



**TERMODINAMIKA ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS PADA KARBON
AKTIF KULIT PISANG**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia

Oleh :

Jovian Triyana Putra

NIM. 5213416057

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Jovian Triyana Putra
NIM : 5213416057
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Termodinamika Adsorpsi Asam Lemak Bebas pada
Karbon Aktif Kulit Pisang

Skripsi ini disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 7 Oktober 2020

Pembimbing



Prof. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.
NIP.197405191999032001

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Termodinamika Adsorpsi Asam Lemak Bebas pada Karbon Aktif Kulit Pisang" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 7 bulan Oktober tahun 2020.

Oleh

Nama : Jovian Triyana Putra

NIM : 5213416057

Program Studi : Teknik Kimia

Panitia :

Ketua

Sekretaris



Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.
NIP. 197103161999032002



Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

Penguji 1

Penguji 2

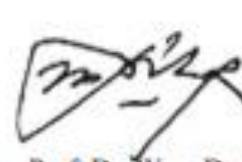
Pembimbing



Rr. Dewi Artanti P, S.T., M.T.
NIP. 198711192014042002



Irene Nindita P, S.T., M.Sc.
NIP. 199004272017092255



Prof. Dr. Wara Dyah P.R, S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001

Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 7 Oktober 2020

Yang membuat pernyataan,



Jovian Triyana Putra

NIM. 5213416057

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO : Lakukan sekarang, terkadang nanti akan menjadi tidak pernah.

PERSEMBAHAN

1. Tuhan Yang Maha Esa
2. Orang tua
3. Keluarga Besar
4. Almamater
5. Dosen-dosenku
6. Sahabat-sahabatku

ABSTRAK

TERMODINAMIKA ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS PADA KARBON AKTIF KULIT PISANG DAN PROSES PENGGUNAAN KEMBALI KARBON AKTIF

Jovian Triyana Putra
Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia
joviantriyana@students.unnes.ac.id

Asam lemak bebas pada minyak goreng jelantah dapat diturunkan dengan menggunakan karbon aktif. Salah satu biomassa yang dapat digunakan untuk produksi karbon aktif adalah kulit pisang kepek. Kulit pisang kepek terdiri dari hemiselulosa 59,57%, selulosa 14,25%, lignin 12,82%, dan abu 13,36%. Penelitian ini menggunakan KOH sebagai aktivator. 112 g KOH dan 33,8 g serbuk kulit pisang diaktivasi menggunakan *furnace* dengan laju pemanasan 10°C/menit hingga mencapai 650°C dan 700°C. Uji asam lemak bebas dilakukan pada sampel minyak goreng sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan metode titrasi. Proses adsorpsi minyak goreng menggunakan karbon aktif dengan perbandingan minyak goreng 100: 1 terhadap karbon aktif. Model isoterm Freundlich lebih sesuai digunakan dalam penelitian ini, $K_f = 0.4846$, $n = 2.2236$, dan $R^2 = 0.96$. Parameter termodinamika digunakan untuk menentukan temperatur adsorpsi yang optimal yaitu 28°C.

Kata Kunci : karbon aktif, asam lemak bebas, termodinamika, model kesetimbangan adsorpsi

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Termodinamika Adsorpsi Asam Lemak Bebas pada Karbon Aktif Kulit Pisang”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Dr. Nur Qudus, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Universitas Negeri Semarang.
3. Prof. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktunya serta penuh kesabaran memberikan bimbingan, motivasi, pengarahan dalam penyusunan skripsi.
4. Rr. Dewi Artanti Putri, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan skripsi ini.
5. Irene Nindita Pradnya, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan skripsi ini.
6. Kedua Orangtua, serta keluarga besar yang telah tulus ikhlas memberikan kasih sayang, cinta, doa, perhatian dan dukungan baik moral maupun materil.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia UNNES 2016, sahabat semasa sekolah yang selalu memberikan dukungan, dorongan semangat serta selalu menginspirasi dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis berharap semoga tugas penelitian ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan maupun industri di masyarakat.

