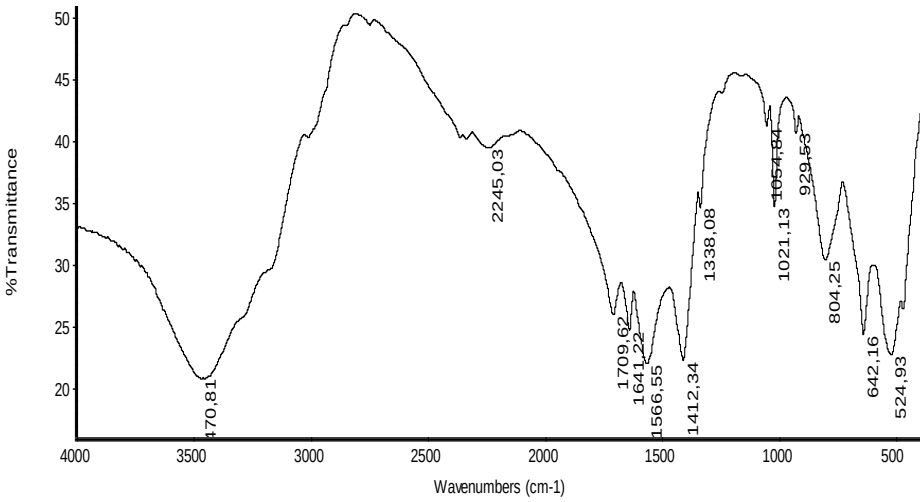
b. FTIR CA



c. FTIR CA-SDBS



d. FTIR SDBS



8. HASIL TOC

a. TOC larutan SDBS 9 g/L



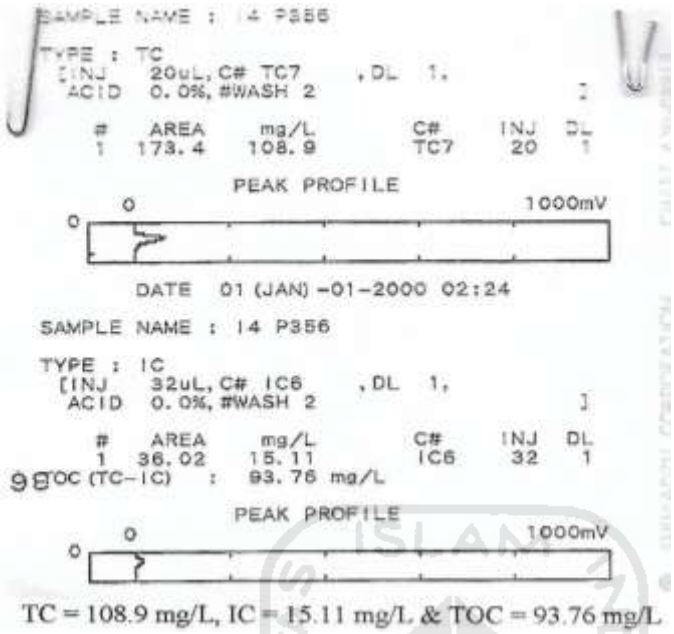
TC = 3368 mg/L, IC = 2.079 mg/L & TOC = 3365 mg/L

