



**PROSES PENGGUNAAN KEMBALI KARBON AKTIF KULIT PISANG
UNTUK ASAM LEMAK BEBAS**

Skripsi

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia

Oleh :

Ardi Nugroho

NIM. 5213416063

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2020

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Ardi Nugroho
NIM : 5213416063
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Proses Penggunaan Kembali Karbon Aktif Kulit Pisang
Untuk Adsorpsi Asam Lemak Bebas

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 “Proses Penggunaan Kembali Karbon Aktif Kulit Pisang Untuk Adsorpsi Asam Lemak Bebas” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 7 bulan Oktober tahun 2020.

Oleh

Nama : Ardi Nugroho

NIM : 5213416063

Program Studi : Teknik Kimia

Panitia :

Ketua

Sekretaris



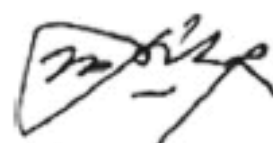
Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.
NIP. 197103161999032002

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,



Ardi Nugroho

NIM. 5213416063

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO : Hiduplah sederhana tapi pastikan bukan sederhana yang tidak bisa melakukan apa-apa.

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT
2. Ibu dan Bapak
3. Keluarga Besar
4. Almamater
5. Dosen-dosenku
6. Sahabat-sahabatku

ABSTRAK

PROSES PENGGUNAAN KEMBALI KARBON AKTIF KULIT PISANG UNTUK ASAM LEMAK BEBAS

Ardi Nugroho

Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia
ardi.nugroho@students.unnes.ac.id

Setelah minyak goreng digunakan untuk proses penggorengan, penjual minyak goreng atau rumah tangga sudah akan menggunakan minyak goreng dengan tingkat konsentrasi yang harus disaring lebih lanjut. Pada penelitian ini minyak jelantah yang mengandung asam lemak bebas diolah secara efisien dengan karbon aktif berbasis kulit pisang (*Musa acuminata*) dengan luas permukaan spesifik $550 \text{ m}^2/\text{g}$ dan gugus fungsi gugus hidroksil. Hasil eksperimen batch berdasarkan studi isotermik menunjukkan bahwa model Freundlich dapat mendeskripsikan proses adsorpsi dengan baik, dan kapasitas adsorpsi maksimum adalah 10 mg/g . Studi termodinamika menunjukkan bahwa proses reaksi bersifat eksotermik dan non-spontan. Entalpi adsorpsi adalah -75 kJ/mol , yang menunjukkan bahwa ikatan hidrogen pada proses kemisorpsi terkendali, dengan suhu adsorpsi optimal 28°C ($28\text{-}45^\circ\text{C}$). Umur karbon aktif dapat diperpanjang dengan menggunakan proses desorpsi dengan larutan surfaktan dari sabun cuci piring dalam air. Karbon aktif diperpanjang memiliki kemampuan adsorpsi 52% . Ide dalam penelitian ini adalah memperpanjang umur simpan karbon aktif dan minyak goreng.

Kata Kunci : karbon aktif, asam lemak bebas, kulit pisang kepok, termodinamika

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Proses Penggunaan Kembali Karbon Aktif Kulit Pisang Untuk Adsorpsi Asam Lemak Bebas”. 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 GAMBAR.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kulit Pisang Kepok	4
2.2 Karbon Aktif	5
2.3 Kalium Hidroksida.....	6
2.4 Desorpsi	7
BAB III METODE PENELITIAN	9
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	9
3.2 Variabel.....	9
3.3 Alat.....	9
3.4 Bahan	10
3.5 Prosedur Kerja	10
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Karakterisasi Karbon Aktif	15
4.1.1 Analisis Gugus Fungsi	15
4.1.2 Analisis Struktur Kristal	16
4.1.3 Analisis Morfolgi Internal.....	17

4.2 Desorpsi	18
4.2.1 Desorpsi Karbon Aktif 650°C	18
4.2.2 Desorpsi Karbon Aktif 700°C	19
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Kesimpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	22
LAMPIRAN.....	25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pisang Kepok.....	4
Gambar 4.1 Spektrum FTIR Karbon Aktif	15
Gambar 4.2 Diffraktogram XRD	16
Gambar 4.3 Hasil Uji TEM Karbon Aktif	18
Gambar 4.4 Hasil Qe, (Qe1), (Qe2) Karbon Aktif 650°C.....	19
Gambar 4.5 Hasil Qe, (Qe1), (Qe2) Karbon Aktif 700°C.....	20

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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).