Semarang, 7 Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Minyak Jelantah	5
2.2 Adsorpsi	6
2.3 Model Keseimbangan Adsorpsi.....	8
2.3.1 Isoterm Langmuir	8
2.3.2 Isoterm Freundlich.....	9
2.4 Model Termodinamika Adsorpsi	9
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	11
3.2 Variabel.....	11
3.3 Alat.....	12
3.4 Bahan	12
3.5 Prosedur Kerja	13
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Model Keseimbangan Adsorpsi.....	15

4.1.1 Isoterm Langmuir Menggunakan Karbon Aktif 650°C	15
4.1.2 Isoterm Freundlich Menggunakan Karbon Aktif 650°C.....	16
4.1.3 Isoterm Langmuir Menggunakan Karbon Aktif 700°C	18
4.1.4 Isoterm Freundlich Menggunakan Karbon Aktif 700°C.....	18
4.1.5 Perbandingan Karbon Aktif dan Model Kesetimbangan Adsorpsi.....	20
4.2 Model Termodinamika Adsorpsi	21
4.2.1 Model Termodinamika Adsorpsi dengan Karbon Aktif 650°C .	21
4.2.1 Model Termodinamika Adsorpsi dengan Karbon Aktif 700°C .	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN.....	30

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Reaksi dan Perubahan Komposisi Pada Proses Penggorengan.....	5
Tabel 2.2 Standar Mutu Minyak Goreng Indonesia.....	6
Tabel 4.1 Perbandingan Isoterm Karbon Aktif 650°C.....	16
Tabel 4.2 Perbandingan Isoterm Karbon Aktif 700°C.....	19
Tabel 4.3 Parameter Termodinamika Adsorpsi dengan Karbon Aktif 650°C ..	23
Tabel 4.4 Parameter Termodinamika Adsorpsi dengan Karbon Aktif 700°C ..	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Termodinamika Adsorpsi Asam Lemak Bebas	10
Gambar 4.1 Isoterm Langmuir Karbon Aktif 650°C	15
Gambar 4.2 Isoterm Freundlich Karbon Aktif 650°C.....	16
Gambar 4.3 Isoterm Langmuir Karbon Aktif 700°C	18
Gambar 4.4 Isoterm Freundlich Karbon Aktif 700°C.....	18
Gambar 4.5 Termodinamika Sampel dengan Karbon 650°C.....	22
Gambar 4.6 Termodinamika Sampel dengan Karbon 700°C.....	24

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu kebiasaan buruk masyarakat Indonesia adalah menggunakan minyak goreng secara berulang-ulang sampai minyak kental dan warnanya gelap atau biasa disebut dengan minyak jelantah. Hal ini terjadi karena alasan ekonomi dan kurangnya pengetahuan dari masyarakat. Penggunaan minyak goreng dalam suhu tinggi yang disertai adanya kontak dengan udara dan air yang dilakukan secara berulang-ulang akan menurunkan kualitas dari minyak goreng tersebut. Kualitas minyak goreng yang buruk ditandai dengan bau tengik, warna yang semakin gelap, meningkatnya viskositas, meningkatnya kadar air, asam lemak bebas, dan bilangan peroksida (Fitriani dan Nurulhuda, 2018).

Minyak goreng yang sudah digunakan berulang-ulang (lebih dari 4 kali) akan merusak tekstur serta cita rasa dari bahan makanan yang digoreng. Minyak goreng jelantah yang telah mengalami oksidasi dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan, diare, dan kanker (Siswanto dan Mulasari, 2015). Selain itu, minyak goreng jelantah juga akan mengalami destruksi yang apabila digunakan untuk menggoreng bahan makanan maka akan meningkatkan kadar *Low Density Lipoprotein* (LDL) dalam darah yang mengakibatkan penyakit hipertensi, kanker, kardiovaskuler, dan jantung koroner. Minyak goreng jelantah juga tidak boleh dibuang ke lingkungan begitu saja, karena akan menyebabkan tanah menjadi gersang dan sulit untuk ditumbuhi tanaman (Megiyo dkk., 2017).