b. TOC larutan sisa rendaman



TC = 3143 mg/L, IC = 25.70 mg/L & TOC = 3117 mg/L

c. Stabilitas TOC

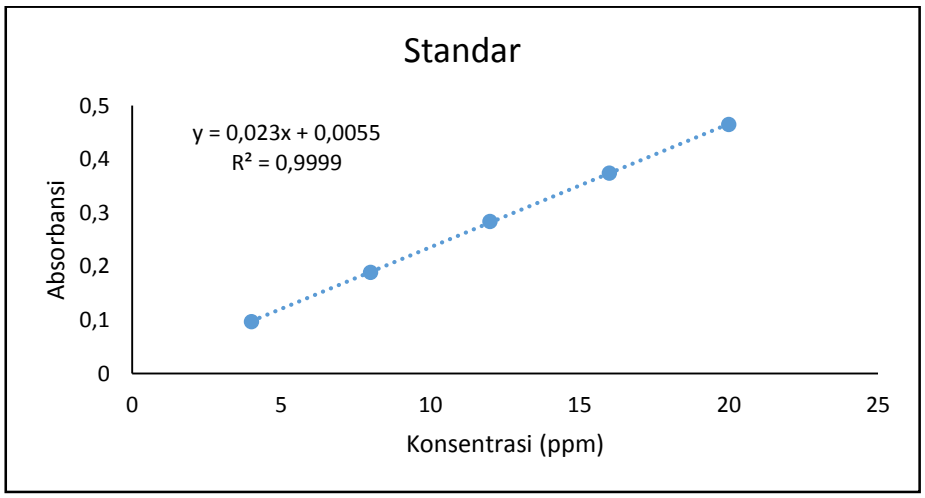


TC = 108.9 mg/L, IC = 15.11 mg/L & TOC = 93.76 mg/L

9. Penentuan waktu optimum

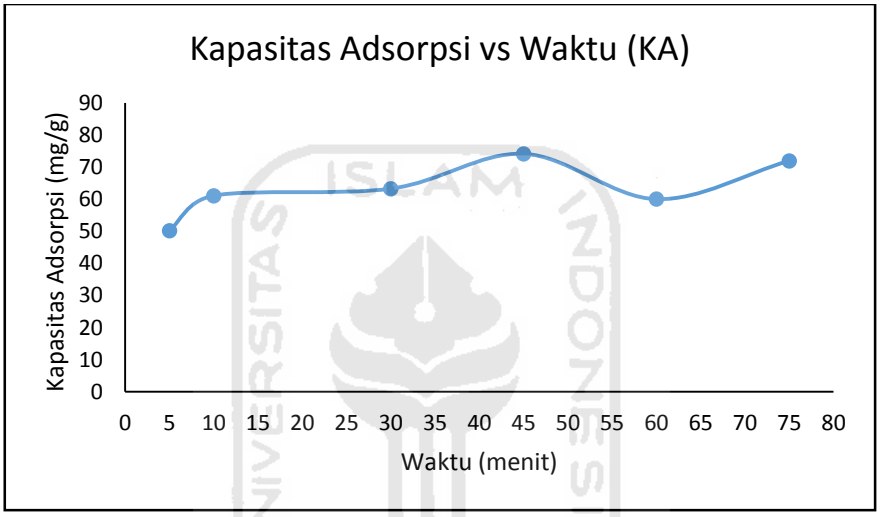
a. Kurva kalibrasi standar

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



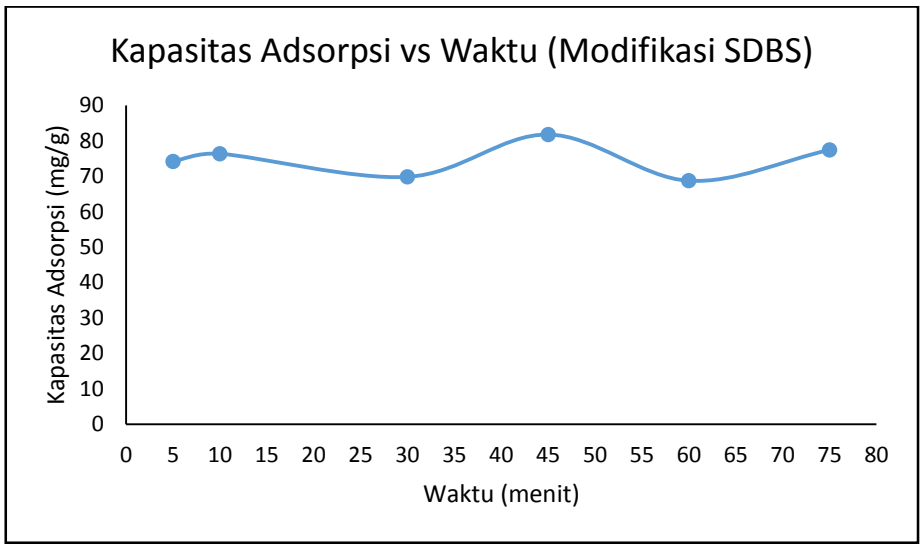
b. Penentuan waktu optimum KA

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 KA-SDBS

Waktu (menit)	Massa (gram)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qe (mg/g)	% Adsorpsi
5	0,04	998,9130435	702,173913	74,18478261	29,70620239
10	0,04	998,9130435	693,4782609	76,35869565	30,57671382
30	0,04	998,9130435	719,5652174	69,83695652	27,96517954
45	0,04	998,9130435	671,7391304	81,79347826	32,75299238
60	0,04	998,9130435	723,9130435	68,75	27,52992383
75	0,04	998,9130435	689,1304348	77,44565217	31,01196953

