

**SINTESIS *HYDROCHAR* KULIT SINGKONG
DENGAN METODE KARBONISASI
HIDROTERMAL DAN APLIKASINYA SEBAGAI
PELUNAK AIR SADAH**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Kimia



Diajukan oleh:

Nama: Dzikria Sari Pratiwi

NIM: 1608036028

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONO
SEMARANG
2021**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dzikria Sari Pratiwi

NIM : 1608036028

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya berjudul : **SINTESIS *HYDROCHAR* KULIT SINGKONG DENGAN METODE KARBONISASI HIDROTERMAL DAN APLIKASINYA SEBAGAI PELUNAK AIR SADAH**” adalah hasil karya sendiri dan bukan jiplakan hasil karya orang lain.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Jika dikemudian hari terbukti bahwa skripsi saya merupakan hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi yang diberikan.

Semarang, 19 Oktober 2021

Pembuat Pernyataan

A handwritten signature in black ink is written over a yellow and green 10,000 Rupiah stamp. The stamp features the number '10000' and the text 'REPUBLIK INDONESIA' and '10000 RUPIAH'. The signature is a cursive script.

Dzikria Sari Pratiwi

NIM.1608036028

LEMBAR PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Sintesis *Hydrochar* Kulit Singkong dengan Metode Karbonisasi Hidrotermal dan Aplikasinya sebagai Pelunak Air Sadah**

Penulis : Dzikria Sari Pratiwi

NIM : 1608036028

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqosyah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam bidang ilmu kimia.

Semarang, 25 November 2021

DEWAN PENGUJI

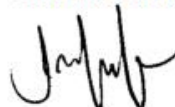
Ketua Sidang



Wirda Udaibah, M. Si.

NIP. 19850104 200912 2 003

Sekretaris Sidang



Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M. Pd.

NIP. 19830415 200912 2 006

Penguji I



Dr. Eng. Anissa Adiwena Putri, M. Eng.

NIP. 19850405 201101 2 015

Penguji II



Rais Nur-Latifah, M. Si.

NIP. 19920304 201903 2 019



Pembimbing I



Wirda Udaibah, M. Si.

NIP. 19850104 200912 2 003

Pembimbing II



Kustomo, S. Pd., M. Sc

NIP. 19880226 201903 1 007

NOTA DINAS

Semarang, 19 Oktober 2021

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

Di Semarang

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **SINTESIS *HYDROCHAR* KULIT SINGKONG DENGAN METODE KARBONISASI HIDROTHERMAL DAN APLIKASINYA SEBAGAI PELUNAK AIR SADAH**

Nama : Dzikria Sari Pratiwi

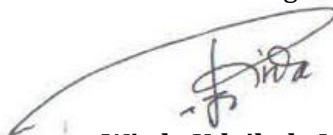
NIM : 1608036028

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diujikan dalam sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing I

**Wirda Udaibah, M.Si**

NIP.19850104 200912 2 003

NOTA DINAS

Semarang, 19 Oktober 2021

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo

Di Semarang

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **SINTESIS *HYDROCHAR* KULIT SINGKONG DENGAN METODE KARBONISASI HIDROTERMAL DAN APLIKASINYA SEBAGAI PELUNAK AIR SADAH**

Nama : Dzikria Sari Pratiwi

NIM : 1608036028

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diujikan dalam sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pembimbing II



Kustomo, S.Pd., M.Sc

NIP.19880226 201903 1 007

ABSTRAK

Kesadahan perlu diturunkan karena jika air sadah dikonsumsi dalam jangka waktu yang lama dapat mengganggu kesehatan. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan adsorpsi menggunakan *hydrochar* kulit singkong yang disintesis menggunakan metode karbonisasi hidrotermal (HTC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dan aktivitas *hydrochar* kulit singkong (aktivasi dan non aktivasi) menggunakan metode karbonisasi hidrotermal sebagai pelunak air sadah. Hasil karakterisasi FTIR pada *hydro-aktiv* (*hydrochar* aktivasi) dan *hydro-non* (*hydrochar* non aktivasi) mengandung gugus fungsi O-H stretch, C-H stretch, C≡C stretch dan C=C stretch. Puncak yang terkait dengan gugus karboksil mengalami perubahan intensitas ke arah panjang gelombang yang lebih rendah setelah sampel mengalami aktivasi kimia dengan NaOH. Hal ini menunjukkan bahwa gugus O-H baru dapat terbentuk selama reaksi pengaktifan. Pengamatan morfologi permukaan dengan metode SEM pada *hydro-non* berbentuk lembaran-lembaran besar, sedangkan permukaan pada *hydro-aktiv* berbentuk lembaran kecil-kecil. Hal ini terbentuk pada saat aktivasi yang menyebabkan lembaran-lembaran *hydro-non* pecah dan terpotong-potong menjadi lebih kecil sehingga memungkinkan terjadinya interaksi adsorben dengan adsorbat lebih banyak dan menjadikan proses adsorpsi *hydro-aktiv* lebih baik. Kapasitas adsorpsi *hydro-aktiv* terhadap ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} yaitu 85,240 mg/g dan 87,210 mg/g. Sedangkan kapasitas adsorpsi *hydro-non* terhadap ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} yaitu 84,736 mg/g dan 85,713 mg/g. Kinetika adsorpsi *hydro-aktiv* pada ion Mg^{2+} berlangsung pada orde 3 ($0,000003 \text{ menit}^{-1}$) sedangkan saat mengadsorpsi ion Ca^{2+} berlangsung pada orde 0 ($0,0324 \text{ menit}^{-1}$).

Kata kunci: *Hydrochar*, *water softener*, adsorpsi, NaOH

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil 'alamiin puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta nikmat yang tiada henti serta dengan izin dan ridha-Nya pemulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan untuk Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi umatnya.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dorongan semangat dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini. Dalam kesempatan ini, penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Dr. Ismail, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Hj. Malikhatul, M.Pd selaku Ketua Jurusan Kimia dan Dosen Pembimbing saya.
4. Mulyatun, M.Si, selaku Sekretaris Jurusan Kimia.
5. Wirda Udaibah, M.Si, selaku dosen pembimbing dan dosen wali saya, yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran,

doa, dukungan, motivasi serta arahan yang sangat berarti dengan sabar.

6. Kustomo, S.Pd.,M.Sc, selaku pembimbing kedua yang telah memberi kritik serta arahan.
7. Segenap Bapak dan Ibu Dosen Kimia yang sudah memberikan ilmu, pengetahuan, pengalaman, motivasi, dan pelajaran berharga bagi penulis.
8. Ibu Anita Karunia Z, S.Si , Ahmad Mughis, S.Pd.I, dan segenap asisten laboratorium kimia yang telah berbagi pengalaman berharga bagi penulis selama beraktivitas dan belajar di Laboratorium Kimia UIN Walisongo.
9. Orang tua tercinta dan tersayang Bapak Jasrianto dan Ibu Umi Salamh yang selalu berjuang dan mendoakan yang terbaik untuk anaknya, serta memberikan motivasi dan semangat hingga bisa menyelesaikan skripsi dengan baik.
10. Kakak, adek dan semua sepupu tercinta dan tersayang yang selalu memberikan dukungan serta motivasi tiada henti.
11. Sahabat-sahabat tercinta yaitu Andi Anggara, Aen, Dinda, dan Dwi yang selalu menyemangati dan mensupport dalam segala hal. Kehadiran kalian sangat berarti bagi saya.
12. Semua rekan-rekan Kimia 2016 yang selalu memberikan semangat serta motivasi. Sampai bertemu lagi dengan sukses versi kita masing-masing.

13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas dukungan dan motivasinya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan masih harus disempurnakan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak, guna penyempurnaan. Dengan segala harapan dan doa, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Aamiin Yaa Rabbal'alamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Semarang, 19 Oktober 2021

Penulis



Dzikria Sari Pratiwi

NIM.1608036028

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	v
NOTA DINAS	vii
ABSTRAK	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
BAB I: PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	8
C. Tujuan Penelitian.....	9
D. Manfaat Penelitian.....	9
BAB II: KAJIAN TEORI	11
A. Landasan Teori.....	11
1. Air Sadah.....	11
2. Biomassa Kulit Singkong.....	13
3. <i>Hydrothermal Carbonization (HTC)</i>	15
4. <i>Hydrochar</i>	18

5. Adsorpsi.....	19
6. <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	25
7. <i>Scanning Elektron Microscopy (SEM)</i>	27
B. Kajian Pustaka.....	29
BAB III: METODE PENELITIAN.....	33
A. Alat dan Bahan.....	33
1. Alat.....	33
2. Bahan.....	33
B. Cara Kerja.....	34
1. Sintesis <i>Hydrochar</i>	34
2. Proses Aktivasi.....	34
3. Karakterisasi.....	34
4. Adsorpsi Air Sadah.....	39
5. Penentuan Kesadahan Total.....	39
6. Penentuan Kadar Kesadahan Kalsium.....	40
7. Penentuan Kapasitas Adsorpsi.....	40
8. Penentuan Kinetika Adsorpsi.....	41
C. Rancangan Data.....	41
1. Penentuan Kesadahan Air.....	41
2. Analisis Kapasitas Adsorpsi.....	42
3. Analisis Kinetika Adsorpsi.....	42
D. Analisis Data.....	42
1. Penentuan Kesadahan Total.....	42
2. Penentuan Kadar Kesadahan Kalsium.....	43

3. Parameter Adsorpsi.....	44
BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Preparasi Kulit Singkong.....	45
B. Sintesis Hidrochar Kulit Singkong.....	46
C. Proses Aktivasi.....	49
D. Karakterisasi.....	52
E. Penentuan Kapasitas Adsorpsi.....	66
F. Penentuan Kinetika Adsorpsi.....	75
BAB V : PENUTUP.....	85
A. Kesimpulan.....	85
B. Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA.....	87
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	154

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (a) singkong (b) kulit singkong.....	14
Gambar 2. 2 autoclave dengan penutup flat plate	16
Gambar 2. 3 struktur umum hydrochar	18
Gambar 2. 4 lapisan monolayer pada isoterm Langmuir.....	24
Gambar 2. 5 lapisan multilayer pada isoterm Freundlich	25
Gambar 2. 6 skema optik FTIR.....	26
Gambar 2. 7 hasil analisis FTIR hydrochar dari rimpang singkong (cassava rhizome)	26
Gambar 2. 8 ilustrasi SEM	28
Gambar 4. 1 reaksi pembentukan hydrochar	48
Gambar 4. 2 proses sintesis dan aktivasi hydrochar	51
Gambar 4. 3 spektrum FTIR hydrochar	52
Gambar 4. 4 SEM hydro-non (a) Perbesaran 3000x (b) Perbesaran 1000x.....	55
Gambar 4. 5 SEM hydro-aktv (a) Perbesaran 3000x (b) Perbesaran 1000x.....	56
Gambar 4. 6 (a) air sadah setelah diadsorp hydro-non (b) air sadah setelah diadsorp hydro-aktv	64
Gambar 4. 7 (a) model Langmuir (b) model Freundlich ion Ca^{2+} hydro-non.....	69
Gambar 4. 8 (a) model Langmuir (b) Freundlich ion Ca^{2+} hydro- aktv.....	70

Gambar 4. 9 (a) Model Langmuir (b) Freundlich ion Mg^{2+} hydro- non.....	73
Gambar 4. 10 (a) Model Langmuir (b) Freundlich on Mg^{2+} hydro- aktiv.....	74
Gambar 4. 11 grafik t vs Q_e ion Ca^{2+}	77
Gambar 4. 12 kurva orde reaksi orde 0 ion Ca^{2+} hydro-aktiv	78
Gambar 4. 13 grafik t vs Q_e ion Mg^{2+}	80
Gambar 4. 14 kurva orde reaksi orde 3 ion Mg^{2+} hydro-aktiv	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tingkat Kesadahan	13
Tabel 2. 2 Data Hasil Analisis FTIR	27
Tabel 4. 1 Hasil Spektrum FTIR Hydrochar	54
Tabel 4. 2 Hasil Analisis Daya Serap Metilen Biru	57
Tabel 4. 3 Kadar Air Hydrochar	58
Tabel 4. 4 Kadar Zat Mudah Menguap (Volatil) Hydrochar	59
Tabel 4. 5 Kadar Karbon Terikat Hydrochar	60
Tabel 4. 6 Kadar Abu Hydrochar	61
Tabel 4. 7 Hasil Adsorpsi Air Sadah	65
Tabel 4. 8 Kapasitas Adsorpsi Ion Ca^{2+}	68
Tabel 4. 9 Parameter dan Koefisien Regresi Linear Model Isoterm Ion Ca^{2+}	71
Tabel 4. 10 Kapasitas Adsorpsi Ion Mg^{2+}	72
Tabel 4. 11 Parameter dan koefisien Regresi Linear Model Isoterm Ion Mg^{2+}	75
Tabel 4. 12 Waktu Kontak Hydro-aktv terhadap Ion Ca^{2+} 450 ppm	76
Tabel 4. 13 Penentuan Orde Reaksi Ion Ca^{2+} Hydro-aktv	78
Tabel 4. 14 Waktu Kontak Hydro-aktv terhadap Ion Mg^{2+} 450 ppm	79
Tabel 4. 15 Penentuan Orde Reaksi Ion Mg^{2+} Hydro-aktv	81

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Skema Prosedur Kerja.....	102
Lampiran 2: Proses Penelitian.....	107
Lampiran 3: Analisi Data.....	110

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Air adalah senyawa yang sangat penting bagi kehidupan. Setiap yang bernyawa pasti memerlukan air, tanpa air kehidupan ini tidak akan berlangsung. Bahkan menurut Raimi (2010) dalam tubuh manusia ada kandungan air yang tinggi, yaitu sebanyak 60% dari keseluruhan berat badan laki-laki serta sebanyak 55% dari keseluruhan berat badan perempuan. Hal ini dikarenakan dalam jaringan hidup, air berfungsi sebagai medium dari bermacam-macam proses eksresi dan berbagai reaksi. Orang dewasa kurang lebih memerlukan air sebanyak 2,5 liter tiap harinya. Banyaknya kebutuhan air tersebut bisa berubah-ubah tergantung aktivitas yang dilakukan dalam keseharian. Seperti Firman Allah swt. dalam Q.S an-Nahl ayat 10-11:

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِّنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ
يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ

Yang artinya: *"Dia lah yang telah menurunkan air hujan dari langit untuk kalian, sebagiannya menjadi minuman dan sebagiannya (menyuburkan) tumbuh-tumbuhan, yang pada (tempat tumbuhnya) kalian menggembalakan ternak kalian. Dia*

menumbuhkan bagi kalian dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, kurma, anggur, dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan.” (Q.S. an-Nahl: 10-11).

Ayat-ayat tersebut juga menjelaskan tentang begitu banyak nikmat yang telah Allah swt berikan, seperti halnya dengan air hujan. Dengan diturunkannya air hujan kita sebagai makhluk hidup dapat merasakan berbagai manfaatnya, untuk minum, menyirami tanaman sehingga dapat dimakan oleh hewan ternak. Hal tersebut menggambarkan bahwa air sangat penting bagi kelangsungan hidup baik bagi manusia, hewan, maupun tumbuhan.

Air tanah sebelum dimanfaatkan sangat perlu memperhatikan kualitas air tersebut. Air memiliki kualitas yang baik jika sesuai dengan beberapa parameter, antara lain yaitu parameter kimia, fisika, serta biologi. Kandungan garam mineral merupakan salah satu parameter kimia yang bisa digunakan untuk mengetahui baik buruknya kualitas air (Kilo, 2008). Menurut Ramya et al., (2015) dalam Kilo (2018) kandungan garam $Mg(HCO_3)_2$ dan mineral $Ca(HCO_3)_2$ bisa menjadikan kesadahan air. Air sadah sangatlah berkontribusi amat penting pada asupan magnesium serta kalsium, utamanya untuk manusia. Berdasarkan PERMENKES RI No. 32 tahun 2017 mengenai syarat

kualitas air minum serta kadar maksimal kesadahan (CaCO_3) yang diizinkan yaitu 500 mg/L (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2017)

Menurut Suryandoko (2009), tingkat kesadahan tertentu bermanfaat bagi kesehatan, tetapi bila kesadahannya terlalu tinggi dan manusia mengkonsumsinya dalam jangka waktu panjang, pada akhirnya bisa menimbulkan permasalahan kesehatan. Kalsium yang berlebihan bisa menyebabkan batu ginjal (*nefrolitiasis*), *hiperparatiroidisme*, serta merusak jaringan otot (kelemahan otot). Magnesium dalam darah yang jumlahnya terlalu banyak bisa mempengaruhi otot, saraf, serta otot jantung, dengan penurunan rasa sakit pada otot yang rusak dan ditandai refleks yang lemah (Nofiandri & Amini, 2018).

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Cayono *et al*, beberapa warga Desa Sidokumpul yang ada di Kec. Bungah, Kab. Gresik, terkena penyakit ginjal. Penyebab penyakit ginjal warga adalah: diabetes, mengonsumsi obat secara berlebih, hipertensi, serta glomerulus rusak yaitu terdapat batu ginjal yang bisa karena mengonsumsi kalsium terlalu banyak. Mineral kalsium yang keluar bersama urin dan jumlahnya tinggi atau disebut *hiperkalsiuria* menunjukkan jika terdapat potensi adanya penyakit ginjal (Cahyono, 2009). Penelitian Schwartz BF, 2002 pada 4833 salah satu pasien yang berada di Texas dibagi berdasarkan tingkat kesadahan air minum yang diminum pada

kadar kalsium urin, didapatkan jika hasil kalsium yang berada di urin naik secara langsung dengan kesadahan air minum yang memiliki kandungan kalsium (Yazid & Afda'u, 2016).