Menurut Badan Standardisasi Nasional syarat mutu minyak goreng adalah bilangan asam maksimal 0,6mg KOH/g dan bilangan peroksida maksimal 10 mek O₂/kg. Minyak goreng jelantah dapat diregenerasi dan ditingkatkan kualitasnya dengan cara menurunkan bilangan asam dan kadar asam lemak bebas (Rahayu dan Bintari, 2019). Pemurnian minyak goreng jelantah dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu ekstraksi superkritis dan adsorpsi. Keunggulan proses adsorpsi adalah bahan baku yang mudah didapat, proses yang lebih murah, sederhana, dan efisien (Megiyo dkk., 2017). Kekurangan menggunakan metode ekstraksi superkritis adalah kondisi operasi yang bertekanan tinggi (20MPa-35Mpa),

alat yang digunakan lebih mahal dibandingkan proses adsorpsi, dan proses pemurnian lebih kompleks. Adsorpsi *batch* sering digunakan dalam proses adsorpsi minyak jelantah yang berfungsi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas. Proses pemurnian minyak jelantah dengan adsorben juga dapat mengurangi warna gelap pada minyak jelantah (Fahri dkk., 2015).

Karbon aktif merupakan salah satu bio-adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi. Karbon aktif sebagai adsorben dapat menjerap komponen pengotor, pigmen, dan asam lemak bebas (Rahayu dan Bintari, 2019). Kapasitas daya serap pada karbon aktif dipengaruhi oleh temperatur, sifat-sifat bahan adsorben, pH, sifat penyerapan, dan kontak waktu (Zulkifli dkk., 2019). Beberapa penelitian sudah dilakukan untuk mengurangi kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah dengan karbon aktif dari biomassa menggunakan proses adsorpsi yaitu kulit pisang kepok menurunkan angka asam lemak bebas hingga 0,26% (Nasir dkk., 2014), tempurung kelapa menurunkan angka asam lemak bebas hingga 0,79% (Papatungan dkk., 2018), tempurung ketapang menurunkan angka asam lemak bebas hingga 0,78% (Megiyo dkk., 2017), dan biji alpukat menurunkan angka asam lemak bebas hingga 0,26% (Fitriani dan Nurulhuda, 2018).

Produksi pisang di Indonesia cenderung meningkat setiap tahunnya, pada tahun 2015 Indonesia memproduksi pisang hingga 7.299.266 ton dan pada tahun 2020 diperkirakan produksi pisang mencapai 8.059.615 ton (Kementerian Pertanian, 2016). Produksi pisang di Kota Semarang pada tahun 2018 sebanyak 19.826,6 ton (Badan Pusat Statistik, 2018). Berdasarkan data tersebut limbah kulit pisang di daerah Semarang termasuk cukup berlimpah. Salah satu biomassa yang digunakan untuk membuat karbon aktif adalah limbah kulit pisang. Selama ini limbah kulit pisang hanya dibuang begitu saja ataupun hanya digunakan sebagai pupuk dan pakan ternak (Masese dan Yatim, 2017).

Selama proses adsorpsi asam lemak bebas terjadi berbagai perubahan reaksi yang dapat dianalisis menggunakan parameter termodinamika. Parameter termodinamika yang digunakan untuk proses adsorpsi yaitu perubahan energi bebas Gibbs standar (ΔG°), entalpi standar (ΔH°), dan entropi standar (ΔS°). Parameter termodinamika berfungsi untuk menentukan proses adsorpsi tersebut berlangsung spontan atau tidak, reaksi yang dihasilkan melepas atau menyerap panas, serta

penentuan kapasitas adsorpsi (Azmi dkk., 2014). Fungsi parameter termodinamika pada perancangan pabrik kimia adalah untuk mengetahui parameter desain dan kondisi operasi pada reaktor (Gargurevich, 2016).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh suhu adsorpsi asam lemak bebas dari minyak jelantah dengan karbon aktif ?
2. Bagaimana pengaruh suhu aktivasi karbon aktif terhadap adsorpsi minyak goreng jelantah ?
3. Bagaimana model kesetimbangan adsorpsi dan model termodinamika adsorpsi asam lemak bebas pada minyak jelantah dengan karbon aktif dari kulit pisang ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh suhu adsorpsi asam lemak bebas dari minyak jelantah dengan karbon aktif.
2. Mengetahui pengaruh suhu aktivasi karbon aktif terhadap adsorpsi minyak goreng jelantah.
3. Mengetahui model kesetimbangan adsorpsi dan model termodinamika adsorpsi asam lemak bebas pada minyak jelantah dengan karbon aktif dari kulit pisang.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat, diantaranya :

1. Mengurangi limbah kulit pisang yang digunakan untuk bahan pembuatan karbon aktif.
2. Memberikan wawasan mengenai proses adsorpsi asam lemak bebas pada minyak goreng jelantah dengan karbon aktif/