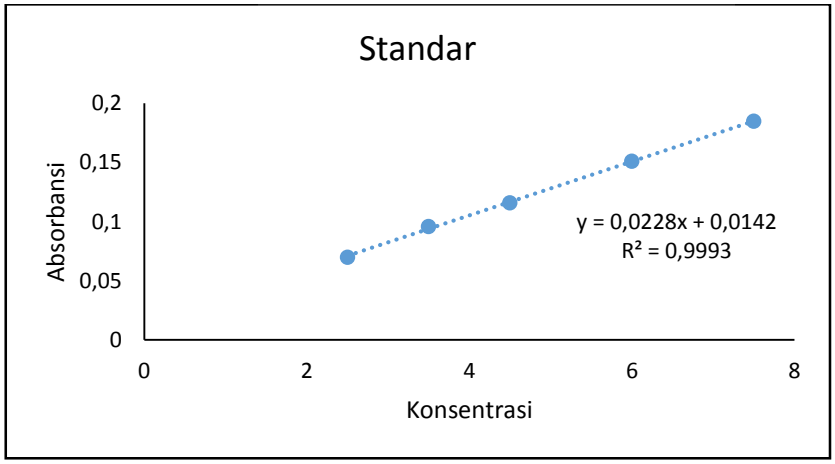


10. Penentuan konsentrasi optimum

a. Penentuan konsentrasi optimum KA

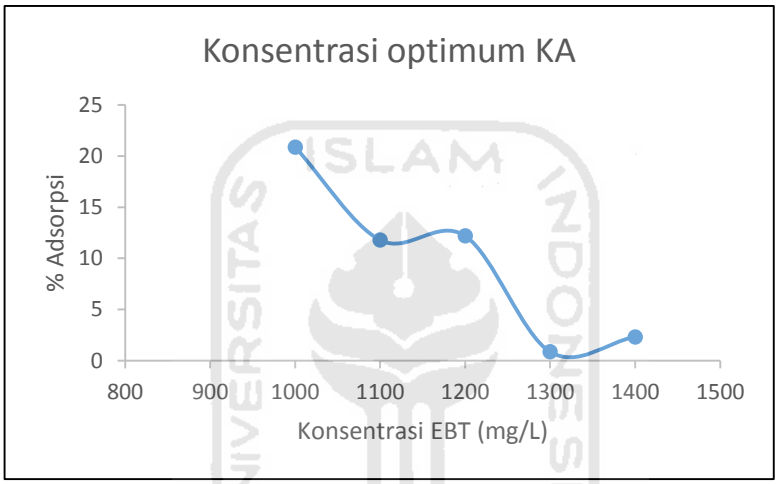
Kurva standar larutan EBT

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 KA

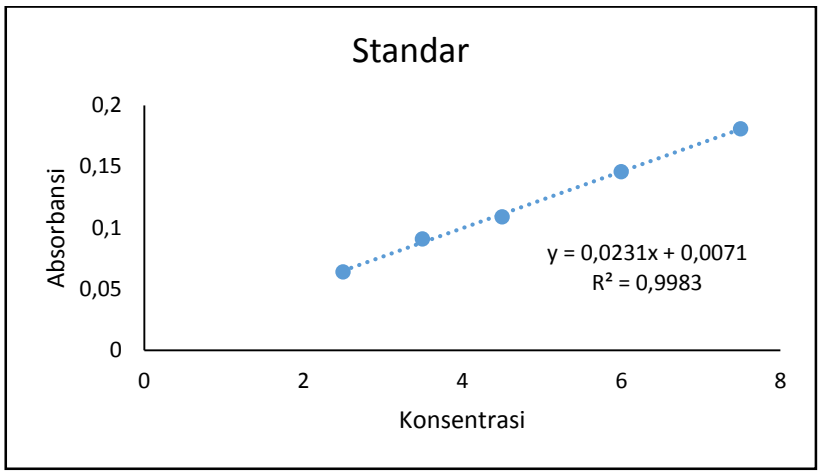
waktu (menit)	massa(gram)	Co (mg/L)	Ce(mg/L)	qe(mg/g)	% Adsorpsi
45	0,04	840,3509	664,912281	43,85965	20,876827
45	0,04	892,9825	787,719298	26,31579	11,787819
45	0,04	1007,018	884,210526	30,70175	12,195122
45	0,04	1015,789	1007,01754	2,192982	0,8635579
45	0,04	1129,825	1103,50877	6,578947	2,3291925