Salah satu tahapan proses pembuatan karbon aktif dari biomassa yaitu proses aktivasi. Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar luas permukaan dari karbon aktif tersebut. Aktivator yang biasa digunakan dalam proses aktivasi adalah KOH, NaOH, H₃PO₄, K₂CO₃, H₂SO₄, dan ZnCl₂. Penggunaan aktivator yang berbeda akan menghasilkan luas permukaan yang beda pula pada karbon aktif (Rashidi dan Yusup, 2016). Penelitian karbon aktif dari batang tembakau sebagai bahan baku yang menggunakan aktivator KOH, K₂CO₃, dan ZnCl₂ dengan suhu aktivasi 600°C

selama 90 menit menghasilkan luas permukaan yang berbeda-beda. Rasio yang digunakan antara bahan baku dengan aktivator adalah 1:1. Karbon aktif dengan aktivator KOH menghasilkan luas permukaan 474,8 m²/g, sedangkan karbon aktif dengan aktivator K₂CO₃ menghasilkan luas permukaan 422,1 m²/g, sementara karbon aktif dengan aktivator ZnCl₂ menghasilkan luas permukaan 382,7 m²/g (Chen dkk., 2017). Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa bahan yang mengandung selulosa dan lignin cocok menggunakan aktivator KOH.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik karbon aktif dari kulit pisang yang digunakan sebagai adsorben dalam pemurnian minyak goreng jelantah ?
2. Bagaimana pengaruh pemakaian kembali karbon aktif terhadap kemampuan adsorpsi minyak goreng jelantah ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik karbon aktif dari kulit pisang yang digunakan sebagai adsorben dalam pemurnian minyak goreng jelantah.
2. Mengetahui pengaruh pemakaian kembali karbon aktif terhadap kemampuan adsorpsi minyak goreng jelantah.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat, diantaranya :

1. Memberikan wawasan mengenai pemanfaatan dan pengolahan limbah kulit pisang dalam pembuatan karbon aktif.
2. Mengurangi limbah kulit pisang yang digunakan untuk bahan pembuatan karbon aktif.
3. Memberikan wawasan mengenai proses desorpsi asam lemak bebas pada karbon aktif untuk digunakan kembali.

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.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kulit Pisang Kepok

Pisang kepok (*Musa parasidiaca L.*) merupakan salah satu jenis pisang yang tumbuh subur serta memiliki wilayah persebaran merata di Indonesia. Jenis pisang ini termasuk komoditas unggul yang berumur singkat dan mudah dipanen. Hanya bagian daging buah, batang, dan daun pisang saja yang dimanfaatkan, sementara bagian kulit pisang tidak dimanfaatkan dan hanya menjadi limbah organik (Novianti dan Setyowati, 2016). Kulit pisang merupakan limbah organik yang memiliki rantai karbon cenderung pendek sehingga mudah untuk diuraikan oleh mikroorganisme. Selama ini kulit pisang sering dimanfaatkan untuk pakan ternak maupun dibuat menjadi pupuk organik (Masese dan Yatim, 2017).



Gambar 2.1 Pisang Kepok

Kulit pisang kepok tersusun atas hemiselulosa 59,57%, selulosa 14,25%, lignin 12,82%, dan abu 13,36% (Kabenge dkk., 2018). Selulosa adalah polimer sederhana yang membentuk ikatan kimia dengan permukaan rantai seragam dan memiliki lapisan pori. Dengan adanya pori, selulosa dapat menyerap bahan-bahan yang berbahaya bagi lingkungan. Gugus fungsional yang terdapat pada senyawa organik kulit pisang yang berperan sebagai adsorben yaitu -OH, -COO, dan -NH (Wardani dkk., 2018).

2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan material karbon amorf yang berasal dari biomassa melalui proses termal atau termokimia dan memiliki tingkat porositas tinggi serta adanya jarak antar partikel pada luas permukaan (Ukanwa dkk., 2019). Menurut Megiyo dkk. (2018), karbon aktif adalah padatan amorf yang diproduksi dari bahan baku yang mengandung karbon dan memiliki permukaan dalam (*internal surface*), serta memiliki kemampuan untuk menyerap material tertentu. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sifat adsorpsi karbon aktif yaitu temperatur, ukuran partikel, impuritas, derajat keasaman, dan waktu kontak.