Mengingat dampak negatif dari mengonsumsi air sadah berlebih bagi kesehatan, maka perlu perlakuan khusus pada air sehingga kadar kesadahan, terutama pada air minum dapat dikurangi agar sesuai dengan baku mutu air. Proses yang dapat dilakukan antara lain adsorpsi, penukar ion, filtrasi. Metode adsorpsi dipilih karena memiliki beberapa keunggulan dibanding dengan metode lain yaitu, biaya yang dibutuhkan relatif murah, efisiensi serta efektivitas yang tinggi, adsorbennya dapat bisa dipakai berulang kali, dan proses relatif sederhana (regenerasi) (Maihendra et al., 2016).

Adsorben yang digunakan dapat berasal dari pemanfaatan residu biomassa dapat ditemukan berlimpah di berbagai kegiatan pertanian seperti panen dan ekstraksi minyak. Biomassa tanaman sebagian besar terdiri dari struktur karbon yang dapat ditransformasikan menjadi karbon dengan kinerja tinggi. Limbah biomassa biasanya memiliki nilai pasar yang sangat rendah dan lebih sering diabaikan, sehingga dalam beberapa tahun terakhir ini banyak peneliti telah memanfaatkan biomassa yang sebelumnya memiliki harga pasar yang rendah menjadi berkualitas tinggi dan nilai tambah produk melalui berbagai proses pasca penanganan. Biomassa adalah sumber yang baik dan

berkelanjutan yang dapat dikonversi menjadi bahan karbon berpori sebagai pendukung katalis (Sadaka et al., 2014).

Singkong (*Manihot utilissima*) adalah makanan pokok yang untuk warga Indonesia sesudah beras dan jagung. Singkong bisa tumbuh di daerah tropis di setiap tahun dan sangat mudah beradaptasi dengan kondisi tanah yang berbeda. Kandungan nutrisi dalam singkong cukup lengkap. Kandungan kimia dan gizi singkong terdiri dari karbohidrat, protein, lemak, serat, mineral (F, Fe, Ca), vitamin (C, B1), zat non gizi (tanin) dan air (Ikawati & Melati, 2009).

Kulit singkong memiliki banyak manfaat yaitu bisa dijadikan pupuk organik, pakan ternak, bio energi dan olahan makanan. Menurut (Taib et al., 2009), kulit singkong bisa dijadikan *hydrochar*, dikarenakan kulit singkong yang memiliki warna putih terdapat kandungan karbon sebanyak 59,31%. *Hydrochar* dari kulit singkong tersebut dapat menyerap senyawa-senyawa kimia yang berada dalam air maupun limbah cair. Limbah kulit singkong selama ini pemanfaatannya belum maksimal, limbah dari kulit singkong bisa digunakan untuk bahan baku *hydrochar* (Tran et al., 2017).

Limbah dari kulit singkong bisa dimanfaatkan untuk dijadikan bahan baku dalam pembuatan biochar. Salah satu kandungan yang terdapat dalam kulit singkong adalah selulosa non-pereduksi yang jumlahnya cukup tinggi sehingga bisa

dimanfaatkan untuk mengikat ion logam. Kulit singkong juga mempunyai gugus fungsi NH_2 , OH , CN , dan SH yang bisa dipakai sebagai ligan guna mengikat ion logam. Unsur karbon dalam singkong sangatlah banyak, yaitu 59,13% (Izzah, 2019). Sedangkan menurut Thomauske., et al (2007), rerata daya serap air sebanyak 82.49%-169.78%, rerata kadar air kulit singkong sebesar 10.06-13.14%, serta rerata nilai kerapatan sebanyak 0.86- 0.87g/cm³, dan rerata nilai pengembangan tebal sebanyak 35.70-102.30% (Sulaiman et al., 2019).

Sintesis karbon dapat disintesis melalui karbonisasi hidrotermal (HTC) yaitu sintesis yang diperlakukan melalui termal langsung. Karbonisasi langsung adalah metode yang paling mudah digunakan karena biomassa akan langsung dipanaskan tanpa dicampur dengan senyawa lain. *Hydrothermal carbonization* (HTC) adalah metode termokimia yang biasanya melibatkan hidrolisis, dekarboksilasi, kondensasi dan reaksi aromatisasi dalam fase cair dan biasanya dilakukan dengan menggunakan air. Dalam hidrolisis air berperan sebagai kelompok glikosidik dalam selulosa dan hemiselulosa biomassa, hal ini dapat membantu menghasilkan jumlah *hydrochar* berpori yang lebih tinggi sebagai produk karbon. Tiga produk utama proses HTC adalah produk gas, bio-il cair, dan *hydrochar* padat. Proses ini dapat dilakukan dengan suhu tinggi (300-800 °C) dan suhu rendah (200-250 °C) (Z. Tang et al., 2018).

Sadaka., et al (2014) telah melakukan percobaan HTC pada suhu tinggi dengan menggunakan *switchgrass* sebagai biomassa untuk mensintesis *hydrochar* dengan maksimum sehingga dihasilkan senyawa karbon tetap 49%. Sadaka et al, menggunakan suhu 300-400 °C dengan waktu 1-3 jam dan terbukti mampu meningkatkan persentase karbon tetap sehingga dapat menekan kerugian lebih tinggi dari kelembaban dan volatil materi. Namun, sangat sedikit penelitian yang menggunakan HTC pada suhu tinggi karena HTC pada suhu rendah lebih ramah lingkungan karena membutuhkan transformasi kimia yang lebih sedikit. Smith., et al (2016), telah melakukan penelitian dengan metode HTC suhu rendah (200-250 °C) menggunakan *Macroalgae L. Hyperborea* dengan kadar abu tinggi 30,6% sebagai bahan baku biomassa dan berhasil menghasilkan *hydrochar* dengan peningkatan sifat pembakaran. Hasil arang untuk bahan lignoselulosa berkisar antara 58-70% pada suhu 200 °C dan mengalami penurunan menjadi 40-46% pada suhu 250 °C.

Hessler (1951) dan Smith (1992) menyebutkan jika unsur-unsur mineral aktivator masuk diantara plat heksagon dari kristalit dan memisahkan permukaan yang awalnya tertutup. Hal ini menyebabkan saat proses pemanasan, senyawa kontaminan yang ada di pori menjadi lebih mudah lepas. Hal inilah yang menjadikan luas permukaan yang aktif semakin besar serta

menjadikan daya serap *hydrochar* meningkat (Putri et al., 2017; Tran et al., 2017; Xue et al., 2012).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Nakason, *et al* (2018) *hydrochar* yang digunakan adalah rimpang singkong dan menggunakan variasi suhu dari 160°C, 180°C, dan 200°C. *Hydrochar* paling baik terjadi pada pemanasan 180°C, namun pada penelitian tersebut belum dilakukan pengaplikasian pada hasil *hydrochar* nya. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui karakterisasi *hydrochar* kulit singkong dengan metode karbonisasi hidrotermal. Hasil sintesis ini akan digunakan sebagai pelunak air sehingga akan ditentukan performanya serta kinetika adsorpsinya. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul **“SINTESIS HYDROCHAR KULIT SINGKONG DENGAN METODE KARBONISASI HIDROTERMAL DAN APLIKASINYA SEBAGAI PELUNAK AIR SADAH”**.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, dirumuskan masalah dalam penelitian ini berbentuk pertanyaan seperti berikut:

1. Bagaimana karakteristik *hydrochar* kulit singkong dengan metode karbonisasi hidrotermal sebagai pelunak air sadah?
2. Bagaimana performa *hydrochar* kulit singkong sebagai pelunak air sadah?

3. Bagaimana kinetika adsorpsi air sadah dengan adsorben *hydrochar* hasil sintesis kulit singkong dengan metode karbonisasi hidrotermal?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui karakteristik *hydrochar* kulit singkong dengan metode karbonisasi hidrotermal sebagai pelunak air sadah.
2. Untuk mengetahui performa *hydrochar* kulit singkong sebagai pelunak air sadah.
3. Untuk mengetahui kinetika adsorpsi air sadah dengan adsorben *hydrochar* hasil sintesis kulit singkong dengan metode karbonisasi hidrotermal sebagai pelunak air sadah.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Hydrochar* kulit singkong dengan metode karbonisasi hidrotermal mampu menyerap mineral kalsium dan magnesium yang terkandung dalam air sadah.
2. Untuk memberikan informasi kepada pembaca tentang sintesis *hydrochar* kulit singkong dengan metode karbonisasi

hidrotermal dan pengaplikasiannya sebagai pelunak air sadah.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Landasan Teori

1. Air Sadah

Terkontaminasinya air karena logam seperti Ca, Mg, dan Fe dengan porsi berlebih secara umum disebut kesadahan (Husaini & Soenara, 2006). Dalam Labanu, et al (2015), *World Health Organization* (WHO) mengatakan bahwa air bersifat sadah akan menimbulkan beberapa dampak sebagai berikut:

- a. Penyakit *urolithiasis* (batu ginjal) dan *cardiovascular disease* (penyumbatan pembuluh darah jantung).
- b. Menyebabkan penyumbatan pipa logam karena endapan CaCO_3 dan pergerakan pada logam. Hal ini bisa terjadi karena pemanasan. Reaksi kimia dari fenomena tersebut:



- c. Penggunaan sabun jadi semakin boros dikarenakan buih yang dihasilkan sedikit.
- d. Garam mineral yang terkandung dalam air tanah antara satu daerah ke daerah lainnya bervariasi, hal ini dikarenakan perbedaan lapisan tanah di setiap daerah

yang tidak sama. Contohnya adalah air tanah yang berada di tanah berkapur mengandung garam tinggi dari mineral $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, tingginya kandungan garam tersebut menjadikan kesadahan air juga tinggi. Kesadahan air bisa menunjukkan tinggi rendahnya kandungan magnesium dan garam kalsium yang terlarut di air yang dinyatakan dalam (mg/L) kalsium karbonat (Khopkar, 2002).

Dalam Sulistyani, et al (2012), air sadah menurut penurunan kadarnya dengan pemanasan dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- a. Sadah sementara, merupakan air sadah yang dapat dihilangkan dengan cara pemanasan. Misalnya, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, ini akan diendapkan secara pemanasan menjadi CaCO_3 . Selain suhu, derajat keasaman (pH) yang menurun dapat menyebabkan ion-ion mengendap menjadi $\text{Mg}(\text{OH})_2$ dan CaCO_3 . Oleh karenanya, keberadaan ion menurun dengan peningkatan kinerja pada *activated carbon* atau *zeolite* saat pH turun
- b. Sadah tetap, yaitu air sadah yang tidak bisa dihilangkan hanya dengan pemanasan. Senyawa tersebut memiliki kelarutan terhadap air tinggi, contohnya Cl^- pada CaCl_2 ,

MgCl₂, hal ini diperlukan adsorben sebagai penjerap adsorbat yang sulit dipisahkan dari air.

Tabel 2. 1 tingkat kesadahan (sumber: PERMENKES RI No. 32 tahun 2017)

CaCO₃ (mg/L)	Tingkat Kesadahan
0-75	Lunak (<i>soft</i>)
75-150	Menengah (<i>moderately hard</i>)
150-300	Sadah (<i>hard</i>)
>300	Sangat sadah (<i>very hard</i>)

2. Biomassa Kulit Singkong

Singkong adalah tanaman yang mudah untuk dibudidayakan. Singkong mempunyai banyak nama sebutan, diantaranya adalah ketela pohon, ubi kayu, dan lainnya tergantung ditiap daerah. Menurut Ikawati dan Melati (2009), singkong memiliki kandungan kimia dan zat gizi yang cukup lengkap, seperti: lemak, karbohidrat, serat makanan, protein, mineral (F, Fe, Ca), vitamin (C dan B), serta zat non gizi (tanin).

Limbah kulit singkong merupakan residu dari hasil pertanian yang melimpah dan mudah untuk dijumpai. Menurut Sulaiman, et al (2019), kulit singkong mempunyai rerata nilai daya serap air sebanyak 82,49% - 169,78%, rerata nilai kadar air sebanyak 10,06% - 13,14%, rerata nilai kerapatannya sebanyak 0,86% - 0,87g/cm³ rerata nilai pengembangan tebal sebanyak 35,70% - 102,30%.



(a)



(b)

Gambar 2. 1 (a) singkong (b) kulit singkong (sumber: dokumen pribadi)

Kulit singkong memiliki banyak manfaat yaitu bisa dijadikan pupuk organik, pakan ternak, olahan makanan, dan bio energi. Menurut Taib, et al (2009), “kulit singkong juga bisa dibuat *hydrochar* dikarenakan kulit singkong yang warnanya putih memiliki kandungan karbon sebanyak 59,31%”. *Hydrochar* dari kulit singkong tersebut dapat menyerap senyawa-senyawa kimia yang berada dalam air

maupun limbah cair. Limbah kulit singkong selama ini pemanfaatannya belum maksimal, padahal limbah dari kulit singkong bisa dipakai untuk bahan baku *hydrochar* (Tran et al., 2017).

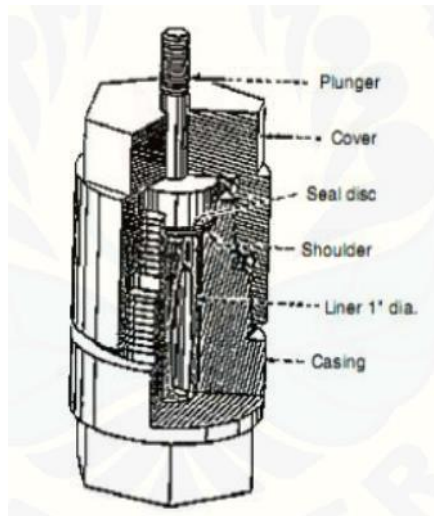
3. *Hydrothermal Carbonization (HTC)*

Hydrothermal carbonization (HTC) adalah termokimia yang biasanya melibatkan hidrolisis, dekarboksilasi, kondensasi dan reaksi aromatisasi dalam fase cair dan biasanya dilakukan dengan menggunakan air. Dalam hidrolisis air berperan sebagai kelompok glikosidik dalam selulosa dan hemiselulosa biomassa, hal ini dapat membantu menghasilkan jumlah *hydrochar* berpori yang lebih tinggi sebagai produk karbon. Tiga produk utama proses HTC adalah produk gas, bio-il cair, dan *hydrochar* padat. Proses ini dapat dilakukan dengan suhu tinggi (300-800 °C) dan suhu rendah (200-250 °C) (Z. Tang et al., 2018). Metode hidrotermal digunakan karena peralatannya sederhana serta biaya yang dibutuhkan tidak mahal, selain itu keuntungan menggunakan metode ini yaitu: reaksi cepat, pemanasan cepat, efisiensi transformasi energi tinggi, dan kemurnian tinggi (Sadat-Shojai et al., 2010).

HTC adalah metode alternatif yang melibatkan pemrosesan biomassa basah dalam air panas terkompresi. Sebelumnya metode ini telah digunakan sebagai metode

untuk menstimulasikan kualifikasi alami dalam petrologi batu bara, namun dengan adanya biomassa sebagai energi yang dapat diperbarui, memunculkan potensi sebagai energi dari biomassa yang mana menghasilkan produk seperti batu bara yang disebut *hydrochar* (Funke & Ziegler, 2010).

Autoclave hidrotermal terbuat dari baja yang dilapisi oleh perak atau platina yang berfungsi melindungi dari proses korosi akibat adanya cairan alkali. Berikut adalah rangkaian dari *autoclave* untuk penumbuhan kristal secara hidrotermal:



Gambar 2. 2 *autoclave* dengan penutup flat plate
(sumber: Izzah, 2019)

Air adalah pelarut yang baik untuk senyawa ionik atau polar. Proses hidrotermal ini menggunakan reaksi heterogen dalam media berair.

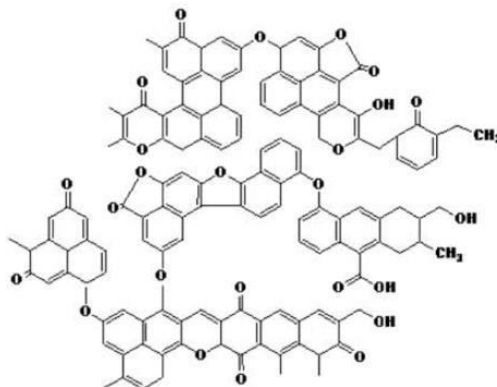
Kelarutan berbagai macam zat di air pada rentang tekanan yang luas dan temperatur, bisa diikuti di proses hidrotermal.

Keuntungan dari penggunaan metode hidrotermal dalam pembuatan *hydrochar* menurut Titirici, et al (2012) yaitu:

1. Suhu karbonisasi yang dibutuhkan rendah.
2. Karbonisasi terjadi dalam air dibawah tekanan yang dihasilkan sendiri.
3. Umumnya diperoleh partikel berukuran mikro.
4. Porositas dapat dikontrol dengan mudah diperkenalkan menggunakan prosedur *nanocasting*, templat alami atau prosedur aktivasi.
5. Bahan berkarbon dapat dikombinasikan dengan komponen lain.
6. Partikel karbon yang dihasilkan memiliki gugus teroksigenasi (polar) yang berada dipermukaan yang pada gilirannya dapat digunakan dalam strategi pasca fungsionalisasi atau modifikasi.
7. Kimia permukaan dan sifat elektronik dapat dikontrol dengan mudah melalui perlakuan termal tambahan, sedangkan morfologi dan porositasnya dipertahankan.