b. Penentuan konsentrasi optimum KA-SDBS

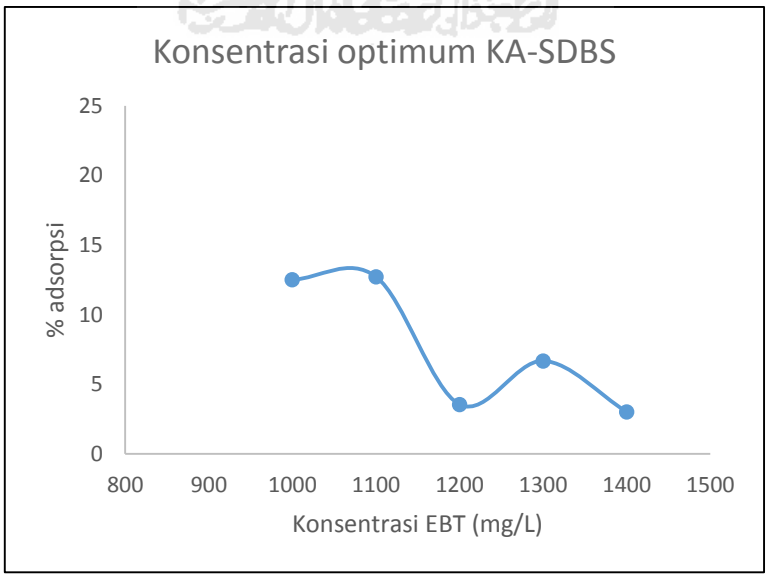
Kurva standar larutan EBT

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 KA-SDBS

waktu (menit)	massa(gram)	Co (mg/L)	Ce(mg/L)	qe(mg/g)	% Adsorpsi
45	0,04	899,5671	787,012987	28,13853	12,512031
45	0,04	1020,779	890,909091	32,46753	12,722646
45	0,04	977,4892	942,857143	8,658009	3,5429584
45	0,04	1038,095	968,831169	17,31602	6,6722269
45	0,04	1150,649	1116,01732	8,658009	3,0097818



c. Uji T

Uji T KA

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Co	*Ce*
Mean	977,193	889,4737
Variance	12873,19	30109,26
Observations	5	5
Pearson Correlation	0,969474	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	2,828427	
P(T<=t) one-tail	0,02371	
t Critical one-tail	2,131847	
P(T<=t) two-tail	0,047421	
t Critical two-tail	2,776445	

Uji T KA-SDBS

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Co	*Ce*
Mean	1017,316017	941,1255411
Variance	8418,133114	14407,5261
Observations	5	5
Pearson Correlation	0,948847033	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	3,88151361	
P(T<=t) one-tail	0,008909187	
t Critical one-tail	2,131846786	
P(T<=t) two-tail	0,017818373	
t Critical two-tail	2,776445105	

Uji T KA dengan KA-SDBS

t-Test: Paired Two Sample for Means

	Ce KA	*Ce SDBS*
Mean	889,47382	941,1255411
Variance	30109,31342	14407,5261
Observations	5	5
Pearson Correlation	0,965028626	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	-1,75766823	
P(T<=t) one-tail	0,0768172	
t Critical one-tail	2,131846786	
P(T<=t) two-tail	0,1536344	
t Critical two-tail	2,776445105	