1.5 Batasan Masalah

Dalam hal ini harus dilakukan pembatasan masalah agar dapat dibahas secara mendalam dan tidak meluas pada penelitian ini adalah :

1. Bahan baku dari pembuatan karbon aktif adalah kulit pisang kepok dari pedagang gorengan di sekitar Sekaran.
2. KOH yang didapatkan dari toko kimia Indrasari Semarang.
3. Minyak goreng jelantah rumah tangga merupakan bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Minyak Jelantah

Minyak jelantah adalah limbah minyak yang berasal dari minyak jagung, minyak samin, dan minyak kelapa sawit yang telah digunakan untuk beberapa kali penggorengan serta mengandung senyawa yang bersifat karsiogenik. Proses penggorengan yang dilakukan berulang kali mengakibatkan kualitas minyak menurun dan komposisi dari minyak akan berubah (Zulkifli dkk., 2019). Kadar air pada minyak meningkat selama proses penggorengan, sementara struktur makanan akan mengalami perubahan yaitu penyerapan minyak dan berkurangnya kadar air. Degradasi minyak goreng dapat terjadi karena adanya beberapa reaksi yaitu oksidasi, hidrolisis, degradasi termal dan polimerisasi. Hal ini disebabkan oleh adanya oksigen, kadar air dalam makanan, temperatur minyak yang tinggi, dan perubahan komponen pada makanan (Fahri dkk., 2015).

Tabel 2.1 Reaksi dan Perubahan Komposisi Pada Proses Penggorengan

Reaksi Kimia	Penyebab Reaksi	Perubahan Komposisi
Hidrolisis	Reaksi antara minyak dengan kelembaban udara dan interaksi antara minyak dan kadar air dalam makanan	Terbentuknya asam lemak bebas dan gliserol, serta meningkatnya total konsentrasi molekul polar
Degradasi Termal	Adanya degradasi trigliserida tanpa oksigen pada temperatur tinggi	Menghasilkan CO, CO ₂ , senyawa alkana, alkena, keton simetrik, dan komponen dimetrik
Oksidasi	Reaksi dengan udara sekitar dan oksigen	Terbentuknya hidroperoksida dan perubahan muatan pada diena konjugasi dan triena
Polimerisasi	Reaksi dengan lemak tak jenuh gugus asil pada temperatur tinggi	Terbentuknya oligomer, dimer, dan <i>polymerised triacylglycerides</i> (PTG)

(Panadare dan Rathod, 2015)

Semakin sering minyak digunakan dalam menggoreng, maka tingkat kerusakan minyak juga akan semakin tinggi. Tingkat kerusakan minyak dapat diketahui berdasarkan bau dan rasa minyak yang tengik, kekentalan minyak,

berwarna gelap, meningkatnya asam lemak bebas, dan bilangan peroksida (Nasir dkk., 2014).

Tabel 2.2 Standar Mutu Minyak Goreng Indonesia

Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
Keadaan bau dan warna	-	Normal
Kadar air dan bahan menguap	% (b/b)	Maks. 0,15
Bilangan asam	mg KOH/g	Maks. 0,6
Bilangan peroksida	Mek O ₂ /kg	Maks. 10
Asam linolenat (C18:3) dalam komposisi asam lemak minyak	%	Maks. 2

(Standar Nasional Indonesia 3741:2013)

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penyerapan yang terjadi pada permukaan zat padat oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu. Hal ini terjadi karena pada permukaan zat padat terjadi gaya tarik atom ataupun molekul tanpa meresap ke dalam permukaan. Proses adsorpsi merupakan proses yang sering digunakan dalam memurnikan minyak jelantah untuk menurunkan kadar asam lemak bebas yang terkandung didalamnya. Dalam penelitian ini, proses adsorpsi dilakukan secara *batch* karena memiliki efisiensi lebih besar dibanding secara kontinu. Hal ini dapat terjadi karena larutan terkontak dengan semua permukaan adsorben sehingga penyerapan akan maksimal dan adsorbat yang terjerap akan lebih banyak (Irawan dan Purwanti, 2019).