4. *Hydrochar*

Hydrochar merupakan produk dari karbonisasi hidrotermal. Menurut Sevilla dan Fuertes (2009) *hydrochar* merupakan produk arang padat dari karbonisasi hidrotermal (HTC) berbahan biomassa yang kaya karbon dan terdapat air cair subkritis, atau disebut juga dengan pirolisis hidro atau pirolisis basah. Menurut Hitzl, et al (2015), *hydrochar* merupakan produk utama yang dihasilkan dari karbonisasi hidrotermal dimana proses pembakarannya pada suhu 180 °C-260 °C dengan melibatkan air. *Hydrochar* dapat diproduksi melalui proses pembakaran tanpa melibatkan udara maupun dengan melibatkan udara yang sangat sedikit (Hitzl et al., 2015; Khanifa, 2019). Gambar 2.3 adalah struktur umum *hydrochar* (Sevilla & Fuertes, 2010).



Gambar 2. 3 struktur umum *hydrochar* (sumber: Sevilla & Fuertes, 2010)

5. Adsorpsi

Menurut Reynold (1982) dalam Maulidah (2015) Adsorpsi adalah sebuah proses yang melibatkan pemusatan substansi adsorbat yang ada di permukaan adsorben yang terjadi antar muka diantara dua fasa. Proses ini bisa terjadi karena adanya molekul eksternal (adsorbat) yang ditarik permukaan padat (adsorben) yang menarik. Adsorpsi merupakan proses partikel menempel di sebuah permukaan dikarenakan terdapat sedikit perbedaan muatan diantara kedua benda tersebut, hingga akhirnya bisa membentuk lapisan tipis partikel halus di permukaannya (Maulidah, 2015).

Seperti yang diungkapkan Hendra (2008) dalam penelitian Udaibah et al (2017) adsorben adalah material yang memiliki pori, proses adsorpsi terjadi di dinding pori-pori atau lokasi tertentu yang ada di pori tersebut. Adsorben bisa 2 jenis, diantaranya adalah:

a. Adsorben berpori (*porous sorbents*)

Luas permukaan spesifik adsorben berpori diantara 100 s/d 1000 m²/g. Umumnya adsorben ini digunakan untuk dehidrator, penyangga katalis, serta penyeleksi komponen. Bentuk adsorben ini adalah granular.

b. Adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*)

Adsorben tidak berpori bisa didapatkan melalui cara presipitasi deposit kristalin, contohnya penghalusan padatan kristal dan BaSO₄. luas permukaan spesifiknya kurang dari 10 m²/g dan pada umumnya berkisar antara 0.1 s/d 1 m²/g.

Ada dua mode utama adsorpsi molekul pada permukaan, yaitu (Udaibah, 2017):

- a. *Physisorption*: satu-satunya ikatan adalah dengan gaya Van de Waals yang lemah. Tidak ada redistribusi kerapatan elektron yang signifikan baik dalam molekul maupun pada permukaan substrat.
- b. *Chemisorption*: ikatan kimiawi, yang melibatkan penataan ulang kerapatan elektron yang substansial, terbentuk antara adsorbat dan substrat. Sifat ikatan ini bisa berada di antara ekstremitas kovalen ionik atau lengkap yang lengkap.

Sifat adsorpsi *hydrochar* yang utama yaitu daya serap. Faktor-faktor yang bisa mempengaruhi daya serap adsorpsi, adalah (Izzah, 2019):

a. Sifat Adsorben

Pembentukan permukaan internal yang ukurannya meso atau makro semakin banyak, maka bisa menjadikan pori-pori biochar semakin besar dan menjadikan makin banyaknya molekul adsorbat yang diserap adsorben. Hal

ini menjadikan, luas permukaan adsorben yang besar bisa menjadikan penyerapan semakin meningkat.

b. Sifat Adsorbat

Adsorpsi lebih besar ketika molekul adsorbat lebih kecil dari pori-pori adsorben. Biochar dapat menyerap molekul lainnya yang berukuran sama atau lebih kecil daripada diameter pori-pori adsorben. Adsorpsi biochar bisa terjadi dikarenakan molekul adsorbat terperangkap di rongga biochar.

c. Ukuran Partikel

Ukuran partikel yang semakin kecil, maka proses adsorpsinya semakin cepat. Biochar yang dihaluskan digunakan untuk meningkatkan laju adsorpsi.

d. Waktu Kontak

Biochar saat ditambahkan ke cairan, memerlukan waktu agar bisa mencapai keseimbangan. Jumlah waktu yang diperlukan berbanding terbalik dengan banyaknya jumlah biochar yang dipakai. Apabila viskositas pada larutan tinggi, maka memerlukan waktu kontak yang semakin lama (Girgis et al., 2002).

Kinetika adsorpsi merupakan suatu bentuk parameter untuk mengetahui laju adsorpsi yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat yang dipengaruhi waktu. Kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi adsorbat dapat dilihat dari

laju adsorpsinya. Sedangkan laju adsorpsi dapat diketahui dari nilai konstanta laju adsorpsi (k) dan orde reaksi yang dihasilkan dari suatu model kinetika adsorpsi (Munawaroh, 2012).

e. Derajat Keasaman (pH)

Tinggi rendahnya nilai pH bisa berpengaruh pada proses adsorpsi logam di permukaan adsorben. Hal ini bisa terjadi dengan menambahkan larutan basa *Arrhenius*, karena ion OH⁻ bisa menjadikan permukaan adsorben memiliki muatan negatif dan pada akhirnya adsorbat yang muatannya positif terikat di adsorben (Zhu et al., 2011).

f. Konsentrasi adsorbat

Konsentrasi adsorbat yang semakin besar, maka partikel adsorbat yang terserap oleh adsorben juga semakin banyak. Konsentrasi adsorbat dapat digunakan untuk mengetahui isoterm adsorpsi. Jenis isoterm adsorpsi yang umum dipakai adalah isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir (Sevilla & Fuertes, 2009; Titirici et al., 2012).

Berikut ini adalah persamaan isoterm Langmuir dan isotherm Freundlich:

1. Isoterm Langmuir

Isoterm adsorpsi Langmuir dipakai guna menggambarkan bagaimana keseimbangan diantara adsorben dan adsorbat, adsorpsi adsorbat terbatas di

sebuah lapisan (*monolayer*) yang berada pada tekanan relatif atau sebelum tekanan relatif tercapai. Isoterm Langmuir memberikan gambaran permukaan homogen, asumsi yang digunakan yaitu: tidak terdapat interaksi diantara molekul teradsorpsi yang berdekatan saat molekul tunggal menempati permukaan tunggal (Liu et al., 2018).

$$\text{Persamaan isoterm Langmuir : } Q_e = \frac{b \cdot k_L \cdot C_e}{1 + k_L \cdot C_e}$$

Persamaan tersebut dapat diubah ke bentuk persamaan liniernya: $\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{k \cdot q_m} + \frac{1}{q_m} C_e$

Keterangan:

KL : konstanta Langmuir

Qe : jumlah adsorbat yang teradsorpsi
(mg/g)

Qm : kapasitas adsorpsi maksimum
(mg/g)

Ce : konsentrasi kesetimbangan
adsorbat (mg/L)

Isoterm Langmuir saat berada pada keadaan kesetimbangan diantara permukaan serta larutan terjadi ikatan kuat sehingga molekul yang terikat sulit dilepaskan kembali (*reversible*) (Kecili & Hussain, 2018).



Gambar 2. 4 lapisan monolayer pada isoterm Langmuir (sumber: Kecili & Hussain, 2018)

2. Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich dipakai untuk menggambarkan keseimbangan diantara adsorben dan adsorbat dan adsorbat, adsorpsi adsorbat mempunyai lapisan yang banyak (*multilayer*). Isoterm Freundlich memberikan gambaran jika permukaannya heterogen, hal ini dikarenakan terdapat interaksi diantara molekul teradsorpsi yang berdekatan (Liu et al., 2018).

$$\text{Persamaan Isoterm Freundlich : } q_e = k_f \cdot C_e^{1/n}$$

Persamaan tersebut dapat diubah ke bentuk persamaan liniernya: $\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \cdot \log C_e$

Keterangan:

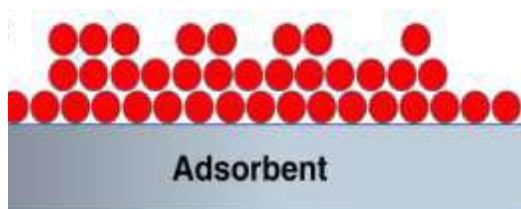
Q_e : jumlah adsorbat yang teradsorpsi (mg/g)

C_e : konsentrasi kesetimbangan adsorbat (mg/L)

K_f : konstanta Langmuir

n : konstanta empiris

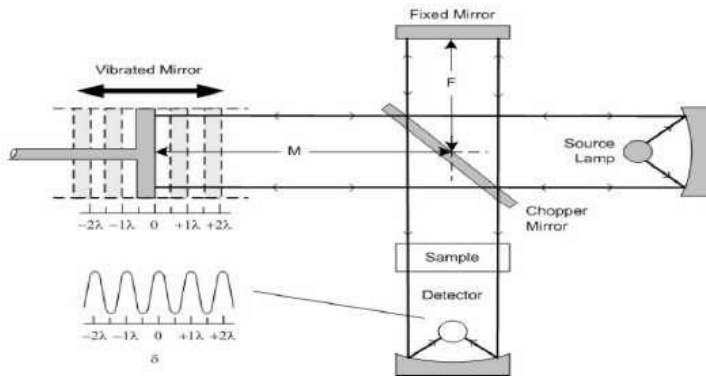
Isoterm Freundlich memiliki kondisi kesetimbangan diantara permukaan dan larutan terjadi ikatan sangat lemah sehingga menjadikan molekul yang terikat smudah dilepaskan lagi (*irreversible*) (Kecili & Hussain, 2018).



Gambar 2. 5 lapisan multilayer pada isoterm Freundlich (sumber: Kecili & Hussain, 2018)

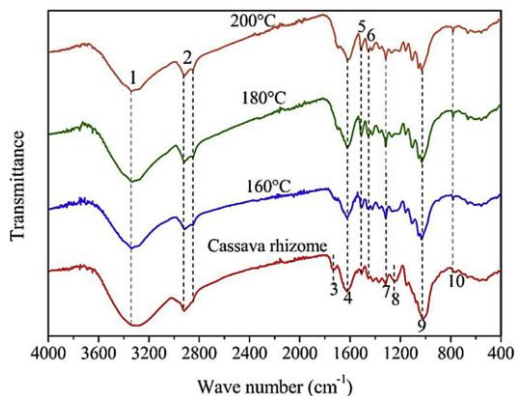
6. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Fourier Transform Infrared (FTIR) atau spektroskopi inframerah adalah metode analisis komposisi kimia senyawa organik, *coating*, polimer, senyawa anorganik, sampel biologis, dan mineral dengan menggunakan radiasi elektromagnetik pada rentang panjang gelombang 0,75 hingga 1000 m atau bilangan gelombang $13000 - 10 \text{ cm}^{-1}$. Alat ini digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa, mengetahui kemurnian, menentukan struktur molekul, dan mempelajari reaksi yang sedang berlangsung (Calvino-Casilda et al., 2011). Berikut prinsip kerja FTIR pada Gambar 2.6



Gambar 2. 6 skema optik FTIR (sumber: Sandra, 2009)

Gambar 2.7 merupakan contoh hasil analisis FTIR *hydrochar* dari rimpang singkong (*cassava rhizome*) dalam penelitian yang dilakukan oleh (Nakason et al., 2018).



Gambar 2. 7 hasil analisis FTIR *hydrochar* dari rimpang singkong (*cassava rhizome*) (sumber: Nakason et al., 2018)

Dari spektrum diatas diperoleh data hasil analisis gugus fungsi yang terkandung dalam sampel yang disajikan pada Tabel 2.2

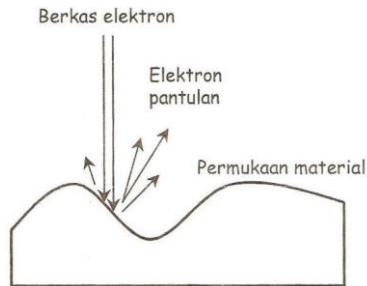
Tabel 2. 2 Data Hasil Analisis FTIR (sumber: Nakason et al., 2018)

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang Karbon Aktif (cm ⁻¹)
O-H	3334
C-O	1241
C=C	1513
C-H	781
C=O	1730

7. Scanning Elektron Microscopy (SEM)

SEM merupakan mikroskop elektron yang memakai berkas elektron guna menggambarkan bagaimana profil permukaan suatu benda. SEM beroperasi dengan menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron yang energinya tinggi, seperti di Gambar 2.8. Permukaan benda yang terpapar sinar tersebut, menciptakan elektron sekunder menuju segala arah atau memantulkan kembali sinar yang terpantul namun arah sinar intensitas yang tinggi dipantulkan. Detektor di SEM digunakan untuk menentukan tempat berkas pantul yang intensitasnya paling besar dan

mendeteksi elektron yang dipantulkan. Arah tersebut menginformasikan gambaran permukaan benda, contohnya seperti kemana arah kemiringan dan seberapa landai(Fendi, 2011).



Gambar 2. 8 ilustrasi SEM (sumber: Fendi, 2011)

Analisis SEM sebelum dilakukan, terlebih dahulu melakukan preparasi sampel dengan pemilihan sampel, penghilangan pelarut, serta pelapisan. Detektor yang terdapat di SEM bisa menentukan lokasi berkas pantul yang intensitasnya paling besar dan mendeteksi elektron yang dipantulkan. Arah ini juga memberi informasi mengenai gambaran permukaan objek. Elektron yang mengenai sampel dan elektron tersebut memiliki energi cukup tinggi, sehingga bisa menyebabkan emisi sinar-X, yang intensitas beserta energinya tergantung dari komposisi sampel tersebut. (Abdullah, 2009).

B. Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Nakason et al (2018) tentang karbonisasi hidrotermal (HTC) rimpang singkong (CR) dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter proses yang meliputi suhu, waktu, dan rasio biomassa terhadap air (BTW) pada karakteristik produk fraksi hidro dan cair. Pertama, peningkatan suhu reaksi dari 160 menjadi 180 C hasil hidrochar menurun dari 54% menjadi 51%, namun, saat dilakukan pemanasan lebih lanjut pada suhu 180-200 C hasil hidrochar terjadi peningkatan sampai 58%. Ini terkait dengan degradasi, polimerisasi, dan reaksi kondensasi selama HTC (Nakason et al., 2018). Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu, biochar yang digunakan adalah kulit singkong dan dilakukan aktivasi pada hasil *hydrochar* menggunakan NaOH.

Penelitian yang dilakukan oleh Jain et al (2016) tentang karbon aktif yang berasal dari *hydrochar* berbentuk bola difungsikan dengan triethylenetetramine. Berdasarkan penelitian tersebut menunjukkan *hydrochar* triethylenetetramine yang diaktivasi dengan NaOH lebih baik untuk mengadsorp dibanding dengan *hydrochar* triethylenetetramine tanpa aktivasi (Jain et al., 2016). Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah

biomassa yang digunakan adalah kulit singkong dan suhu yang digunakan untuk mensintesis *hydrochar* adalah 200°C.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Fendi (2011) dalam tesisnya yaitu tentang pengaruh katalis pada proses karbonisasi hidrotermal pati singkong. Tujuan dilakukannya penelitian tersebut yaitu mengetahui pengaruh katalis dalam proses karbonisasi hidrotermal pati singkong. Sintesis *hydrochar* pati singkong di tekanan 15 psi dan suhu 120 °C dengan jangka waktu 24 jam. Proses hidrotermal melalui memvariasi jumlah pemakaian katalis dan tanpa penggunaan katalis. Bubuk ferrocene adalah katalis yang dipakai dengan variasi massa 2,4 ; 1,6; 0,8 gram. Pengujian tegangan terhadap waktu di karbon hasil karbonisasi hidrotermal yang dihubungkan dengan elektrolit menunjukkan bahwa karbon yang dihasilkan dapat diaplikasikan sebagai fungsi elektroda (Fendi, 2011). Perbedaan penelitian ini dengan penelitian ini yaitu *hydrochar* yang disintesis adalah kulit singkong dan hasil dari *hydrochar* kulit singkong ini akan diaplikasikan sebagai adsorben ion logam Mg^{2+} dan Ca^{2+} yang terdapat dalam air sadah.

Penelitian yang dilakukan oleh Lia Nur Khanifa (2019) tentang uji kapasitas ion logam Cu^{2+} menggunakan hidrochar *eichhornia crassipes* termodifikasi H_2O_2 . Pada penelitian tersebut *hydrochar* disintesis menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu 220 °C, 240 °C, 260 °C, dan 280 °C. Hasil sintesis

dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM. Pada hasil karakterisasi FTIR semua sampel memperlihatkan jika *hydrochar* mengandung gugus fungsi karbonil, hidroksil, amina, dan karboksil. SEM memperlihatkan bagaimana morfologi permukaan *hydrochar* termodifikasi tidak teratur serta lebih kasar daripada *hydrochar* tanpa modifikasi. Proses modifikasi memsksi H₂O₂ pada *hydrochar* yang memperlihatkan naiknya komposisi unsur oksigen di *hydrochar* termodifikasi. Kemudian *hydrochar* dilakukan uji adsorbansinya menggunakan AAS, dimana *hydrochar* yang termodifikasi H₂O₂ lebih efektif dalam menyerap ion logam Cu²⁺ dibanding *hydrochar* tanpa modifikasi. (Khanifa, 2019). Perbedaan penelitian dilakukan ini yaitu *hydrochar* yang akan disintesis adalah kulit singkong sedangkan ion logam yang akan diadsorpsi Mg²⁺ dan Ca²⁺ yang terkandung dalam air sadah.