Karbon aktif dapat diproduksi dari berbagai material yang mengandung karbon, namun sifat material tersebut akan mempengaruhi produk yang dihasilkan. Untuk meminimalkan biaya bahan baku dan memanfaatkan limbah organik, maka bahan baku karbon aktif menggunakan limbah yang berasal dari agroindustri maupun agrokultural. Limbah yang biasa digunakan sebagai bahan baku karbon aktif yaitu ampas tebu, tempurung kelapa, ampas tahu, kulit pisang, sekam padi, tongkol jagung dan lainnya (Bonassa dkk., 2016).

Tahap persiapan dari produksi karbon aktif terbagi menjadi dua, yaitu tahap karbonisasi atau pirolisis dan tahap aktivasi. Proses aktivasi material karbon dapat dilakukan secara fisik, kimia ataupun kombinasi dari keduanya. Persiapan fisika harus melewati dua proses yaitu karbonisasi dan aktivasi sampel terkarbonisasi, sementara persiapan secara kimia hanya satu langkah proses karena karbonisasi dan aktivasi dilakukan secara bersamaan. Sifat karbon aktif dapat dipengaruhi oleh aktivator, kondisi karbonisasi, dan proses aktivasi (Ukanwa dkk., 2019).

1. Karbonisasi

Karbonisasi adalah proses pembakaran bahan organik untuk dikonversi menjadi arang pada temperatur tinggi dan kadar oksigen rendah. Proses karbonisasi terjadi pada temperatur dibawah 800°C. Sebagian besar unsur-unsur non karbon seperti oksigen, nitrogen, dan hidrogen akan mudah menguap dari bahan baku karbon aktif ketika proses karbonisasi. Karbon aktif memiliki struktur mikrokristalin yang mulai terbentuk karena adanya temperatur tinggi. Struktur

mikrokristalin ini tersusun secara tidak teratur dan memiliki pori (Ukanwa dkk., 2019).

2. Aktivasi

Aktivasi adalah proses lanjutan pada produksi karbon aktif secara fisika maupun kimia yang berfungsi untuk memperbesar pori pada material hasil karbonisasi. Proses aktivasi secara fisika dilakukan dengan mengkontakkan material karbon dengan udara, CO₂, ataupun uap pada temperatur 800-900°C, sedangkan aktivasi secara kimia dilakukan dengan mereaksikan material karbon dengan aktivator berupa ZnCl₂, NaOH, KOH, H₃PO₄, H₂SO₄, dan lainnya (Hui dan Zaini, 2015). Proses aktivasi secara kimia lebih sering digunakan karena proses aktivasi lebih cepat, temperatur aktivasi yang lebih rendah, karbon aktif yang dihasilkan memiliki luas permukaan yang lebih besar dan pori yang lebih kecil (Ahmed dkk., 2019).

Komponen utama karbon aktif tersusun atas 88%C, 0,5%N, 0,5%H, 1%S, 6-7%O, dan sisanya abu anorganik. Proses aktivasi dan bahan baku karbon aktif akan mempengaruhi jumlah komponen utama penyusun karbon aktif. Selama proses aktivasi, struktur mikrokristalin mengalami pemecahan ikatan hidrokarbon sehingga karbon aktif memiliki luas permukaan pori yang lebih besar (Ukanwa dkk., 2019).

Suhu aktivasi karbon aktif sangat mempengaruhi karbon aktif yang dihasilkan. Pada penelitian Mopoung (2008), variabel suhu yang digunakan yaitu 500, 600, dan 700°C. Karbon aktif dengan hasil terbaik dihasilkan pada suhu 700°C, sementara pada penelitian ini variabel suhu yang digunakan yaitu 650 dan 700°C. Suhu 650°C belum diteliti pada penelitian sebelumnya, maka diharapkan dapat mengetahui hasil karbon aktif pada suhu 650°C.