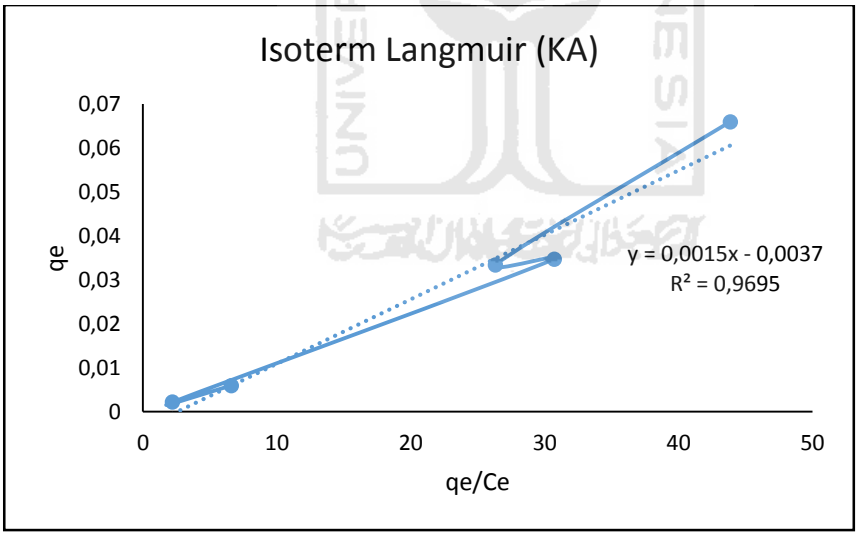
11. Isoterm Adsorpsi

a. Isoterm Adsorpsi KA

waktu (menit)	massa(gram)	Co (mg/L)	Ce(mg/L)	qe(mg/g)	qe/Ce	% Adsorpsi
45	0,04	840,3509	664,9123	43,85965	0,065963	20,87682672
45	0,04	892,9825	787,7193	26,31579	0,033408	11,78781925
45	0,04	1007,018	884,2105	30,70175	0,034722	12,19512195
45	0,04	1015,789	1007,018	2,192982	0,002178	0,863557858
45	0,04	1129,825	1103,509	6,578947	0,005962	2,329192547

Co (mg/L)	Ce(mg/L)	qe(mg/g)	Ln qe	Ln Ce
840,3508772	664,9122807	43,85965	3,780995	6,499655
892,9824561	787,7192982	26,31579	3,270169	6,669142
1007,017544	884,2105263	30,70175	3,42432	6,784695
1015,789474	1007,017544	2,192982	0,785262	6,914748
1129,824561	1103,508772	6,578947	1,883875	7,00625