Berdasarkan beberapa penelitian di atas kulit singkong memiliki potensi sebagai arang aktif karena mengandung karbon sebesar 59,31%. Untuk mensintesis hidrochar kulit singkong dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan menggunakan metode karbonisasi hidrotermal (HTC). Dengan menggunakan metode hidrotermal diharapkan lebih ramah lingkungan karena metode hidrotermal termasuk metode yang mudah mengubah biomassa menjadi biochar yang dapat menyerap ion logam berat pada air sadah, dimana air merupakan

senyawa yang sangat penting bagi kehidupan dalam berbagai aspek makhluk hidup.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan di penelitian ini adalah *autoclave hydrothermal*, *furnace*, oven, neraca analitik, gelas beaker, erlenmeyer, labu ukur 1000 mL, buret 50 mL, labu ukur 250 mL, pipet volume 10 mL, pipet tetes, desikator, mortal dan alu, cawan porselin, spatula, statif dan klem, gelas arloji, magnetic stirrer, kertas saring, gelas ukur, labu ukur, corong gelas, batang pengaduk, indikator universal, *fourier transform infrared* (FTIR), SEM (*Scanning Electron Microscope*).

2. Bahan

Bahan dalam penelitian ini yaitu kulit singkong, air deionisasi, akuades, larutan penyangga pH 10, serta bahan-bahan Merck yang diperoleh dari Laboratorium Kimia UIN Walisongo Semarang yaitu $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Na_2EDTA , NaOH 1 N, NaOH 0,3 N, HCl 0,1 N, indikator mureksid, dan indikator EBT.

B. Cara Kerja

1. Sintesis *Hydrochar*

Kulit singkong didapat dengan mengupas kulit luar singkong dan dipotong kecil-kecil kemudian dikeringkan dengan cara di jemur di bawah sinar matahari sampai mengering kemudian diblender hingga halus. Selanjutnya sebanyak 25 gram kulit singkong kering serta 250 mL air deionisasi dimasukkan ke dalam tungku hidrotermal, selanjutnya dipanaskan di suhu 200 °C selama 1 jam. Selanjutnya dioven pada suhu 80 °C dengan waktu 24 jam agar kadar airnya menghilang (Nakason et al., 2018).

2. Proses Aktivasi

Proses aktivasi memakai cara kimia yaitu arang singkong 10 gram direndam ke larutan NaOH selama 24 jam dengan konsentrasi 0,3 N. *Hydrochar* yang sudah dihasilkan dicuci memakai HCl 0,1 N serta aquadest hingga filtratnya memiliki pH netral (pH 7 atau 6) diukur memakai kertas pH universal dan berikutnya disaring memakai kertas saring. Sampel yang didapat dikeringkan ke oven selama 3 jam di suhu 100 °C (Jain et al., 2016).

3. Karakterisasi

Hasil dari penelitian ini dianalisis memakai SEM, FTIR, serta UV-vis. Analisis *Scanning Electron Microscope* dipakai

agar mengetahui bagaimana morfologi permukaan *hydrochar* (Jain et al., 2016). Analisis *fourier transform infra-red* bertujuan memverifikasi gugus fungsi yang ada di permukaan sampel *hydrochar* (Jain et al., 2016; Nakason et al., 2018). Untuk uji luas permukaan *hydrochar* menggunakan daya serap metilen biru menggunakan UV-vis. *Hydrochar* juga diuji kadar abu total, kadar zat mudah menguap (volatil), kadar air, serta kadar karbon untuk mengetahui *hydrochar* yang disintesis sesuai SNI kadar *hydrochar*.

a. *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

Hasil dari sintesis *hydrochar* diuji FTIR Perkin Elmer Spectrum versi 10.4.00 guna mendeteksi senyawa yang ada di *hydrochar*. Sampel *hydrochar* diambil sebanyak 1 gram kemudian dicampur KBr. Selanjutnya sampel dimasukkan ke cetakan serta ditekan memakai tekanan mekanik agar bisa membentuk pelet. Sampel yang bentuk pelet kemudian dianalisis di panjang gelombang 400 hingga 4000 cm^{-1} guna mengetahui gugus fungsi dalam sampel *hydrochar* (Naghsh & Shams, 2017). Hasil spektra FTIR *hydrochar* selanjutnya dianalisis dengan dicocokkan identifikasi gugus fungsi yang tampak di beberapa puncak dari sampel *hydrochar* kulit singkong.

b. Scanning Electron Microscope (SEM)

Prinsip kerja SEM adalah menembakkan sinar elektron yang energinya tinggi, umumnya berenergi 1-20 keV dengan melewati sampel dan selanjutnya mendeteksi "*backscattered electron*" dan "*secondary electron*" yang dikeluarkan (Zhang et al., 2016). Karakterisasi bahan memakai SEM digunakan untuk melihat bagaimana ukuran butiran, struktur topografi permukaan, komposisi pencemaran suatu bahan, dan cacat struktural. Hasil SEM adalah gambar topografi yang bentuknya permukaan dengan tonjolan serta lekukan (Xue et al., 2012).

c. Daya Serap Metilen Biru

Hydrochar 1 gram dimasukkan ke gelas beaker dan selanjutnya ditambah 25 mL larutan metilen biru 100 mg/L dan selanjutnya diaduk memakai magnetic stirrer 30 menit. Langkah berikutnya adalah larutan disaring, adsorbansi filtrat diukur memakai spektrofotometer Shimadzu UV-1800 pada λ_{\max} metilen biru yaitu 664,4 nm. Cara yang digunakan untuk menentukan konsentrasi metilen biru sisa yang ada di filtrat dengan memakai metode kurva kalibrasi.

Kurva kalibrasi dibuat dengan membuat larutan standar metilen blue dengan konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm. Kemudian diukur adsorbansinya

menggunakan instrumen Uv-Vis dengan panjang gelombang 665 nm. Lalu, kurva dibuat dengan memplot adsorbansi sebagai sumbu (y) dan konsentrasi larutan standar metilen biru sebagai sumbu (x), sehingga diperoleh persamaan garis regresi linear (Yanti et al., 2020).

Daya serap metilen biru ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$Q_t = \frac{(C_0 - C_t) \times V}{W} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan Q_t adalah kapasitas adsorpsi terhadap metilen biru, C_0 adalah konsentrasi awal metilen biru, C_t adalah konsentrasi metilen biru setelah adsorpsi, V adalah volume metilen biru, dan W adalah berat adsorben.

d. Kadar Air

Hydrochar hasil sintesis ditimbang sebanyak 1 gram dan ditempatkan dalam cawan porselein yang massanya sudah diketahui sebelumnya, langkah berikutnya dikeringkan di oven bersuhu 105 °C samapi didapatkan massa konstan (Ustamuni et al., 2019). Kadar air bisa dihitung memakai persamaan 3.3:

$$\text{Kadar air} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan b adalah berat *hydrochar* sesudah dikeringkan (g) dan a adalah berat *hydrochar* mula-mula (g).

e. Kadar Zat Mudah Menguap (Volatil)

Hydrochar yang sudah kering dipanaskan selama 15 menit di tanur bersuhu 950 °C, langkah selanjutnya didinginkan di desikator dan hidrocharnya di timbang (Ustamuni et al., 2019).

f. Kadar Abu Total

Ditimbang *hydrochar* sebanyak 1 gram serta ditaruh di cawan porselin yang massanya sudah diketahui sebelumnya, lalu dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C hingga didapat massa konstan. Selanjutnya diabukan selama 4 jam di *furnace* bersuhu 650 °C, langkah berikutnya didinginkan di desikator serta ditimbang (Ustamuni et al., 2019). Kadar abu dihitung memakai persamaan 3.4:

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{Berat abu}}{\text{Berat sampel}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

g. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon ditentukan dengan melihat selisih diantara persentase total dan kadar abu *hydrochar*, kadar zat mudah menguap, persentase kadar air.

4. Adsorpsi Air Sadah

Air sadah adalah air yang memiliki kandungan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} . Pada tahap ini air sadah yang diadsorpsi adalah air sadah buatan yaitu dengan mencampurkan 2,4 gram $\text{CaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan 1,6 gram $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kemudian dilarutkan menggunakan aquades di labu ukur 1000 mL.

Selanjutnya pada proses adsorpsi dengan menginteraksi 0,5 g adsorben *hydrochar* kulit singkong ke 100 mL air sadah. Adsorpsi selama 50 menit memakai *stirrer* berkecepatan 150 rpm dalam konsentrasi Ca^{2+} dan Mg^{2+} yaitu 450 ppm. Kemudian campuran tersebut disaring dan hasil filtratnya dianalisis secara titrimetri.

5. Penentuan Kesadahan Total

Dalam menentukan kadar kesadahan total dilakukan dengan mencampurkan 25 mL air sampel, kemudian diencerkan memakai air suling hingga volumenya 50 mL, lalu dimasukkan ke labu enlenmeyer 250 mL. Kemudian ditambah 1 mL larutan penyangga yang memiliki pH 10 serta 50 mg indikator EBT. Langkah berikutnya, campuran tersebut dititrasi memakai larutan Na_2EDTA 0,01 M dengan perlahan-lahan hingga warnanya berubah, yang awalnya merah anggur kemudian berubah biru (BSN, 2004).

Larutan baku Na_2EDTA apabila yang diperlukan melebihi 15 mL maka air sampel diencerkan kembali memakai air

suling lalu dilakukan kembali dari langkah pertama dan dicatat volume larutan baku Na_2EDTA yang dipakai. Kemudian titrasi diulangi sampai dua kali dan dihitung rata-rata volume larutan baku Na_2EDTA yang digunakan.

6. Penentuan Kadar Kesadahan Kalsium

Untuk menentukan kadar kesadahan kalsium dapat dilakukan dengan memasukkan 25 mL air sampel dalam labu Erlenmeyer 250 mL dan diencerkan menggunakan air suling hingga volumenya 50 mL selanjutnya menambahkan 2 mL NaOH 1 N hingga pH-nya 12-13. Langkah berikutnya yaitu menambahkan seujung spatula (30-50 mg) indikator mureksid. Campuran yang sudah dititrasi memakai larutan baku Na_2EDTA 0,01 M hingga warnanya dari merah muda berubah jadi ungu (BSN, 2004).

Larutan baku Na_2EDTA jika yang diperlukan melebihi 15 mL maka air sampel diencerkan kembali dengan air suling lalu dilakukan kembali dari langkah pertama. Dicatat volume larutan baku Na_2EDTA yang digunakan. Kemudian titrasi diulangi sampai dua kali dan dihitung rata-rata volume larutan baku Na_2EDTA yang digunakan

7. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Pada proses penentuan kapasitas adsorpsi ini dilakukan dengan menginteraksikan 0,5 gram adsorben *hydrochar* kulit singkong ke 100 mL air sadah. Dilakukannya adsorpsi

memakai *stirrer* dengan berkecepatan 150 rpm dengan waktu 50 menit dalam konsentrasi Ca^{2+} dan Mg^{2+} yaitu 150 ppm, 300 ppm, dan 450 ppm. Langkah berikutnya adalah campuran disaring kemudian hasil filtratnya dianalisis titrimetri

8. Penentuan Kinetika Adsorpsi

Selanjutnya untuk menentukan kinetika adsorpsi ini juga dilakukan dengan menginteraksikan 0,5 gram adsorben *hydrochar* kulit singkong ke 100 mL air sadah. Adsorpsi memakai *stirrer* dengan menggunakan kecepatan 150 rpm selama 50,40,30,20,10 menit di konsentrasi Mg^{2+} dan Ca^{2+} yaitu 450 ppm. Kemudian campuran tersebut disaring dan hasil filtratnya dianalisis secara titrimetri.

C. Rancangan Data

1. Penentuan Kesadahan Air

Dengan kecepatan 150 rpm selama 50 menit

Ion Ca^{2+} (mg/L)	Ion Mg^{2+} (mg/L)

2. Analisis Kapasitas Adsorpsi

[] ppm	Ion Ca ²⁺ (mg/L)	Ion Mg ²⁺ (mg/L)
150		
300		
450		

3. Analisis Kinetika Adsorpsi

t (sekon)	Ion Ca ²⁺ (mg/L)	Ion Mg ²⁺ (mg/L)
10		
20		
30		
40		
50		

D. Analisis Data

1. Penentuan Kesadahan Total

Kesadahan total dapat dihitung dengan rumus berikut (Afiaturrochmaniah, 2019):

$$\text{Kesadahan Total} \left(\frac{\text{mg CaCl}_2}{\text{L}} \right)$$

$$= \frac{1000}{V_{Cu}} \times V_{EDTA(a)} \times M_{EDTA} \times 100 \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:

$V_{EDTA(a)}$: Volume rata-rata larutan baku Na_2EDTA untuk titrasi kesadahan total (mL)

V_{Cu} : Volume larutan air sampel (mL)

M_{EDTA} : Molaritas larutan baku Na_2EDTA untuk titrasi (mmol/mL)

2. Penentuan Kadar Kesadahan Kalsium

Kadar kesadahan kalsium dapat dihitung dengan rumus berikut (Afiaturrochmaniah, 2019):

Kadar Kalsium ($mg\ Ca/L$)

$$= \frac{1000}{V_{Cu}} \times V_{EDTA(b)} \times M_{EDTA} \times 40 \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan:

V_{Cu} : Volume larutan air sampel (mL)

M_{EDTA} : Molaritas larutan baku Na_2EDTA untuk titrasi (mmol/mL)

$V_{\text{EDTA(b)}}$: Volume rata-rata larutan baku Na_2EDTA untuk titrasi kesadahan total (mL)

3. Parameter Adsorpsi

Kapasitas absorpsi *hydrochar* kulit singkong dapat dihitung dengan rumus berikut (Afiaturrochmaniah, 2019):

$$q_e = \frac{(C_i - C_e)}{m} \times V \dots\dots\dots(3.7)$$

Keterangan:

C_i : Konsentrasi mula-mula (mg/L)
 q_e : Keseimbangan adsorpsi (mg/g)
 m : Massa (mg)
 V : Volume adsorbat (L)
 C_e : Konsentrasi saat setimbang (mg/L)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan hasil penelitian dan pembahasan tentang sintesis *hydrochar* dari kulit singkong, karakterisasi dan uji aktifitas *hydrochar* sebagai *water softener*. Sampel kulit singkong ini didapat dari hasil pertanian Dusun Langgar, Desa Lajer, Kecamatan Penawangan, Kabupaten Grobogan. Karakterisasi *hydrochar* dilakukan dengan analisis gugus fungsi, luas permukaan, morfologi permukaan serta komposisi senyawa *hydrochar*. *Water softener* dilakukan menggunakan sampel buatan yang mengandung ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang merupakan sumber air sadah.

A. Preparasi Kulit Singkong

Preparasi kulit singkong ini didapat dengan dikupas singkong dan dibersihkan kulit arinya sehingga didapat kulit singkong yang berwarna putih. Selanjutnya kulit singkong tersebut dicuci untuk menghilangkan pengotornya. Kulit singkong yang sudah bersih selanjutnya dipotong kecil-kecil dan dijemur dibawah sinar matahari untuk menghilangkan kadar airnya. Kulit singkong yang kering kemudian dihaluskan.

Tujuan dari dihaluskannya kulit singkong ini untuk menghasilkan ukuran kulit singkong yg seragam dalam bentuk serbuk ukuran 60 mesh, sehingga pada proses karbonisasi hidrothermal didapat hasil yang optimal karena panas dalam

reactor autoclave pada proses karbonisasi dapat merata pada seluruh permukaan biomassa tersebut (Sevilla & Fuertes, 2009).