2.3 Kalium Hidroksida

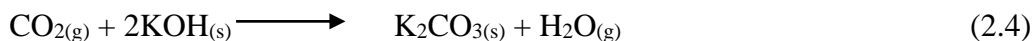
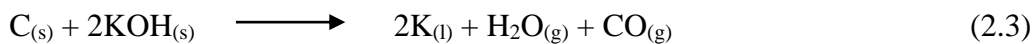
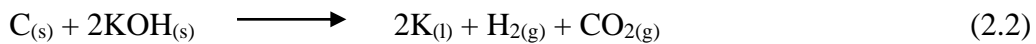
Kalium hidroksida (KOH) merupakan senyawa anorganik yang bersifat basa kuat dengan berat molekul 56,1 g/mol. KOH bertindak sebagai agen dehidrasi ketika proses karbonisasi yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam bahan

baku karbon aktif (prekursor). Berikut merupakan reaksi yang terjadi ketika proses karbonisasi :



Selama proses karbonisasi, prekursor dipanaskan pada temperatur tinggi sehingga prekursor akan terkonversi menjadi arang, tar, dan gas. Namun, terbentuk tar yang akan menyumbat pori dari karbon aktif. Maka dari itu, material harus diaktivasi yang bertujuan untuk mengurangi kandungan tar pada karbon aktif sehingga memperbesar luas permukaan karbon aktif dan daya serap adsorpsi akan meningkat (Hui dan Zaini, 2015).

Berikut merupakan reaksi proses aktivasi :



Rasio antara prekursor dengan aktivator mempengaruhi karbon aktif yang dihasilkan. Pada penelitian Mopoung (2008) dengan prekursor kulit pisang dan aktivator KOH, variabel yang digunakan 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5. Pori karbon aktif yang bagus dihasilkan pada rasio 1:2, 1:3, dan 1:4, sementara pada rasio 1:5 pori karbon aktif rusak dan tidak berbentuk sehingga pada penelitian ini dipilih rasio 1:3,5 dengan harapan pori karbon aktif yang dihasilkan lebih baik pada penelitian sebelumnya.

2.4 Desorpsi

Desorpsi merupakan proses terlepasnya kembali gugus aktif pada adsorben dari molekul yang sudah berikatan. Dalam proses desorpsi karbon aktif, biasanya surfaktan digunakan untuk menghilangkan kontaminan organik maupun anorganik yang terdapat pada karbon aktif. Surfaktan merupakan senyawa yang memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan karena memiliki gugus hidrofobik dan hidrofilik dalam satu molekul, sehingga dapat menjerap kontaminan yang terdapat pada karbon aktif. Faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi dari proses desorpsi yaitu konsentrasi surfaktan, kuantitas cairan desorpsi, waktu kontak, dan temperatur desorpsi (Hinoue dkk., 2017).

Waktu kontak pada proses desorpsi sangat berpengaruh pada penyerapan kontaminan dan efisiensi desorpsi. Pada penelitian Hinoue dkk. (2017), variabel waktu yang digunakan yaitu 1, 2, 3, 6, 24, 48, dan 72 jam. Waktu kontak yang terbaik pada variabel tersebut adalah 72 jam, namun peningkatan efisiensi desorpsi antara 24, 48 dan 72 jam sangat kecil, maka dari itu variabel waktu kontak yang digunakan pada penelitian ini adalah 24 jam.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Hasil uji karakterisasi karbon aktif dari kulit pisang, meliputi:
 - a. Berdasarkan spektrum FTIR karbon aktif dengan suhu aktivasi 600 dan 650°C memiliki gugus aktif yang dapat mengadsorpsi asam lemak bebas yaitu gugus O-H dan gugus C=C.
 - b. Berdasarkan difraktogram XRD karbon aktif dengan suhu aktivasi 600 dan 650°C memiliki tingkat pengkristalan yang lebih tinggi dibandingkan serbuk kulit pisang.
 - c. Berdasarkan hasil uji TEM dapat diketahui struktur morfologi internal dari karbon aktif dan karbon aktif setelah desorpsi.
2. Proses desorpsi yang optimal dicapai pada siklus pertama dengan kemampuan desorpsi karbon aktif 52% dari karbon aktif sebelum proses adsorpsi.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan karakterisasi karbon aktif untuk mengetahui luas permukaan dan morfologi permukaan karbon aktif.
2. Sebaiknya dilakukan pengujian tahap awal pada bahan baku agar bahan baku yang digunakan memiliki kualitas baik dan seragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M. B., Johir, M. A. H., Zhou, J. L., Hao, H., Duc, L., Richardson, C., Ali, M., dan Bryant, M. R. (2019). Activated carbon preparation from biomass feedstock: Clean production and carbon dioxide adsorption. *Journal of Cleaner Production*, 225, 405–413.
- Badan Pusat Statistik. (2018). *Statistik Pertanian Hortikultura Provinsi Jawa Tengah 2016-2018*. Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah.
- Bonassa, G., Schneider, L. T., Alves, H. J., Meier, T. R. W., Frigo, E. P., dan Teleken, J. G. (2016). Sugarcane Bagasse Ash For Waste Cooking Oil Treatment Applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 4(4), 4091–4099.
- Chen, R., Li, L., Liu, Z., Lu, M., Wang, C., Li, H., Ma, W., dan Wang, S. (2017). Preparation and Characterization of Activated Carbons from Tobacco Stem by Chemical Activation. *Journal of the Air & Waste Management Association*.
- Fitriani, dan Nurulhuda. (2018). Pemurnian minyak goreng bekas menggunakan adsorben biji alpukat teraktivasi. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 9(2), 65–75.
- Gao, Y., Yue, Q., Gao, B., Sun, Y., Wang, W., Li, Q., dan Wang, Y. (2013). Comparisons of porous, surface chemistry and adsorption properties of carbon derived from *Enteromorpha prolifera* activated by H₂O₂ and KOH. *Chemical Engineering Journal*, 232, 582–590.
- Hinoue, M., Ishimatsu, S., Fueta, Y., dan Hori, H. (2017). A new desorption method for removing organic solvents from activated carbon using surfactant. *Journal of Occupational Health*, 59(2), 194–200.
- Hui, T. S., dan Zaini, M. A. A. (2015). Potassium hydroxide activation of activated carbon: a commentary. *Carbon Letters*, 16(4), 275–280.
- Kabenge, I., Omulo, G., Banadda, N., Seay, J., Zziwa, A., dan Kiggundu, N. (2018). Characterization of Banana Peels Wastes as Potential Slow Pyrolysis Feedstock. *Journal of Sustainable Development*, 11(2), 14–24.
- Kementerian Pertanian RI. (2016). *Outlook Komoditas Pisang*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Pertanian.