Mekanisme adsorpsi dapat ditunjukkan dengan adanya interaksi antara adsorben dengan adsorbat yang terjadi pada permukaan adsorben secara fisika maupun kimia. Interaksi molekul adsorben dan adsorbat pada adsorpsi fisika terjadi jika gaya *Van Der Waals* yang mengikat molekul relatif lemah. Adsorpsi fisika dapat bereaksi bolak-balik (*reversible*), membentuk lapisan jamak, dan berlangsung dengan cepat. Pada adsorpsi kimia, adanya reaksi antara adsorben dengan molekul-molekul adsorbat dimana terbentuk ikatan kovalen dengan ion, maka terjadi pembentukan dan pemutusan ikatan. Adsorpsi ini hanya membentuk lapisan tunggal (*monolayer*), bersifat searah (*irreversible*), dan memerlukan energi yang besar untuk kembali melepaskan adsorbat.

Adsorben merupakan zat yang dapat menjerap komponen tertentu dari adsorbat, sedangkan adsorbat adalah molekul yang terikat pada bagian antarmuka. Adsorben yang sering digunakan dalam proses adsorpsi yaitu zeolit, magnesium silika, silika gel, arang, kitosan, dan karbon aktif. Proses adsorpsi dipengaruhi oleh luas permukaan dari adsorben yang akan menentukan kapasitas dan kinetika adsorpsi (Chairgulprasert dan Madlah, 2018). Dalam penelitian ini digunakan karbon aktif dari kulit pisang sebagai adsorben yang bertujuan untuk menurunkan kadar asam lemak bebas pada minyak jelantah. Selain itu, karbon aktif juga berfungsi mengurangi kadar air yang terkandung dalam minyak jelantah. Lamanya waktu kontak berpengaruh pada penyerapan kadar asam lemak bebas dan kadar air (Zulkifli dkk., 2019).

Waktu ekuilibrium adsorpsi bergantung pada struktur dan sifat kimia adsorben, dosis adsorben, suhu adsorpsi, dan konsentrasi adsorpsi. Dosis adsorben akan menentukan kapasitas adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi. Semakin besar dosis adsorben yang digunakan maka akan meningkatkan persentase pengurangan asam lemak bebas pada minyak jelantah karena dengan banyaknya massa adsorben akan lebih banyak memberikan luas permukaan aktif untuk menjerap asam lemak bebas. Namun, semakin banyak dosis adsorben maka kapasitas adsorpsi akan menurun (Chairgulprasert dan Madlah, 2018).

Suhu memiliki pengaruh besar terhadap proses adsorpsi yaitu perubahan suhu akan mengubah kesetimbangan kapasitas adsorpsi dari adsorben pada adsorbat tertentu dan meningkatnya suhu adsorpsi maka meningkat pula laju difusi pada molekul yang melewati batas lapisan eksternal adsorbat dan pada pori internal dari partikel adsorben akan mengakibatkan menurunnya viskositas dari larutan untuk suspensi dengan konsentrasi tinggi (Basu dkk., 2018). Pada penelitian Chairgulprasert dan Madlah (2018), suhu terbaik yang digunakan untuk adsorpsi asam lemak bebas adalah 30°C dan semakin tinggi suhu adsorpsi asam lemak bebas maka akan semakin berkurang kapasitas adsorpsi, maka dari itu suhu adsorpsi yang digunakan pada variabel penelitian ini yaitu 28, 30, 35, 40, dan 45°C.

Proses adsorpsi juga dipengaruhi oleh waktu kontak antara adsorben dan adsorbat. Pada penelitian Zulkifli dkk. (2018), variabel waktu yang digunakan adalah 2, 4, dan 6 jam. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa semakin lama waktu

adsorpsi maka angka asam lemak bebas akan semakin menurun. Pada penelitian ini digunakan waktu adsorpsi selama 24 jam dengan harapan dapat menurunkan angka asam lemak bebas jauh lebih baik dari penelitian sebelumnya.

2.3 Model Kestimbangan Adsorpsi

Kestimbangan adsorpsi merupakan suatu keadaan dinamis yang tercapai ketika laju partikel yang teradsorpsi ke permukaan sama dengan laju desorpsinya. Kestimbangan adsorpsi dapat dimodelkan dengan persamaan-persamaan model kestimbangan adsorpsi seperti Langmuir dan Freundlich. Tujuan dari penggunaan model kestimbangan adsorpsi untuk mengevaluasi mekanisme adsorpsi (Chairgulprasert dan Madlah, 2018).