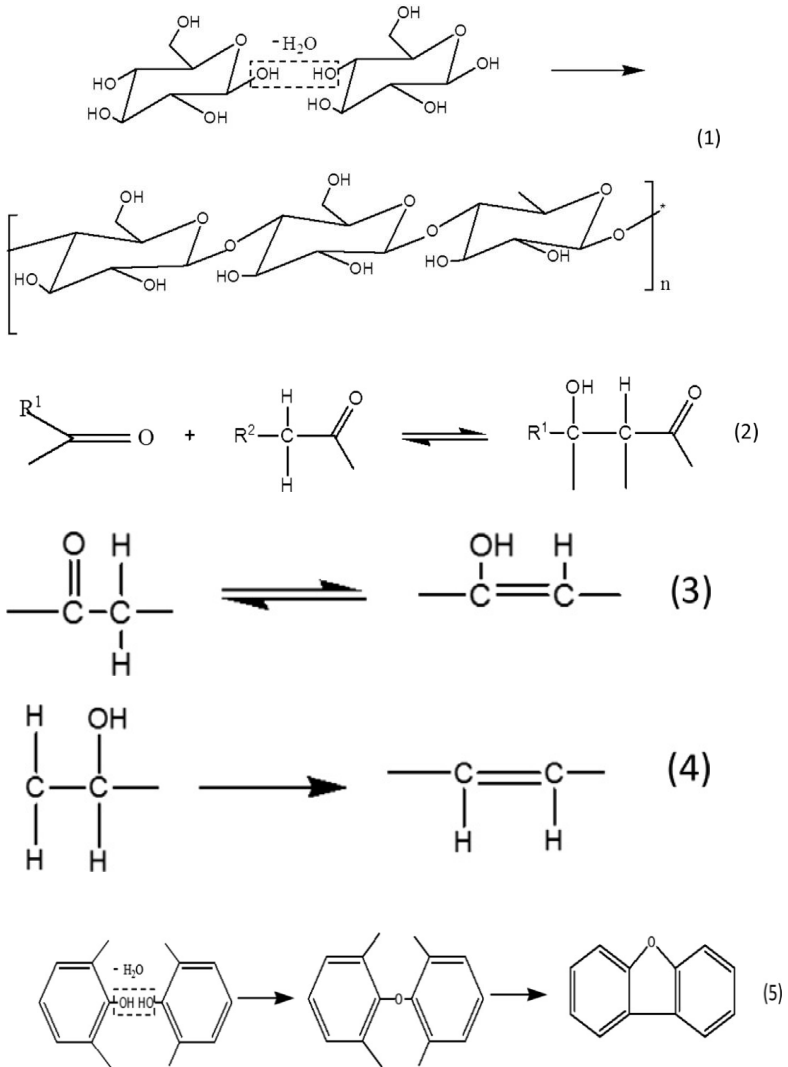
B. Sintesis Hidrochar Kulit Singkong

Serbuk kulit singkong dikarbonisasi dengan metode hidrothermal menggunakan *reactor autoclave* selama 1 jam pada suhu 200 °C. Pada proses karbonisasi ini biomassa disintesis menggunakan air deionisasi dengan perbandingan 1:10 (g:mL) (Nakason et al., 2018). Metode hidrothermal dipilih karena dapat mengubah biomassa menjadi *hydrochar* dan meningkatkan kandungan karbon pada biomassa tersebut (Sevilla & Fuertes, 2009). Keunggulan proses hidrothermal yang lain adalah suhu sintesis menjadi tidak terlalu tinggi karena adanya air yang dapat berfungsi sebagai *pressure transmitting medium* sehingga suhu dan tekanan saat sintesis dapat lebih rendah (Lalena & Cleary, 2005).

Setelah karbonisasi hidrothermal, ion hidronium yang dihasilkan menyebabkan hidrolisis karbohidrat. Sevilla dkk (2012), secara ekstensif menganalisis pembentukan partikel *hydrochar* dari sukrosa dan pati. Sukrosa terhidrolisis dan mengarah pada pembentukan glukosa dan fruktosa, sedangkan pati membentuk maltosa (oligosakarida), glukosa dan fruktosa (dari isomerisasi glukosa). Pada saat yang sama, pemecahan glukosa dan fruktosa mengarah pada pembentukan senyawa organik asam (misalnya, asetat, laktat, propena, levulinat, dan

asam format) (Titirici et al., 2012). Penurunan pH karena pelepasan katalis asam organik melalui hidrolisis oligosakarida menjadi monosakarida, yang kemudian mengalami dehidrasi dan terfragmentasi (pembukaan cincin dan pemutusan ikatan C-C) sehingga menghasilkan produk yang larut (Jain et al., 2016).

Di sisi lain, glukosa, fruktosa dan produk dekomposisi lainnya yang ada dalam larutan mengalami dehidrasi antarmolekul (persamaan (1)) dan kondensasi aldol (persamaan (2)), yang mengarah pada polimerisasi. Polimer ini tunduk pada aromatisasi yang, karena dehidrasi gugus hidroksil ekuatorial, mengarah pada pembentukan gugus C=O (M. M. Tang & Bacon, 1964). Munculnya gugus C=C terutama disebabkan oleh tautomerisme ketoenolik (persamaan (3)) dari spesies yang mengalami dehidrasi atau karena dehidrasi intramolekul (persamaan (4)). Terakhir, pembentukan gugus aromatik terjadi melalui dehidrasi antarmolekul senyawa aromatik (persamaan (5)) (Jain et al., 2016).



Gambar 4. 1 reaksi pembentukan *hydrochar* (Jain et al., 2016)

Hydrochar dari hasil karbonisasi hidrothermal selanjutnya disaring untuk memisahkan antara filtrat dengan residunya. Residu *hydrochar* selanjutnya dioven pada suhu 80 °C selama 24 jam. Pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air pada *hydrochar*. *Hydrochar* kering diayak dengan ayakan 60 mesh. Pengayakan ini bertujuan untuk menyamakan ukuran menjadi lebih kecil sehingga pada saat aktivasi, *hydrochar* dapat menyerap dengan optimal karena luas permukaannya lebih besar.

C. Proses Aktivasi

10 gram *hydrochar* diaktivasi dengan 100 mL NaOH 0,3N dengan cara direndam selama 24 jam. Unsur mineral di aktivator masuk diantara plat heksagon dari kristalit *hydrochar* serta memisahkan permukaan yang awalnya tertutup. Sehingga , saat proses pemanasan, senyawa kontaminan yang ada di dalam pori lebih mudah untuk terlepas. Hal ini menjadikan bertambah besarnya luas permukaan yang aktif serta menjadikan daya serap semakin bertambah *hydrochar* (Putri et al., 2017; Tran et al., 2017).

Hydrochar yang telah direndam dengan aktivator selama 24 jam, kemudian disaring untuk memisahkan residu dengan filtratnya. Residu dari *hydrochar* aktivasi selanjutnya dinetralkan dengan HCl 0,1N dan akuades sampai memiliki pH 7 guna menghilangkan material pengotor yang ada di *hydrochar*, menghilangkan sisa aktivator yang mungkin tersisa, serta untuk

mengurangi kadar abu. Penetralkan juga bertujuan untuk menghindari *hydrochar* yang dihasilkan bersifat asam atau basa yang dapat mempengaruhi proses adsorpsinya, karena menurut Oscik, (1991) salah satu yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi adalah pH larutan (Hartini, 2014).

Hydrochar yang telah netral dikeringkan dalam oven suhu 100 °C selama 3 jam, selanjutnya *hydrochar* kering diayak dengan ayakan 60 mesh dengan tujuan untuk menyamakan ukurannya agar saat diaplikasikan lebih optimal sehingga menghasilkan *hydrochar* aktivasi. Selanjutnya untuk *hydrochar* aktivasi disingkat "*hydro-aktiv*" dan untuk *hydrochar* non aktivasi disingkat "*hydro-non*". Proses sintesis dan aktivasi *hydrochar* disajikan pada gambar 4.2.



1. Kulit singkong basah



2. Kulit singkong kering



3. Kulit singkong halus

4. Sintesis *hydrochar*5. *Hydro-non*8. Aktivasi *hydrochar*

7. Netralisasi

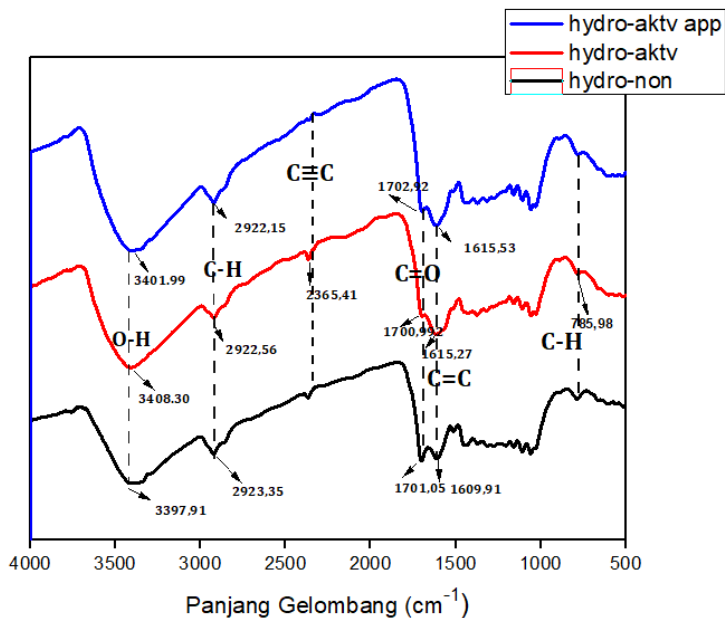
6. *Hydro-aktiv*

Gambar 4. 2 proses sintesis dan aktivasi *hydrochar*

D. Karakterisasi

1. *Fourier Transform Infra-Red (FT-IR)*

Hasil sintesis *hydrochar* dikarakterisasi menggunakan FTIR dengan tujuan untuk melihat gugus fungsional sampel *hydrochar* kulit singkong. Spektra FTIR pada *hydrochar hydro-non*, *hydro-aktv* dan *hydro-aktv* yang sudah diaplikasikan pada limbah air sadah disajikan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 spektrum FTIR *hydrochar*

Berdasarkan spektrum hasil FTIR pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa pada *hydro-non* dan *hydro-aktv*

muncul pita serapan pada gelombang $2365,41 \text{ cm}^{-1}$. Hal ini menunjukkan keberadaan gugus $\text{C}\equiv\text{C}$. Gugus $\text{C}\equiv\text{C}$ mengkonfirmasi keberadaan alkuna (Tran et al., 2017). Namun, setelah terjadinya pengaplikasian *hydrochar* sebagai adsorben gugus $\text{C}\equiv\text{C}$ menjadi berkurang dan mengalami pergeseran pada panjang gelombangnya.

Pada gelombang $1701,05 \text{ cm}^{-1}$ muncul pita serapan yang terdapat gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$ yang hanya terdapat pada *hydro-non*, gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$ ini merupakan gugus karbonil. Sedangkan pada *hydro-aktiv* dan *hydro-aktiv app* terjadi pelemahan dan peregangan pada gugus fungsi $\text{C}=\text{O}$, hal ini dikarenakan adanya pemutusan ikatan eter pada hemiselulosa (Nakason et al., 2018).

Puncak yang terkait dengan gugus karboksil mengalami perubahan intensitas kearah panjang gelombang yang lebih rendah setelah sampel mengalami aktivasi kimia dengan NaOH . Hal ini menunjukkan bahwa gugus $\text{O}-\text{H}$ baru dapat terbentuk selama reaksi pengaktifan (Tran et al., 2017).

Puncak transmisi juga muncul pada panjang gelombang $1609,91 \text{ cm}^{-1}$ menandakan keberadaan gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ terdapat pada *hydro-non*, *hydro-aktiv*, dan *hydro-aktiv app* yang disebabkan adanya reaksi aromatisasi selama HTC. Hal ini diperkuat dengan

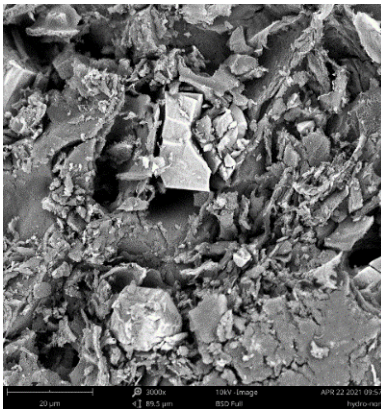
munculnya pita serapan pada panjang gelombang 785,98 cm^{-1} yaitu menandakan keberadaan gugus fungsi C-H sehingga terjadi reaksi aromatisasi termasuk kondensasi aldol dan dehidrasi (Demir-Cakan et al., 2009; Tran et al., 2017). Tabel 4.1 adalah hasil spektrum FTIR pada *hydrochar*.

Tabel 4. 1 hasil spektrum FTIR *hydrochar*

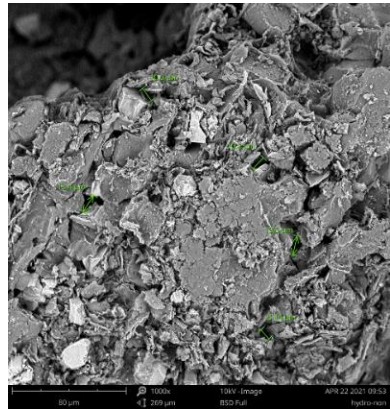
Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Intensitas		Gugus Fungsi
3550 – 3200	Sedang, melebar	O-H <i>stretch</i>	Alkohol
2900 – 2800 & 2800 – 2700	Kuat	C-H <i>stretch</i>	Aldehida
2365,41	Kuat	$\text{C}\equiv\text{C}$ <i>stretch</i>	Alkuna
1715 – 1700 (jenuh)	Kuat	C=O <i>stretch</i>	Asam Karboksilat
1625 – 1440	Sedang ke lemah	C=C <i>stretch</i>	Senyawa Aromatik
3000-3100 & 675-870	Kuat	C-H	Aromatik

2. Scanning Electron Microscope (SEM)

Hasil sintesis *hydrochar* dikarakterisasi lebih lanjut memakai *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan perbesaran 3000x dan 1000x. Karakterisasi menggunakan SEM ini bertujuan menganalisa morfologi dan mikrostruktur *hydrochar* beserta pori-porinya, maka dilakukan pengujian SEM. Hasil pengamatan SEM dengan sampel *hydrochar* kulit singkong bisa dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5.

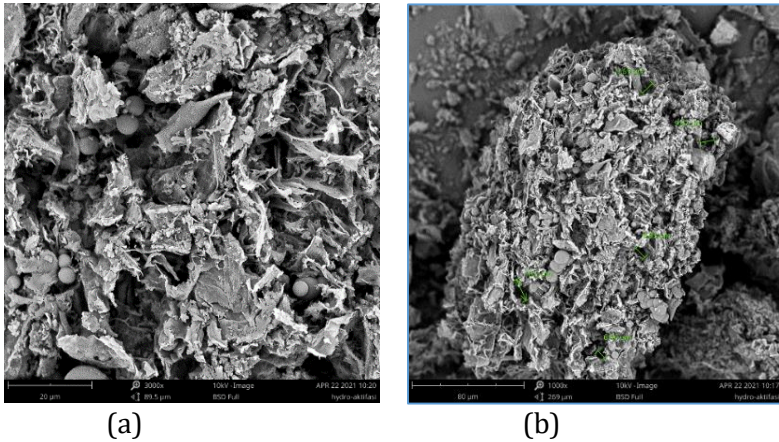


(a)



(b)

Gambar 4. 4 SEM *hydro-non* (a) Perbesaran 3000x
(b) Perbesaran 1000x



Gambar 4. 5 SEM *hydro-aktiv* (a) Perbesaran 3000x
(b) Perbesaran 1000x

Hasil pengamatan morfologi pada permukaan *hydrochar* kulit singkong terlihat bahwa pada *hydro-aktiv* memiliki lebih banyak pori dari pada *hydro-non*. Banyaknya pori-pori pada *hydrochar* menyebabkan besarnya luas permukaan yang spesifik. Pori-pori yang terbentuk pada *hydro-aktiv* terbentuk setelah adanya proses aktivasi. Pada *hydro-aktiv* dan *hydro-non* memiliki morfologi yang hampir mirip, ini menegaskan bahwa aktivasi kimia dengan NaOH tidak menyebabkan perubahan nyata pada morfologi *hydrochar*. Hal ini dikarenakan aktivasi NaOH hanya memodifikasi permukaan *hydrochar*, tanpa mempengaruhi morfologi dan karbon intinya (Shah & Adnan, 2014).

Pengamatan morfologi permukaan pada *hydro-non* berbentuk lembaran-lembaran besar, sedangkan permukaan pada *hydro-aktiv* berbentuk lembaran kecil-kecil. Hal ini terbentuk pada saat aktivasi yang menyebabkan lembaran-lembaran *hydro-non* pecah dan terpotong-potong menjadi lebih kecil sehingga memungkinkan terjadinya interaksi adsorben dengan adsorbat lebih banyak dan menjadikan proses adsorpsi *hydro-aktiv* lebih baik (Tran et al., 2017).

3. Daya Serap Metilen Biru

Hydrochar hasil sintesis selanjutnya diuji daya serap metilen biru yang bertujuan agar dapat diketahui kemampuan *hydrochar* dalam menyerap larutan berwarna atau kotoran serta untuk mengetahui luas permukaan arang aktif (Nurlia, 2020). Daya serap metilen biru diukur memakai spektrofotometer Shimadzu UV-1800 di λ_{\max} metilen biru 664,4 nm. Hasil data analisis daya serap metilen biru bisa diketahui di tabel 4.2.

Tabel 4. 2 hasil analisis daya serap metilen biru

	<i>Hydro-non</i>	<i>Hydro-aktiv</i>
Daya serap metilen biru (mg/g)	178,400 (mg/g)	167,370 (mg/g)

Hasil uji menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi ATK dan ATK teraktivasi sudah sesuai dengan standar baku mutu SNI 06-3730-1995 dimana dalam SNI disebutkan bahwa batas minimum kapasitas adsorpsi untuk serbuk arang aktif terhadap metilen biru adalah 120 mg/g.

4. Kadar Air

Uji kadar air ini memiliki tujuan mengetahui sifat higroskopis (kemampuan *hydrochar* menyerap air) (Thomauske et al., 2007). Kadar air ditentukan dengan melakukan pemanasan terhadap arang dengan oven di suhu 105°C sampai berat *hydrochar* konstan.

Hasil dari uji kadar air *hydrochar* baik yang telah diaktivasi maupun dengan tanpa aktivasi bisa diketahui di tabel 4.3:

Tabel 4. 3 kadar air *hydrochar*

Jenis	Hasil Uji	Baku Mutu SNI
<i>Hydro-aktv</i>	1%	Maks. 15%
<i>Hydro-non</i>	5%	

Berdasarkan data tabel 4.3 tersebut bisa diketahui jika hasil sintesis *hydrochar* kulit singkong sesuai dengan baku mutu SNI di bawah 15% yaitu untuk *hydro-aktv* adalah 1% sedangkan *hydro-non* adalah 5%.