- Ma, Y. (2016). Comparison of Activated Carbons Prepared from Wheat Straw via ZnCl₂ and KOH Activation. *Waste and Biomass Valorization*.
- 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.
- Mopoung, S. (2008). Surface Image of Charcoal and Activated Charcoal from Banana Peel. *Journal of Microscopy Society of Thailand*, 22, 15–19.
- Mopoung, S., Moonsri, P., Palas, W., dan Khumpai, S. (2015). Characterization and Properties of Activated Carbon Prepared from Tamarind Seeds by KOH Activation for Fe (III) Adsorption from Aqueous Solution. *The Scientific World Journal*, 2015, 1–9.
- 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.
- Novianti, P., dan Setyowati, W. A. E. (2016). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Alami Dengan Metode Pemisahan Alkalisasi. *Seminar Nasional Pendidikan Sains*, 459–466.
- 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.
- Rashidi, N. A., dan Yusup, S. (2016). A Review on Recent Technological Advancement in the Activated Carbon Production from Oil Palm Wastes. *Chemical Engineering Journal*.

- Riyanto, C. A., Ampri, M. S., Martono, Y., dan Satya, U. K. (2020). Synthesis and Characterization of Nano Activated Carbon from Annatto Peels (*Bixa orellana* L .) Viewed from Temperature Activation and Impregnation Ratio of. *Journal of Sciences and Data Analysis*, *1*(1), 44–50.
- Saafie, N., Samsudin, M. F. R., Sufian, S., dan Ramli, R. M. (2019). Enhancement of the Activated Carbon over Methylene Blue Removal Efficiency via Alkali-Acid Treatment. *AIP Conference Proceedings*, *2124*(020046), 1–7.
- Ukanwa, K. S., Patchigolla, K., Sakrabani, R., Anthony, E., dan Mandavgane, S. (2019). A Review of Chemicals to Produce Activated Carbon from Agricultural Waste Biomass. *Sustainability MDPI*, *11*(22), 1–35.
- Wardani, S., Elvitriana, dan Viena, V. (2018). Potensi Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L) Dalam Menyerap Gas CO Dan SO₂ Pada Emisi Kendaraan Bermotor. *Serambi Engineering*, *III*(1), 262–270.
- Zulkifli, Rihayat, T., Suryani, Facraniah, Habibah, U., Audina, N., Fauzi, T., Nurhanifa, Zaimahwati, dan Rosalina. (2019). Purification process of jelantah oil using active chorcoal kepok ' s banana. *AIP Conference Proceedings*, *2049*(020022), 1–6.