2.3.1 Isoterm Langmuir

Isoterm Langmuir didasarkan pada adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (*monolayer*), semua situs aktif dan permukaan bersifat identik dan homogen. Energi adsorpsi yang terjadi bersifat konstan dan tidak terjadi perpindahan adsorbat pada permukaan adsorben. Persamaan isoterm Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut :

$$q_e = \frac{q_m \cdot K_L}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (2.5)$$

dimana,

q_e = massa asam lemak bebas yang terjerap per massa karbon aktif pada keadaan setimbang (mg/g)

C_e = konsentrasi kestimbangan (mg/L)

q_m = kapasitas adsorpsi lapisan tunggal pada keadaan setimbang (mg/g)

K_L = konstanta kestimbangan Langmuir

Penentuan isoterm Langmuir dilakukan dengan cara trial nilai K_L dan q_m untuk mendapatkan nilai q_e hitung. SST (*Sum of Squared Total*) dan SSE (*Sum of Squared Error*) digunakan untuk mendapatkan nilai R^2 .

$$SST = \sum_{i=1}^n (q_e \text{ eksperimen} - \bar{q}_e \text{ eksperimen})^2 \quad (2.6)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (q_e \text{ eksperimen} - q_e \text{ hitung})^2 \quad (2.7)$$

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \quad (2.8)$$

2.3.2 Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich didasarkan pada adsorpsi lapisan banyak (*multilayer*) yang mempertimbangkan heterogenitas permukaan. Berikut merupakan persamaan isoterm Freundlich :

$$q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (2.9)$$

dimana,

K_F = konstanta kesetimbangan Freundlich

$1/n$ merupakan faktor heterogenitas yang menandai isotermal. Penentuan isoterm Freundlich dilakukan dengan cara trial nilai K_f dan n untuk mendapatkan nilai q_e hitung. SST (*Sum of Squared Total*) dan SSE (*Sum of Squared Error*) digunakan untuk mendapatkan nilai R^2 .

2.4 Model Termodinamika Adsorpsi

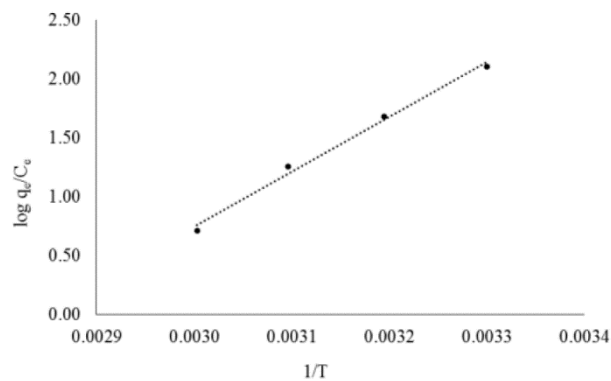
Model termodinamika adsorpsi digunakan untuk mengetahui spontanitas dan sifat proses adsorpsi. Model termodinamika juga dapat digunakan sebagai parameter desain dan kondisi operasi pada suatu reaktor di pabrik kimia. Parameter termodinamika yang digunakan dalam menentukan mekanisme adsorpsi adalah perubahan energi bebas Gibbs standar (ΔG°), entalpi standar (ΔH°) dan entropi standar (ΔS°). Setiap parameter termodinamika memiliki fungsi yang berbeda-beda dalam sistem adsorpsi. Nilai ΔG° berfungsi untuk menggambarkan kerja isotermal minimum yang dibutuhkan untuk menjerap adsorbat dengan jumlah tertentu pada permukaan adsorben. Nilai ΔH° berfungsi untuk menunjukkan efek panas yang dihasilkan dari sistem adsorpsi, sedangkan ΔS° berfungsi untuk memperlihatkan cara penjerapan molekul adsorbat pada permukaan adsorben (Wang dkk., 2018).