I. Trial 1 (Isoterm Langmuir)



y = 0,0015x - 0,0037

$\frac{1}{qm}$ = Slope

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

$qm =$ 666,666667 mg/g

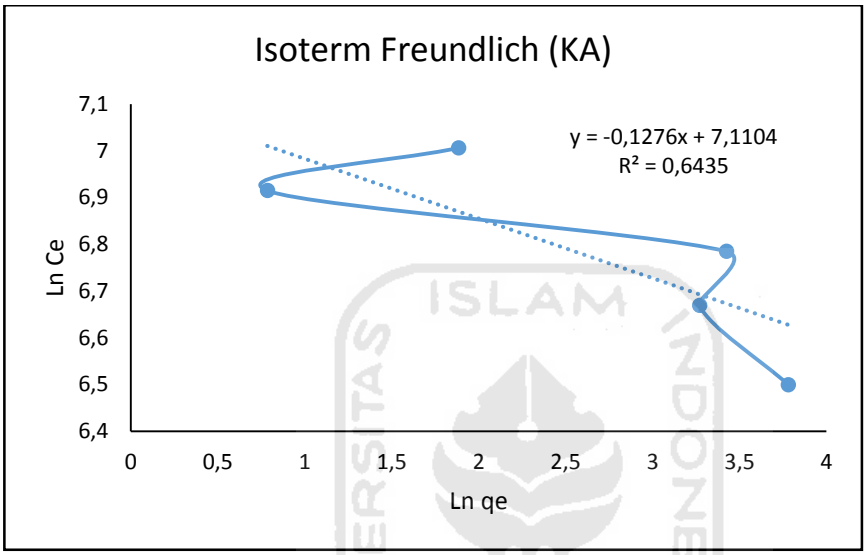
$\frac{1}{kL\,Qm}$ = Intersept

$$\frac{1}{Kl\ 666{,}666667} = -0{,}0037$$

K_L = - 0,40541 L/mg

Jadi nilai K_L adalah - 0,40541 L/mg

II. Trial 2 (Isoterm Freundlich)



y = -0,1276x + 7,1104

$\frac{1}{n} = Slope$

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

n = − 7,8369

jadi nilai n adalah − 7,8369

Log K_f = intersept

Log K_f = 7,1104

K_f = 12.894,366,20 mg/g

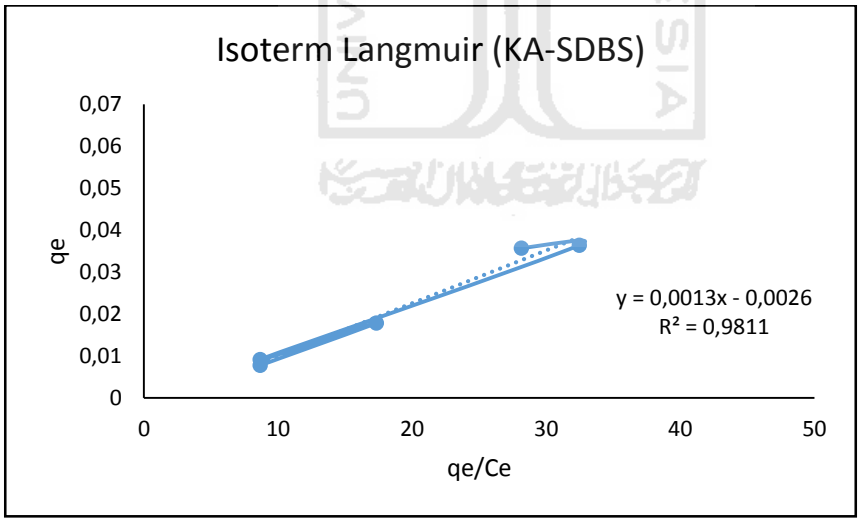
Jadi nilai K_f sebesar 12.894,366,20 mg/g

b. Isoterm Adsorpsi KA-SDBS

waktu (menit)	massa(gram)	Co (mg/L)	Ce(mg/L)	qe(mg/g)	qe/Ce	% Adsorpsi
45	0,04	899,5671	787,013	28,13853	0,035754	12,5120308
45	0,04	1020,77922	890,9091	32,46753	0,036443	12,7226463
45	0,04	977,489178	942,8571	8,658009	0,009183	3,54295837
45	0,04	1038,09524	968,8312	17,31602	0,017873	6,67222686
45	0,04	1150,64935	1116,017	8,658009	0,007758	3,00978179

Co (mg/L)	Ce(mg/L)	qe(mg/g)	Ln qe	Ln Ce
899,5670996	787,012987	28,1385281	3,33714	6,668245
1020,779221	890,9090909	32,4675325	3,480241	6,792242
977,4891775	942,8571429	8,65800866	2,158485	6,848915
1038,095238	968,8311688	17,3160173	2,851632	6,87609
1150,649351	1116,017316	8,65800866	2,158485	7,017522

I. Trial 1 (Isoterm Langmuir)



$y = 0{,}0013x - 0{,}0026$

$\frac{1}{\text{qm}}$ = Slope

$\frac{1}{\text{qm}} = 0{,}0013$

qm = 769,230769 mg/g

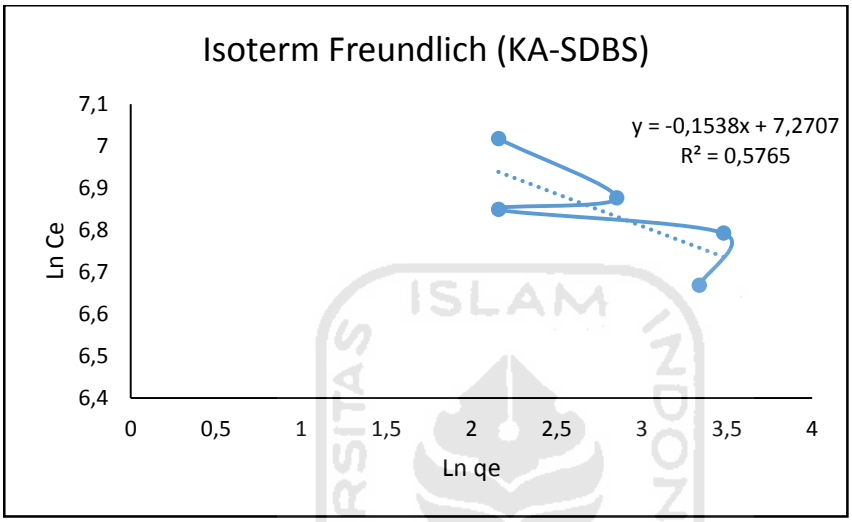
$\frac{1}{kL}$ = Intersept

$$\frac{1}{KL\ 769{,}230769} = -0{,}0026$$

K_L = -0,50000 L/mg

Jadi nilai K_L adalah -0,50000 L/mg

II. Trial 2 (Isoterm Freundlich)



y = -0,1538x + 7,2707

$$\frac{1}{n} = Slope$$

$$\frac{1}{n} = -0{,}1538$$

$n = -6{,}50195$

jadi nilai n adalah $-6{,}50195$

Log K_f = intersept

Log K_f = 7,2707

K_f = 18.650,90887 mg/g

Jadi nilai K_f sebesar 18.650,90887 mg/g