Kadar air digunakan untuk menentukan kualitas produk sebagai *hydrochar*. *Hydrochar* yang memiliki kandungan kadar

air tinggi akan menurunkan nilai kalor, sampai mengurangi efisiensi dan kinerja sebagai *hydrochar*. Sebaliknya, kandungan kadar air yang rendah pada suatu produk, dapat meningkatkan efisiensi dan kinerja (Fadilah, 2018; Sartika et al., 2014).

5. Kadar Zat Mudah Menguap (Volatil)

Kadar zat mudah menguap ditetapkan agar bisa mengetahui banyaknya kadar zat yang belum menguap ketika proses aktivasi dan karbonisasi (Thomauske et al., 2007). Uji kadar zat yang mudah menguap dilaksanakan melalui cara memanaskan serbuk *hydrochar* dengan *furnace* pada suhu 900°C selama 15 menit. Setelah itu didinginkan dan ditimbang. Hasil uji kadar zat mudah menguap (volatil) dari *hydrochar* yang telah disintesis dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4. 4 kadar zat mudah menguap (volatil)
hydrochar

Jenis	Hasil Uji	Baku Mutu SNI
<i>Hydro-aktiv</i>	0.0425%	Maks. 25%
<i>Hydro-non</i>	0.0816%	

Berdasarkan data tabel 4.4 tersebut dapat diketahui bahwa hasil sintesis *hydrochar* kulit singkong baik *hydro-aktiv* maupun *hydro-non* sesuai dengan baku mutu SNI di bawah 25% yaitu 0,0816% dan 0,0425%. Semakin besar jumlah kadar zat volatil dari *hydrochar*, maka kualitas dari *hydrochar* tersebut akan semakin menurun juga. Hal ini disebabkan oleh

senyawa-senyawa yang ada dalam *hydrochar* tersebut akan menutupi permukaan pori-porinya (Sahara et al., 2019).

Berkurangnya kandungan volatil pada suatu *hydrochar* disebabkan terurainya senyawa-senyawa penyusun *hydrochar* padat karena adanya peningkatan suhu (Fadilah, 2018; Wilk et al., 2021). Adanya aktivasi pada *hydrochar* juga dapat mengurangi kadar zat volatil pada permukaannya (Tran et al., 2017).

6. Kadar Karbon Terikat

Selanjutnya *hydrochar* ditentukan kadar karbon terikatnya. Penentuan kadar karbon terikat ini adalah guna mengetahui kadar karbon murni dalam *hydrochar*. Tabel 4.5 menunjukkan hasil dari kadar karbon terikat yang dihasilkan dari selisih antara persentase total dengan jumlah kadar zat mudah menguap, persentase kadar air, dan kadar abu total

Tabel 4. 5 kadar karbon terikat *hydrochar*

Jenis	Hasil Uji	Baku Mutu SNI
<i>Hydro-aktiv</i>	97.9295%	Min. 65%
<i>Hydro-non</i>	93.9685%	

Berdasarkan tabel 4.5 memperlihatkan jika kadar karbon terikat pada hasil sintesis *hydrochar* kulit singkong telah memenuhi baku mutu SNI yaitu diatas 65%. Pada *hydro-aktiv* memiliki persentase kadar karbon total 97,9295% sedangkan

untuk *hydro-non* memiliki persentase kadar karbon total 93,9685%.

Kadar karbon adalah kandungan karbon yang tersisa sesudah bahan-bahan mudah menguap (volatil) dilepaskan dari hasil *hydrochar*. Karbon terikat digunakan sebagai estimasi jumlah *hydrochar* yang dihasilkan. Kadar karbon terikat berbanding terbalik dengan kadar air di dalam suatu *hydrochar*. Semakin berkurangnya kadar air, maka kadar karbon terikat pada *hydrochar* semakin tinggi (Fadilah, 2018; Wilk et al., 2021).

7. Kadar Abu Total

Uji karakterisasi *hydrochar* sintesis selanjutnya adalah uji kadar abu total, dimana bertujuan mengetahui kandungan oksida logam di *hydrochar* (Thomauske et al., 2007). Kualitas *hydrochar* juga berpengaruh pada kadar abu. Abu yang jumlahnya terlalu banyak, bisa menjadikan pori-pori *hydrochar* tersumbat sehingga menjadikan luas permukaan *hydrochar* berkurang (Selan & Landiana, 2016). Hasil dari uji kadar abu total pada *hydrochar* sintesis terdapat di tabel 4.6

Tabel 4. 6 kadar abu *hydrochar*

Jenis	Hasil Uji	Baku Mutu SNI
<i>Hydro-aktiv</i>	0.989%	Maks. 10%
<i>Hydro-non</i>	0.989%	

Berdasarkan data tabel 4.5 tersebut bisa diketahui jika hasil sintesis *hydrochar* baik yang *hydro-aktiv* maupun *hydro-non* sesuai dengan baku mutu SNI di bawah 10%, yaitu sama-sama 0,989%. Semakin tinggi kadar abu pada suatu *hydrochar*, maka nilai kalor dari *hydrochar* makin rendah. Sebaliknya, kadar abu yang semakin rendah pada suatu *hydrochar*, maka nilai kalor pada *hydrochar* makin tinggi (Fadilah, 2018; Wilk et al., 2021).

Abu yang terdapat pada *hydro-aktiv* dan *hydro-non* memiliki nilai kandungan abu sama dan sangat sedikit. Hal ini dikarenakan selama proses HTC mengalami proses pengabuan yang sangat sedikit, sehingga karbon yang dihasilkan lebih banyak (Thomauske et al., 2007).

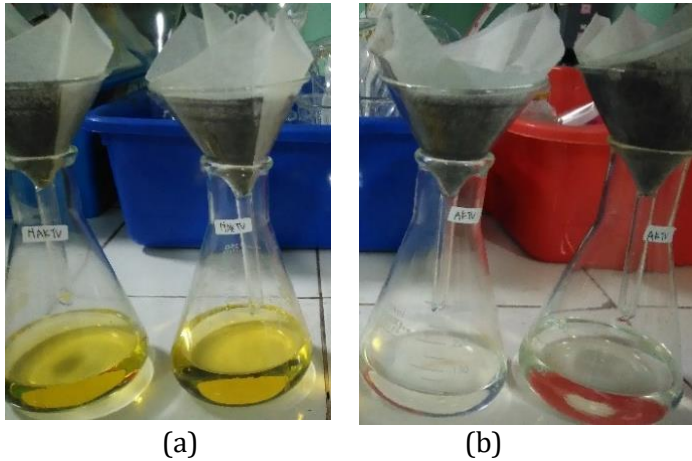
Hasil karakterisasi dari SEM, kadar abu, kadar karbon, kadar air, dan kadar zat menguap (volatil) menunjukkan bahwa proses sintesis *hydrochar* dengan metode HTC dan aktivasi menggunakan NaOH telah berhasil karena pengotor organik pada *hydrochar* telah hilang menjadikan luas permukaannya semakin besar, kadar karbon setelah aktivasi juga besar, dan kadar abunya kecil sehingga *hydro-aktiv* lebih baik dalam mengadsorpsi dibandingkan dengan *hydro-non*.

A. Adsorpsi Air Sadah

Hydrochar yang telah disintesis diaplikasikan pada air sadah untuk mengadsorpsi ion Ca^{2+} serta ion Mg^{2+} . Air sadah yang

digunakan merupakan air sadah buatan dari campuran larutan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan MgSO_4 dengan konsentrasi 450 ppm. Konsentrasi yang digunakan 450 ppm karena merujuk pada baku mutu air menurut PERMENKES RI No. 32 tahun 2017 tentang parameter kimia dalam standar baku mutu kesehatan lingkungan untuk media air untuk keperluan higiene sanitasi, yaitu kadar maksimum kesadahan (CaCO_3) yang diperbolehkan adalah 500 mg/L.

Air sadah buatan sebanyak 100 mL diinteraksikan dengan 0,5 gram *hydrochar* kulit singkong menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm. Pengaplikasian air sadah dengan *hydrochar* ini mengacu pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Afifaturochmaniah, 2020). Kemudian air sadah yang telah diadsorpsi di saring untuk diambil filtratnya. Gambar 4.5 adalah air sadah yang telah diaplikasikan dengan *hydro-aktif* dan *hydro-non*.



Gambar 4. 6 (a) air sadah setelah diadsorp *hydro-non*
(b) air sadah setelah diadsorp *hydro-aktv*

Dari hasil adsorpsi, filtrat pada air sadah yang diaplikasikan dengan *hydro-non* memiliki warna lebih pekat yaitu kuning jernih, sedangkan filtrat air sadah yang diaplikasikan dengan *hydro-aktv* tidak berwarna dan jernih. Filtrat tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut menggunakan metode titrimetri. Hasil analisis data adsorpsi air sadah dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4. 7 hasil adsorpsi air sadah

	Kadar Ca^{2+} (mg/L)	Kadar Mg^{2+} (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi ion Ca^{2+} (mg/g)	Kapasitas Adsorpsi ion Mg^{2+} (mg/g)
Sebelum Aplikasi	32,480	22,283	83,504	85,543
<i>Hydro-non</i>	26,320	21,343	84,736	85,713
<i>Hydro-aktv</i>	23,800	13,948	85,240	87,210

Data pada tabel 4.7 tersebut menunjukkan konsentrasi pada air sadah sebelum diadsorpsi mengalami penurunan. Pada sampel ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} sebelum diaplikasikan dengan *hydrochar* memiliki kadar ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} sebesar 32,480 mg/L dan 22,283 mg/L. Setelah diaplikasikan dengan *hydro-non* mengalami penurunan sebesar 26,320 mg/L dan 21,343 mg/L dengan kapasitas adsorpsinya yaitu 84,736 mg/g dan 85,713 mg/g. Kemudian setelah diadsorpsi menggunakan *hydro-aktv* kadar konsentrasi ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} mengalami penurunan lagi menjadi 23,800 mg/L dan 13,948 mg/L dengan kapasitas adsorpsinya yaitu 85,240 mg/g dan 87,210 mg/g.

Kapasitas adsorpsi *hydro-aktv* terhadap ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} lebih besar dibandingkan setelah diadsorpsi menggunakan *hydro-non*. *Hydrochar* yang teraktivasi memiliki kemampuan mengadsorpsi logam lebih besar dibanding *hydrochar* yang tidak

teraktivasi, karena ketika proses pemanasan, senyawa kontaminan yang ada di pori menjadi mudah terlepas. Hal ini menjadikan daya serap *hydrochar* semakin meningkat luas permukaan yang aktif semakin bertambah besar (Sevilla & Fuertes, 2009; Titirici et al., 2012).

Hal ini dibuktikan dengan menggunakan hasil karakterisasi FTIR. Puncak yang terkait dengan gugus karboksil mengalami perubahan intensitas ke arah panjang gelombang yang lebih rendah setelah sampel mengalami aktivasi kimia dengan NaOH. Hal ini menunjukkan bahwa gugus O-H baru dapat terbentuk selama reaksi pengaktifan (Tran et al., 2017).

Hasil karakterisasi SEM juga membuktikan *hydrochar* yang teraktivasi lebih baik untuk mengadsorpsi dari pada *hydrochar* yang tidak teraktivasi. Morfologi permukaan *hydro-non* berbentuk potongan besar-besar, sedangkan pada morfologi permukaan *hydro-aktiv* berbentuk potongan kecil-kecil sehingga luas permukaannya juga besar (Shah & Adnan, 2014). Oleh sebab itu, *hydro-aktiv* lebih mudah mengadsorpsi ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dibanding *hydro-non*.

E. Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Hydrochar hasil sintesis diaplikasikan pada ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} dengan variasi konsentrasi. Variasi konsentrasi ini mempunyai tujuan agar mengetahui konsentrasi optimum adsorbat yang bisa diadsorpsi oleh adsorben. Konsentrasi

adsorbat yang berubah karena proses adsorpsi sesuai mekanisme adsorpsinya yang bisa dipelajari dengan menentukan isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi yang biasanya dipakai yaitu isoterm Freundlich dan isoterm Langmuir. Digunakan model kesetimbangan Langmuir dan Freundlich agar bisa mengetahui model kesetimbangan yang sesuai dengan penelitian ini (Sevilla & Fuertes, 2009; Titirici et al., 2012).

Isoterm adsorpsi ditentukan dengan mengubah persamaan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich jadi kurva kesetimbangan garis lurus. Model kesetimbangan di penelitian berdasarkan ditentukan dengan nilai koefisien regresi linier (R^2) yang paling tinggi atau nilainya hampir mendekati 1. Penentuan pola isoterm adsorpsi didapatkan dari data penelitian ketika proses optimasi konsentrasi. Variasi konsentrasi yang dipakai di penelitian ini yaitu 100, 150, 200, 300, dan 450 ppm. Berikut disajikan hasil dari optimasi konsentrasi terhadap penurunan ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} pada air sadah.

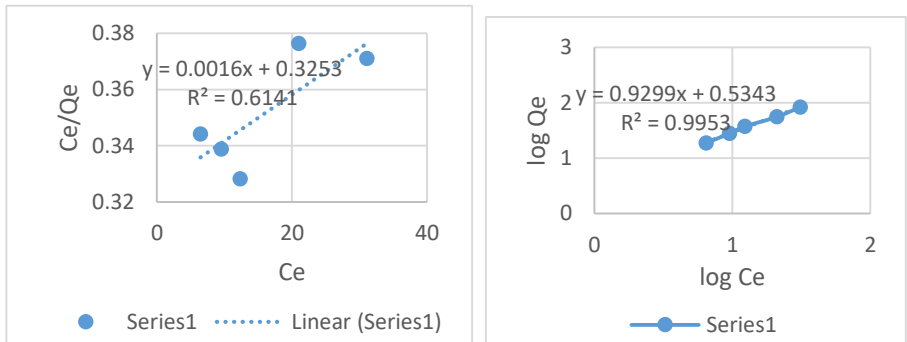
1. Kapasitas Adsorpsi Ion Ca^{2+}

Tabel 4.8 menunjukkan konsentrasi adsorbat terhadap penurunan kadar ion Ca^{2+} . Adsorpsi ion Ca^{2+} semakin meningkat dari konsentrasi 100 ppm sampai 450 ppm. Kapasitas adsorpsi maksimum tercapai pada konsentrasi 450 ppm.

Tabel 4. 8 kapasitas adsorpsi ion Ca^{2+}

Konsentrasi Awal (mg/L)	<i>Hydro-non</i>		<i>Hydro-aktv</i>	
	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)
100	8,680	18,264	6,440	18,712
150	11,760	27,648	9,520	28,096
200	65,600	26,480	65,320	26,936
300	21,000	55,800	21,000	55,800
450	32,760	83,448	31,080	83,784

Namun, pada penelitian ini belum bisa dikatakan sampai pada titik setimbang karena jumlah ion Ca^{2+} yang teradsorpsi belum konstan pada peningkatan konsentrasi sehingga dimungkinkan dapat peningkatan adsorpsi seiring bertambahnya konsentrasi. Gambar 4.6 adalah kurva model isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich *hydro-non* ion Ca^{2+} .



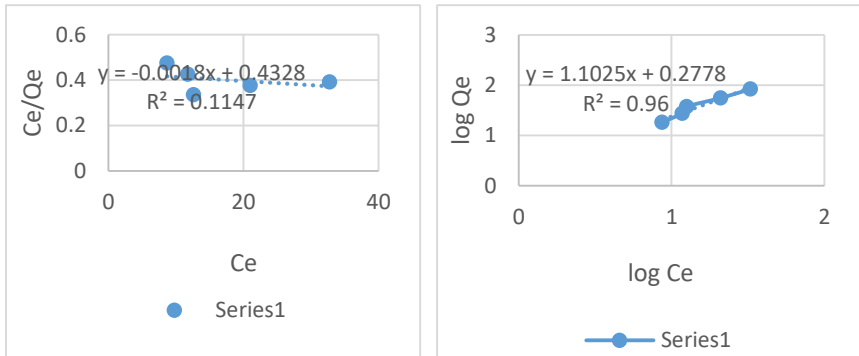
(a)

(b)

Gambar 4. 7 (a) model Langmuir (b) model Freundlich ion Ca^{2+} *hydro-non*

Berdasarkan kurva pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa model isotherm *hydro-non* ion Ca^{2+} adalah isotherm Freundlich karena memiliki nilai koefisien regresi linier (R^2) paling kuat, yaitu 0,9953 dibandingkan dengan isotherm Langmuir yang hanya 0,6141.

Hydrochar hydro-aktv ion Ca^{2+} juga ditentukan kurva model isotherm adsorpsi yang sesuai. Gambar 4.7 adalah kurva model isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich *hydro-aktv* ion Ca^{2+} .