Nilai dari ΔG° , ΔH° , dan ΔS° dapat dihitung menggunakan persamaan (2.10) dan (2.11), dimana R merupakan konstanta gas universal (8,314 J/molK), T (K) adalah temperatur yang dinyatakan dalam skala Kelvin, K_c adalah konstanta kesetimbangan, C_{Ae} (mg/L) adalah jumlah yang diadsorpsi pada padatan dalam keadaan kesetimbangan dan C_e (mg/L) adalah konsentrasi kesetimbangan (Danish dkk., 2018).

$$\Delta G^\circ = -RT \cdot \ln K_c \quad (2.10)$$

$$\ln K_c = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT}; K_c = \frac{C_{Ae}}{C_e} \quad (2.11)$$

Nilai K_L dan K_F dapat digunakan pada persamaan (2.10) dan (2.11) untuk menggantikan nilai K_C yang berfungsi sebagai pendekatan untuk menggambarkan adsorpsi isoterm yang terjadi pada penelitian ini, kontanta kesetimbangan dengan nilai R^2 yang paling besar akan digunakan dalam persamaan (2.10) dan (2.11). Nilai negatif pada ΔG° menunjukkan bahwa proses adsorpsi berjalan dengan spontan. Nilai negatif pada ΔH° mengindikasikan bahwa reaksi adsorpsi merupakan eksotermik untuk karbon aktif yang digunakan, sedangkan nilai positif pada ΔS° menginformasikan bahwa meningkatnya keacakan molekul pada permukaan karbon aktif dibandingkan dengan asam lemak. Dalam menentukan nilai ΔH° dan ΔS° dilakukan dengan cara membuat grafik hubungan antara $\log q_e/C_e$ dan $1/T$ yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Grafik pada Gambar 2.2 merupakan termodinamika adsorpsi asam lemak bebas pada minyak jelantah menggunakan karbon aktif dari cangkang kopi pada suhu 30, 40, 50, dan 60°C (Chairgulprasert dan Madlah, 2018).



Gambar 2.1 Grafik Termodinamika Adsorpsi Asam Lemak Bebas

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil uji asam lemak bebas didapatkan suhu terbaik adsorpsi yaitu 28°C. Semakin tinggi suhu adsorpsi maka kapasitas adsorpsi maksimum dari karbon aktif semakin rendah.
2. Berdasarkan hasil uji asam lemak bebas dari 2 variabel suhu aktivasi karbon aktif, karbon aktif dengan suhu aktivasi 700°C memiliki kapasitas adsorpsi maksimum lebih tinggi dibanding karbon aktif dengan suhu aktivasi 650°C. Semakin tinggi suhu aktivasi karbon aktif maka kapasitas adsorpsi maksimum yang dihasilkan semakin tinggi.
3. Model kesetimbangan adsorpsi, meliputi:
 - a. Model Freundlich lebih tepat digunakan untuk permodelan dalam penelitian ini, karena nilai R^2 lebih besar dibandingkan model Langmuir.
 - b. Suhu optimal untuk proses adsorpsi yaitu 28°C, karena nilai q_m , dan K_f lebih dalam dua model yang digunakan lebih besar daripada suhu adsorpsi lainnya.
4. Model kesetimbangan termodinamika, meliputi:
 - a. Proses reaksi dalam adsorpsi terjadi secara tidak spontan karena, nilai positif ΔG° pada masing-masing sampel dan variabel suhu.
 - b. Nilai negatif ΔH° menunjukkan bahwa reaksi adsorpsi asam lemak bebas berjalan secara eksotermik pada masing-masing sampel dan variabel suhu.
 - c. Nilai negatif ΔS° mengindikasikan bahwa menurunnya keacakan molekul pada sistem adsorpsi asam lemak bebas.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pemodelan kinetika adsorpsi dengan model yang lain.
2. Sebaiknya dilakukan pengujian tahap awal pada bahan baku agar bahan baku yang digunakan memiliki kualitas baik dan seragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Azmier, M., Azreen, N., Puad, A., dan Solomon, O. (2014). Kinetic , equilibrium and thermodynamic studies of synthetic dye removal using pomegranate peel activated carbon prepared by microwave-induced KOH activation. *Water Resources and Industry*, 6, 18–35.
- Basu, S., Ghosh, G., dan Saha, S. (2018). Adsorption characteristics of phosphoric acid induced activation of bio-carbon: Equilibrium , kinetics , thermodynamics and batch adsorber design. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 125–142.
- Chairgulprasert, V., dan Madlah, P. (2018). Removal of Free Fatty Acid from Used Palm Oil by Coffee Husk Ash. *Science & Technology Asia*, 23(3), 1–9.
- Danish, M., Ahmad, T., Majeed, S., Ziyang, L., Pin, Z., dan Iqbal, S. M. S. (2018). Use of banana trunk waste as activated carbon in scavenging methylene blue dye: Kinetic, thermodynamic, and isotherm studies. *Bioresource Technology Reports*, 3(4–5), 127–137.
- Do, D. D. (1998). Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics. In *Chemical Engineering* (Vol. 2, Issue Imperial College Press).
- Fahri, Y., Onur, O., dan Ozge, O. (2015). Changes in Quality Characteristics of Different Deep Frying Fats During Frying and Regeneration Potentials of Different Adsorbents in Wasted Frying Oils. *Journal of Food and Nutrition Research*, 3(3), 176–181.
- Fitriani, dan Nurulhuda. (2018). Pemurnian minyak goreng bekas menggunakan adsorben biji alpukat teraktivasi. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 9(2), 65–75.
- Gargurevich, I. A. (2016). Chemical Reaction Thermodynamics and Reaction Rate Theory. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 7(2).
- Irawan, C., dan Purwanti, A. (2019). Adsorpsi Logam Timbal Secara Batch dan Kontinu Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 4(2), 267–276.
- Kementerian Pertanian RI. (2016). *Outlook Komoditas Pisang*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Pertanian.