(a)

(b)

Gambar 4. 8 (a) model Langmuir (b) Freundlich ion Ca^{2+} *hydro-aktiv*

Berdasarkan kurva pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa model isoterm *hydro-aktiv* ion Ca^{2+} adalah isoterm Freundlich karena memiliki nilai koefisien regresi linier (R^2) paling kuat, yaitu 0,96 dibandingkan dengan isoterm Langmuir yang hanya 0,1147. Isoterm Freundlich menggambarkan bahwa permukaan adsorben bersifat heterogen, yaitu setiap gugus aktif di permukaan adsorben memiliki kemampuan mengadsorpsi yang berbeda-beda (Titirici et al., 2012; Tran et al., 2017). Dalam kasus isoterm Freundlich ini, ada interaksi antara molekul yang teradsorpsi pada adsorben secara fisik (*physisorption*), karena permukaannya heterogen. Hal ini dikarenakan ion Ca^{2+} yang teradsorpsi tidak terikat kuat pada permukaan, sehingga menyebabkan lepasnya ion Ca^{2+} yang

teradsorpsi (Iryani et al., 2017). Adapun parameter isotherm yang didapat telah dirangkum pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 parameter dan koefisien regresi linear model isotherm ion Ca^{2+}

	Model Isotherm Langmuir			Model Isotherm Freundlich		
	Q_m (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	K_F (mg/g)(L/mg) ^{1/n}	1/n	R^2
<i>Hydrochar</i>						
<i>Hydro-non</i>	555,555	-0,00415	0,1147	18,958	11,025	0,96
<i>Hydro- aktiv</i>	625	0,004918	0,6141	34,222	0,9299	0,9953

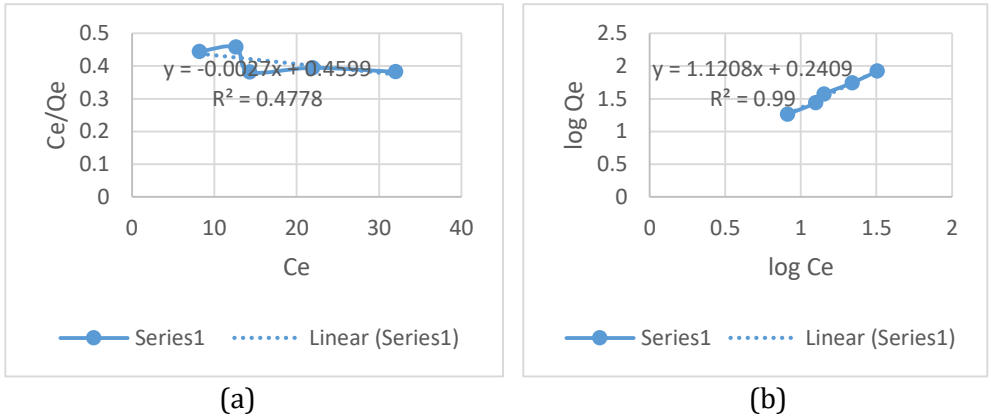
2. Kapasitas Adsorpsi Ion Mg^{2+}

Tabel 4.10 menunjukkan konsentrasi adsorbat terhadap penurunan kadar ion Mg^{2+} . Adsorpsi ion Mg^{2+} semakin meningkat dari konsentrasi 100 ppm sampai 450 ppm. Kapasitas adsorpsi maksimum tercapai pada konsentrasi 450 ppm.

Tabel 4. 10 kapasitas adsorpsi ion Mg^{2+}

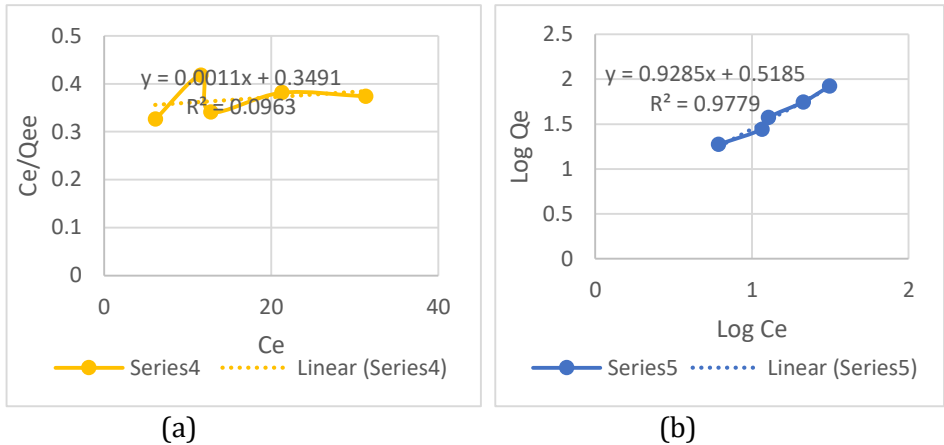
konsentrasi awal (mg/L)	<i>Hydro-non</i>		<i>Hydro-aktiv</i>	
	Ce (ppm)	Qe (mg/g)	Ce (ppm)	Qe (mg/g)
100	8,1648	18,3670	6,1236	18,7753
150	12,5874	27,4825	11,5668	27,6866
200	14,2884	37,4123	12,7575	37,4485
300	21,9429	55,6114	21,2625	55,7475
450	31,9788	83,6042	31,2984	83,7403

Namun, pada penelitian ini belum bisa dikatakan sampai pada titik setimbang karena jumlah ion Mg^{2+} yang teradsorpsi belum konstan pada peningkatan konsentrasi sehingga dimungkinkan dapat peningkatan adsorpsi seiring bertambahnya konsentrasi. Gambar 4.8 adalah kurva model isotherm Langmuir dan model isotherm Freundlich pada *hydro-non* ion Mg^{2+} .



Gambar 4. 9 (a) Model Langmuir (b) Freundlich ion Mg^{2+} *hydro-non*

Berdasarkan kurva pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa model isoterm *hydro-non* ion Mg^{2+} adalah isoterm Freundlich karena memiliki nilai koefisien regresi linier (R^2) paling kuat, yaitu 0,99 dibandingkan dengan isoterm Langmuir yang hanya 0,4778. *Hydrochar ydro-aktv* ion Mg^{2+} juga ditentukan kurva model isoterm adsorpsi yang sesuai. Gambar 4.9 adalah kurva model isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich *hydro-aktv* ion Mg^{2+} .



Gambar 4. 10 (a) Model Langmuir (b) Freundlich on Mg^{2+} hydro-aktiv

Berdasarkan kurva pada gambar 4.9 menunjukkan bahwa model isoterm *hydro-aktiv* ion Mg^{2+} adalah isoterm Freundlich karena memiliki nilai koefisien regresi linier (R^2) paling kuat, yaitu 0,9779 dibandingkan dengan isoterm Langmuir yang hanya 0,0963. Isoterm Freundlich menggambarkan bahwa permukaan adsorben bersifat heterogen, yaitu setiap gugus aktif di permukaan adsorben memiliki kemampuan mengadsorpsi yang berbeda-beda (Titirici et al., 2012; Tran et al., 2017). Dalam kasus isoterm Freundlich ini, ada interaksi antara molekul yang teradsorpsi pada adsorben secara fisik (*physisorption*). Hal ini dikarenakan ion Mg^{2+} yang teradsorpsi tidak terikat kuat pada permukaan, sehingga menyebabkan lepasnya ion Mg^{2+} yang teradsorpsi (Iryani et al., 2017).

Adapun parameter isoterm yang didapat telah dirangkum pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 parameter dan koefisien regresi linear model isoterm ion Mg^{2+}

Hydrochar	Model Isoterm Langmuir			Model Isoterm Freundlich		
	Q_m (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	K_F (mg/g)(L/mg) ^{1/n}	1/n	R^2
<i>Hydro-non</i>	- 370,3703	-0,005871	0,4778	1,3341	1,1989	0,9982
<i>Hydro-aktiv</i>	-100000	0,0002039	0,8758	3,2999	0,9285	0,9779

F. Penentuan Kinetika Adsorpsi

Perlakukan variasi ini untuk mengetahui waktu adsorpsi maksimum yang terjadi pada waktu kesetimbangan. Hal ini mengandung arti waktu yang dibutuhkan *hydrochar* untuk menyerap ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air sadah mencapai waktu setimbang. Pada penelitian ini dilakukan variasi waktu kontak adsorben terhadap adsorbat pada waktu 15, 30, 45, 60 dan 75 menit sehingga data yang diperoleh ini dapat digunakan untuk menentukan kinetika adsorpsinya. Kinetika adsorpsi digunakan

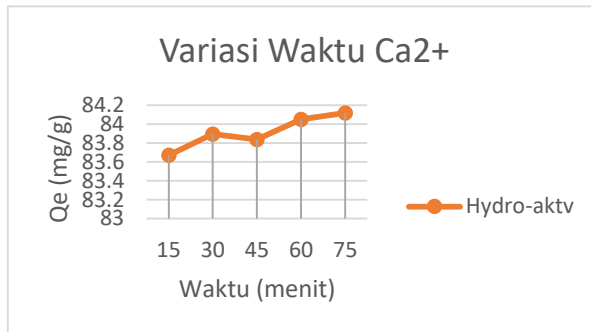
untuk mengetahui laju adsorpsi yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat yang dipengaruhi oleh waktu. Adsorpsi air sadah juga dilakukan variasi waktu kontak adsorben.

1. Waktu Kontak *Hydro-aktiv* terhadap Ion Ca^{2+} 450 ppm.

Waktu kesetimbangan adsorpsi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Penentuan waktu kesetimbangan adsorpsi adalah untuk menentukan waktu minimum yang dibutuhkan adsorben untuk menyerap logam secara maksimal hingga mencapai kesetimbangan. Dalam proses ini, selama belum tercapai kesetimbangan, adsorpsi akan berlangsung terus menerus (Prayitno, 2007). Tabel 4.12 adalah waktu kontak *hydro-aktiv* terhadap ion Ca^{2+} .

Tabel 4. 12 waktu kontak *hydro-aktiv* terhadap ion Ca^{2+} 450 ppm

Waktu (menit)	<i>Hydro-aktiv</i>	
	Ce (ppm)	Qe (mg/g)
15	31,64	83,672
30	30,52	83,896
45	30,80	83,840
60	30,24	84,052
75	29,40	84,120



Gambar 4. 11 grafik t vs Qe ion Ca^{2+}

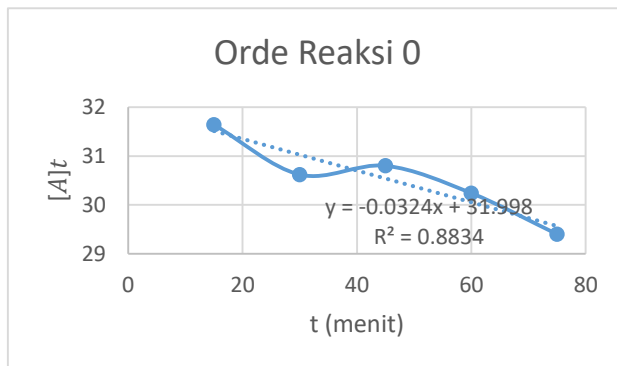
Dari data tabel 4.12 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum ion Ca^{2+} *hydro-aktiv* terjadi pada waktu 75 menit, dengan kapasitas adsorpsi ion Ca^{2+} *hydro-aktiv* mencapai 84,120 mg/g. Hal ini juga didukung dengan adanya waktu setimbang yang terjadi pada menit ke-60 dan 75. Sebagaimana dalam penelitian Sobirin et al (2016) dikatakan bahwa waktu kesetimbangan tercapai ketika kenaikan kadar adsorbat yang teradsorpsi mencapai titik maksimumnya, sehingga penambahan waktu kontak tidak akan mempengaruhi penurunan kadar adsorbat dalam sampel.

Penentuan orde reaksi pada penelitian berdasarkan pada nilai koefisien regresi linear (R^2) paling kuat atau mendekati 1. Penentuan orde reaksi dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13 penentuan orde reaksi ion Ca^{2+} *hydro-aktiv*

Orde	Persamaan Laju Reaksi	R ²
0	$y = -0,0324x + 31,998$	0,8834
½	$y = -0,0029x + 5,6579$	0,8833
1	$y = -0,0011x + 3,4666$	0,8831
1 ½	$y = 0,0004x + 0,1767$	0,8828
2	$y = 0,00003x + 0,0312$	0,8825
3	$y = 0,000002x + 0,001$	0,8815

Berdasarkan hasil persamaan kinetika laju reaksi pada tabel 4.13 hidrochar *hydro-aktiv* pada ion Ca^{2+} adalah orde 0. Hal ini karena nilai koefisien regresi linear (R²) nya paling kuat, yaitu 0,8834. Orde 0 menandakan tidak adanya percepatan reaksi ketika ditambahkan reaktan (Ustamuni et al., 2019) Berikut adalah kurva persamaan laju reaksi orde 0.

**Gambar 4. 12** kurva orde reaksi orde 0 ion Ca^{2+} *hydro-aktiv*

Dari orde reaksi 0 diperoleh persamaan $y = -0,0324x + 31,998$. Orde reaksi 0 memiliki persamaan umum sebagai berikut:

$$[A]_t = -k_0t + [A]_0$$

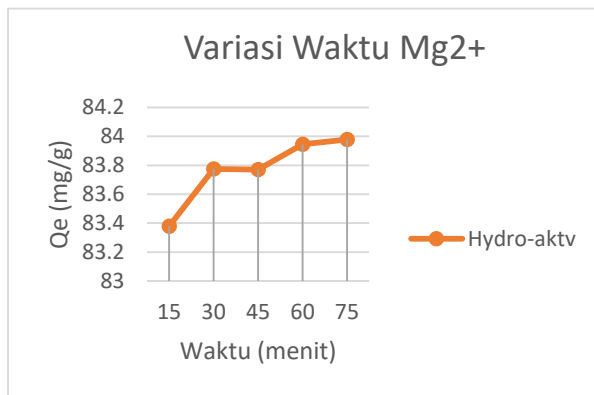
Berdasarkan persamaan umum orde reaksi 0, y merupakan interpretasi nilai dari konsentrasi sisa ion Ca^{2+} $[A]_t$, 0,0324 merupakan nilai slope yang menyatakan konstanta laju reaksi pada orde 0 (k_0), x menyatakan waktu reaksi yang berlangsung (t), dan nilai 31,998 merupakan intersep yang menyatakan nilai dari konsentrasi awal ion Ca^{2+} $[A]_0$. Dari data yang diperoleh *hydro-aktiv* dalam mengadsorp ion Ca^{2+} 450 ppm memiliki konstanta laju reaksi sebesar 0,0324 menit⁻¹.

2. Waktu Kontak *Hydro-aktiv* terhadap Ion Mg^{2+} 450 ppm.

Hasil waktu kontak *hydro-aktiv* terhadap ion Mg^{2+} dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 waktu kontak *hydro-aktiv* terhadap ion Mg^{2+} 450 ppm

Waktu (menit)	<i>Hydro-aktiv</i>	
	Ce (ppm)	Qe (mg/g)
15	33,1024	83,3795
30	31,1283	83,7743
45	31,1489	83,7702
60	30,2778	83,9444
75	30,1077	83,9785



Gambar 4. 13 grafik t vs Qe ion Mg^{2+}

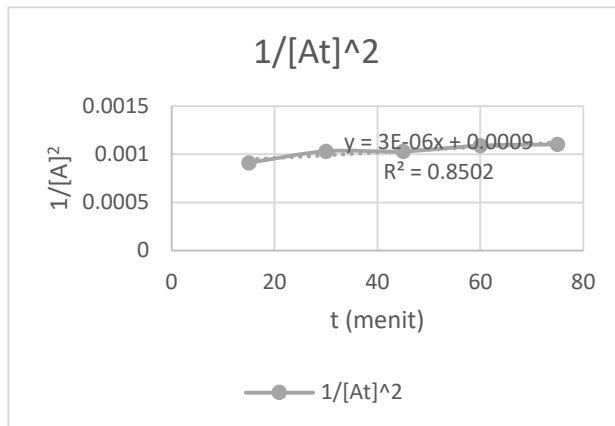
Tabel 4.14 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum ion Mg^{2+} *hydro-aktiv* terjadi pada waktu 75 menit, dengan kapasitas adsorpsi ion Mg^{2+} *hydro-aktiv* mencapai 83,9785 mg/g. Hal ini juga didukung dengan adanya waktu setimbang yang terjadi pada menit 60 dan 75. Sebagaimana dalam penelitian Sobirin et al (2016) dikatakan bahwa waktu kesetimbangan tercapai ketika kenaikan kadar adsorbat yang teradsorpsi mencapai titik maksimumnya, sehingga penambahan waktu kontak tidak akan mempengaruhi

penurunan kadar adsorbat dalam sampel. Penentuan orde reaksi pada penelitian berdasarkan pada nilai koefisien regresi linear (R^2) yang paling kuat atau mendekati satu. Penentuan orde reaksi dapat dilihat pada tabel 4.15.

Tabel 4. 15 penentuan orde reaksi ion Mg^{2+} *hydro-aktiv*

Orde	Persamaan Laju Reaksi	R ²
0	$y = -0,0456x + 33,205$	0,8267
½	$y = -0,0041x + 5,7636$	0,8307
1	$y = -0,0014x + 3,5035$	0,8347
1 ½	$y = 0,0001x + 0,1734$	0,8386
2	$y = 0,00005x + 0,0301$	0,8425
3	$y = 0,000003x + 0,0009$	0,8502

Berdasarkan hasil persamaan kinetika laju reaksi pada tabel 4.15 hidrochar *hydro-aktiv* pada ion Mg^{2+} adalah orde 3. Hal ini karena nilai koefisien regresi linear (R²) nya paling kuat, yaitu 0,8502. Orde 3 menandakan bahwa laju reaksi berbanding langsung dengan pangkat tiga konsentrasi dari suatu reaktan (Mon et al., 2012). Gambar 4.14 adalah kurva persamaan laju reaksi orde 3.