- Loredo-Cancino, M., Soto-Regalado, E., Cerino-Córdova, F. J., García-Reyes, R. B., García-León, A. M., dan Garza-González, M. T. (2013). Determining optimal conditions to produce activated carbon from barley husks using single or dual optimization. *Journal of Environmental Management*, 125, 117–125.
- Masese, Z. A. D., dan Yatim, H. (2017). Respon Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Organik Cair Kulit Pisang. *Jurnal Agrominansia*, 2(2), 170–180.
- Megiyo, Aldila, H., Afriani, F., Mahardika, R. G., dan Enggiwanto, S. (2017). Sintesis Karbon Aktif Tempurung Ketapang (*Terminalia catappa*) Sebagai Adsorben Minyak Jelantah. *Seminar Nasional Fisika Dan Aplikasinya*, 137–145.
- Nasir, N. S. W., Nurhaeni, dan Musafira. (2014). Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa normalis*) Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas. *Online Journal of Natural Science*, 3(1), 18–30.
- Panadare, D. C., dan Rathod, V. K. (2015). Applications of Waste Cooking Oil Other Than Biodiesel : A Review. *Iranian Journal of Chemical Engineering*, 12(3), 55–76.
- Paputungan, R., Nikmatin, S., Maddu, A., dan Pari, G. (2018). Mikrostruktur Arang Aktif Batok Kelapa untuk Pemurnian Minyak Goreng Habis Pakai. *Jurnal Teknik Pertanian*, 6(1), 69–74.
- Rahayu, S., dan Bintari, A. (2019). Activated carbon-based bio-adsorbent for reducing free fatty acid number of cooking oil Activated Carbon-Based Bio-Adsorbent for Reducing Free Fatty Acid Number of Cooking Oil. *AIP Conference Proceedings*, 2019(050004), 1–5.
- Silva, S. M., Sampaio, K. A., Ceriani, R., Verhé, R., Stevens, C., De Greyt, W., dan Meirelles, A. J. A. (2013). Adsorption of carotenes and phosphorus from palm oil onto acid activated bleaching earth: Equilibrium, kinetics and thermodynamics. *Journal of Food Engineering*, 118(4), 341–349.
- Siswanto, W., & Mulasari, S. A. (2015). Peningkatan Peroksida Minyak Goreng Curah Dan Fortifikasi Vitamin A. *Kes Mas: Jurnal Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Daulan*, 9(1), 1–10.

Standar Nasional Indonesia. 2013. SNI 3741:2013 : *Minyak Goreng*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Wang, H., Wang, B., Li, J., dan Zhu, T. (2018). Adsorption equilibrium and thermodynamics of acetaldehyde/acetone on activated carbon. *Separation and Purification Technology*, 209, 535–541.

Zulkifli, Rihayat, T., Suryani, Facraniah, Habibah, U., Audina, N., Fauzi, T., Nurhanifa, Zaimahwati, dan Rosalina. (2019). Purification process of jelantah oil using active charcoal kepok ' s banana. *AIP Conference Proceedings*, 2049(020022), 1–6.