Gambar 4. 14 kurva orde reaksi orde 3 ion Mg^{2+} *hydro-aktiv*

Dari orde reaksi 3 diperoleh persamaan $y = -0,000003x + 0,0009$. Orde reaksi 0 memiliki persamaan umum sebagai berikut:

$$\frac{1}{[A]_t^2} = 2k_3t + \frac{1}{[A]_0^2}$$

Berdasarkan persamaan umum orde reaksi 3, y merupakan interpretasi nilai satu per dari konsentrasi sisa ion Mg^{2+} $[A]_t$, 0,000003 merupakan nilai slope yang menyatakan konstanta laju reaksi pada orde 3 (k_3), x menyatakan waktu reaksi yang berlangsung (t), dan nilai 0,0009 merupakan intersep yang menyatakan nilai satu per dari konsentrasi awal ion Mg^{2+} $[A]_0$. Dari data yang diperoleh *hydro-aktiv* dalam

mengadsorp ion Mg^{2+} 450 ppm memiliki konstanta laju reaksi sebesar $0,000003 \text{ menit}^{-1}$

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. *Hydrochar* dari kulit singkong berhasil disintesis menggunakan metode HTC dan memiliki gugus fungsi alkohol, aldehida, alkana, alkuna, dan asam karboksilat. Morfologi pada *hydrochar* aktivasi berbentuk potongan lebih kecil sehingga memiliki pori yang cenderung lebih besar. *Hydrochar* aktivasi memiliki luas permukaan yang lebih besar dibanding dengan *hydrochar* tanpa aktivasi (2009, 3316 m²/g menjadi 1805, 8716 m²/g).
2. *Hydrochar* aktivasi sebagai adsorben memiliki kemampuan lebih baik dalam mengadsorp *water softener* dibanding dengan *hydrochar* tanpa aktivasi. Kapasitas adsorpsi *hydro-aktiv* terhadap ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} yaitu 85,240 mg/g dan 87,210 mg/g. Sedangkan kapasitas adsorpsi *hydro-non* terhadap ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} yaitu 84,736 mg/g dan 85,713 mg/g.
3. *Hydro-aktiv* lebih baik dalam mengadsorp ion Mg^{2+} karena kinetika laju reaksi berlangsung pada orde 3 dan memiliki konstanta laju reaksi sebesar 0,000003 menit⁻¹. Sedangkan

kinetika laju reaksi *hydrochar* aktivasi dalam mengadsorpsi ion Ca^{2+} berlangsung pada orde 0 dan memiliki konstanta laju reaksi sebesar 0,0324 menit⁻¹.

B. Saran

Penelitian selanjutnya perlu disarankan untuk melakukan pengujian kembali parameter adsorpsinya serta menambah variabel dalam penentuan kondisi optimum. Penambahan karakterisasi menggunakan instrument lain juga disarankan, misalnya TEM, SEM-EDX, XRD, dan SAA.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2009). Pengantar Nanosains. *Tesis*. Institut Teknologi Bandung.
- Afifaturrochmaniah. (2020). Adsorpsi Air Suddah Menggunakan Media Geopolimer Berbasis Kaolin. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- BSN, B. S. N. (2004). *Air dan Air Limbah – Bagian 13: Cara Uji Kalsium (Ca) dengan Metode Titrimetri*. Air Dan Air Limbah. http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/6992
- Cahyono, S. B. (2009). BATU GINJAL. Bandung: Konisius. <http://katalogarpusdaprovjateng.perpusnas.go.id/detail-opac?id=79984>
- Calvino-Casilda, V., Mul, G., Fernández, J. F., Rubio-Marcos, F., & Bañares, M. A. (2011). Monitoring the catalytic synthesis of glycerol carbonate by real-time attenuated total reflection FTIR spectroscopy. *Applied Catalysis A: General*, 409–410, 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2011.09.036>
- Demir-Cakan, R., Baccile, N., Antonietti, M., & Titirici, M. M. (2009). Carboxylate-rich carbonaceous materials via one-step hydrothermal carbonization of glucose in the presence of

acrylic acid. *Chemistry of Materials*, 21(3), 484–490.
<https://doi.org/10.1021/cm802141h>

Fadilah, R. A. (2018). Pencairan Hidrotermal Biomassa Cangkang Kelapa Sawit menjadi Bio-Crude Oil dalam Kondisi Superkritis. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Fendi. (2011). Pengaruh Katalis pada Proses Karbonisasi Hidrotermal Pati Singkong. *Tesis*. Institut Pertanian Bogor.

Funke, A., & Ziegler, F. (2010). Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 4(3), 160–177. <https://doi.org/10.1002/bbb>

Girgis, B. S., Yunis, S. S., & Soliman, A. M. (2002). Characteristics of activated carbon from peanut hulls in relation to conditions of preparation. *Materials Letters*, 57(1), 164–172. [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(02\)00724-3](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(02)00724-3)

Hartini, L. (2014). Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl dari Ampas Tahu. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

- Hendra, R. (2008). Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Indonesia dengan Metode Aktivasi Fisika dan Karakteristiknya. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- Hitzl, M., Corma, A., Pomares, F., & Renz, M. (2015). The hydrothermal carbonization (HTC) plant as a decentral biorefinery for wet biomass. *Catalysis Today*, 257(Part 2), 154–159. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2014.09.024>
- Husaini, & Soenara, T. (2006). Pengurangan Kesadahan Ca, Mg dan Logam Berat Fe, Mn, Zn dalam Bahan Baku Air Minum dengan Menggunakan Zeolit Asa Cikalong, Tasikmalaya. *Jurnal Zeolit Indonesia*, 5(1), 1–13. <http://journals.itb.ac.id/index.php/jzi/article/download/1682/977>
- Ikawati, & Melati. (2009). Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati. *Laporan Pengabdian*, 1, 1–8.
- Iryani, A., Maulana, I., & Nashrianto, H. (2017). Pemanfaatan Ampas Teh sebagai Adsorben Ion Kalsium (Ca^{2+}) dan Ion Magnesium (Mg^{2+}) dalam Air Sadah. *Jurnal Kimia*, 1, 1–7.
- Izzah, A. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Biochar dari Kulit Singkong (*Manihot Esculenta* Crantz) Termodifikasi Surfaktan Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) sebagai Adsorben

terhadap Limbah Metilen Biru. *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia.

<https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/16381>

Jain, A., Balasubramanian, R., & Srinivasan, M. P. (2016). Hydrothermal conversion of biomass waste to activated carbon with high porosity: A review. *Chemical Engineering Journal*, 283(August), 789–805. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.08.014>

Kecili, R., & Hussain, C. M. (2018). Mechanism of adsorption on nanomaterials. In *Nanomaterials in Chromatography: Current Trends in Chromatographic Research Technology and Techniques*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812792-6.00004-2>

Khanifa, L. N. (2019). Uji Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu²⁺ menggunakan Hidrochar Eichhornia crassipes Termodifikasi H₂O₂. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Walisongo.

Khopkar, S. M. (2002). Konsep Dasar Kimia Analitik. UI-Press.

Kilo, J. La. (2008). Analisa Tingkat Kesadahan Air Tanah di Lingkungan Universitas Muhammadiyah Gorontalo. *Jurnal Ilmia UMG*, 7(1), 57–66.

- Kumari, B. K. (2016). A Study on the Estimation of Hardness in Ground Water Samples by EDTA Titrimetric Method. *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 9(10 (1)), 4505–4507. <https://doi.org/10.9790/5736-0910012628>
- Labanu, R. S., Iqbal, H., & Farhamsa, D. (2015). Proyeksi Pemetaan Sebaran Kesadahan Air Tanah di Kota Palu Berbasis Web Menggunakan Aplikasi Google Maps API. *Gravitasi*, 14(1), 60–67.
- Lalena, J. N., & Cleary, D. A. (2005). *Principles Of Inorganic Materials Design*. 27 January 2005. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/0471714895>
- Laos, L. E., & Selan, A. (2016). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. 1(1), 32–36.
- Liu, L., Luo, X. B., Ding, L., & Luo, S. L. (2018). Application of Nanotechnology in the Removal of Heavy Metal From Water. In *Nanomaterials for the Removal of Pollutants and Resource Reutilization*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814837-2.00004-4>

- Maihendra, Fadli, A., & Zultiniar. (2016). Kinetika Adsorpsi pada Penjerapan Ion Timbal Pb^{2+} Terlarut dalam Air Menggunakan Partikel Tricalcium Phosphate. *Jom FTEKNIK*, 3(2), 1–5.
- Maulidah. (2015). Studi Adsorpsi ABS (Alkyl Benzene Sulphonate) dari Limbah Rumah Tangga Desa Ngadirgo Menggunakan Arang Tempurung Kelapa (Coconut Shells). *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2017). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*, 1–20.
- Mon, I., Yerimadesi, & Hardeli. (2012). *Kimia Fisika (Kinetika Kimia)* (A. Ali (ed.); pp. 1–185). UNP Press.
- Munawaroh, I. (2012). Pemanfaatan Bonggol Jagung sebagai Sdsorben Rhodamin B dan Metanil Yellow. *Skripsi*. UIN Sunan Kalijaga.

- Naghsh, M., & Shams, K. (2017). Applied Clay Science Synthesis of a kaolin-based geopolymer using a novel fusion method and its application in effective water softening. *Applied Clay Science*, 146(June), 238–245. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.06.008>
- Nakason, K., Panyapinyopol, B., Kanokkantapong, V., Viriyapempikul, N., Kraithong, W., & Pavasant, P. (2018). Characteristics of hydrochar and liquid fraction from hydrothermal carbonization of cassava rhizome. *Journal of the Energy Institute*, 91(2), 184–193. <https://doi.org/10.1016/j.joei.2017.01.002>
- Nofiantri, & Amini, R. (2018). Konsumsi Air dengan Kandungan Sedimen Urin di Kecamatan Ternate Utara. *Hospital Majapahit*, 10(1), 30–42.
- Nurlia, N., Anas, M., & Erniwati, E. (2020). Analisis Variasi Temperatur Aktivasi Terhadap Struktur Kristalin Arang Aktif Dari Tandan Aren (Arenga Pinnata Merr) Dengan Agen Aktivasi Potassium Silicate (K₂SiO₃). *Jurnal Kimia*, 3(1), 1–6.
- Oscik, J. (1991). *Adsorption, Edition Cooper*. <https://catalogue.nla.gov.au/Record/73198>

- Prayitno. (2007). Kajian Kinetika Kimia Model Matematik Reduksi Kadmium Melalui Laju Reaksi, Konstante dan Orde Reaksi dalam Proses Elektrokimia. *Ganendra*, 10(1), 34.
- Putri, A. A. R., P, E. R., & R, F. (2017). Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Arang Aktif dengan Variasi Konsentrasi NaOH dan Suhu. *Jurnal Konversi*, 6(1), 7–10.
- Raimi, N. F. (2010). Perbandingan Kesan di antara Air Mineral biasa, Air Isotonik dan Air Zam Zam ke atas Pengekalan Air dalam Badan dan Perkaitannya dengan Specific Gravity Air Kencing Ketika Melakukan Larian Jarak Jauh. *Tesis*. Universitas Teknologi Malaysia.
- Sadaka, S., Sharara, M. A., Ashworth, A., Keyser, P., Allen, F., & Wright, A. (2014). Characterization of Biochar from Switchgrass Carbonization. *Journal of the Energy Institute*, 7, 548–567. <https://doi.org/10.3390/en7020548>
- Sadat-Shojai, M., Atai, M., & Nodehi, A. (2010). Method for Production of Biocompatible Nanoparticles Containing Dental Adhesive. *United States Patent*, 2(12). <https://www.surechembl.org/document/US-20100166680-A1>

- Sahara, E., Permatasaari, D. E., & Suarsa, I. W. (2019). Pembuatan dan Karakterisasi Arang aktif dari Batang Limbah Tanaman Gunitir dengan Aktivator ZnCl₂. *Jurnal Kimia*, 13(1), 95. <https://doi.org/10.24843/jchem.2019.v13.i01.p15>
- Sartika, N. D., Sa'id, E. G., Machfud, Sunarti, T. C., & Pari, G. (2014). Kajian Pembuatan Arang AKtif Berbahan Baku Bagas Tebu melalui Kombinasi Proses Karbonisasi Hidrotermal dan Aktivitas Kimia. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 24(2), 157–165.
- Sevilla, M., & Fuertes, A. B. (2009). The production of carbon materials by hydrothermal carbonization of cellulose. *Carbon*, 47(9), 2281–2289. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2009.04.026>
- Sevilla, M., & Fuertes, A. B. (2010). Graphitic carbon nanostructures from cellulose. *Chemical Physics Letters*, 490(1–3), 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2010.03.011>
- Shah, I., & Adnan, R. (2014). A Review of the Use of Silver Nanoparticles in Environment Common Pollutants in Water System. *International Journal of Chemistry*, 35(1), 1459–1471.

- Smith, A. M., Singh, S., & Ross, A. B. (2016). Fate of inorganic material during hydrothermal carbonisation of biomass: influence of feedstock on combustion behaviour of hydrochar. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 6, 1–32.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.12.006>
- Sobirin, M., Yulianto, A., & Aji, M. P. (2016). Efek Penambahan Karbon Aktif pada Magnetit dari Pasir Besi Sebagai Adsorpsi Ion Kalsium dalam Air. *Unnes Physics Journal*, 5(2), 42–50.
- Sulaiman, F., Septiani, M., Aliyasih, S., & Huda, N. (2019). Effectiveness of a Cassava Peel Adsorbent on the Absorption of Copper (Cu^{2+}) and Zinc (Zn^{2+}) Metal Ions. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 9(4), 1296–1301.
<https://doi.org/10.18517/ijaseit.9.4.8990>
- Sulistiyani, Sunarto, & Fillaeli, A. (2012). Uji Kesadahan Air Tanah Di Daerah Sekitar Pantai Kecamatan Rembang Propinsi Jawa Tengah. *Jurnal Sains Dasar*, 1(1), 33–38.
<https://doi.org/10.21831/jsd.v1i1.2362>

- Suryandoko, J. (2009). *Perbedaan Penambahan Beberapa Dosis Larutan Kapur (CaOH)₂ dalam Menurunkan Kesadahan Air Sumur Gali di Desa Wulung Kecamatan Randu Blatung Kabupaten Blora.*
- Taib, L., Hiola, R. P., & Kadir, S. (2009). Uji Efektifitas Karbon Aktif Kulit Singkong Mentega (Manihot Esculenta) dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Tahu. *Jurnal Kimia*, 1, 1–10.
- Tang, M. M., & Bacon, R. (1964). Carbonization of cellulose fibers-I. Low temperature pyrolysis. *Carbon*, 2(3), 211–220. [https://doi.org/10.1016/0008-6223\(64\)90035-1](https://doi.org/10.1016/0008-6223(64)90035-1)
- Tang, Z., Lim, S., Pang, Y., Ong, H., & Lee, K. (2018). Synthesis of biomass as heterogeneous catalyst for application in biodiesel production: State of the art and fundamental review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92(July 2017), 235–253. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.056>
- Thomauske, K., Weber, C., Hornung, A., & Schro, E. (2007). *Experiments on the generation of activated carbon from biomass.* 79, 106–111. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2006.10.015>

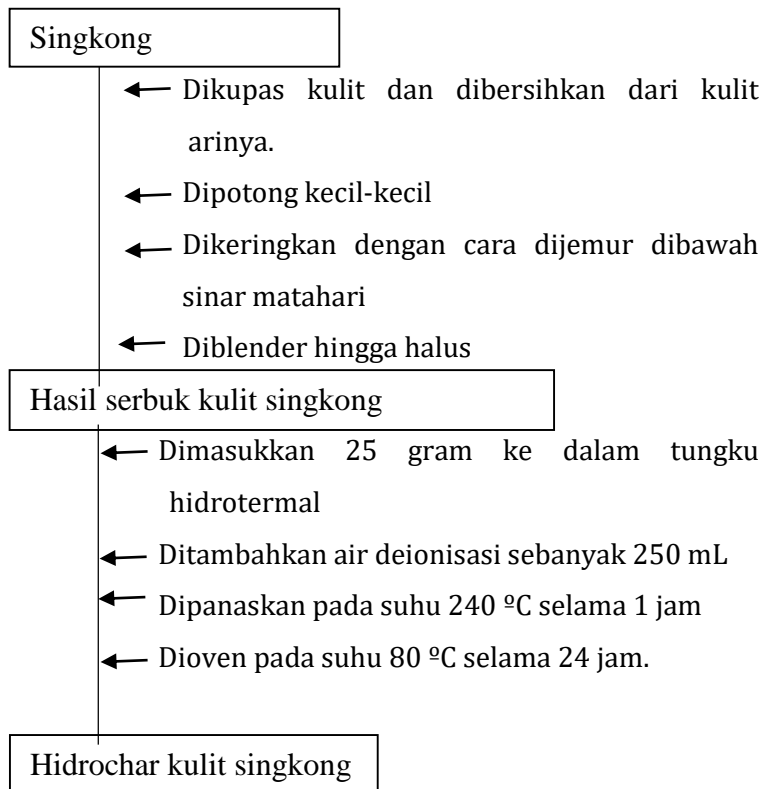
- Titirici, M. M., White, R. J., Falco, C., & Sevilla, M. (2012). Black perspectives for a green future: Hydrothermal carbons for environment protection and energy storage. *Energy and Environmental Science*, 5(5), 6796–6822. <https://doi.org/10.1039/c2ee21166a>
- Tran, H. N., Huang, F. C., Lee, C. K., & Chao, H. P. (2017). Activated carbon derived from spherical hydrochar functionalized with triethylenetetramine: Synthesis, characterizations, and adsorption application. *Green Processing and Synthesis*, 6(6), 565–576. <https://doi.org/10.1515/gps-2016-0178>
- Udaibah, W. (2017). Rancang Bangun Pilot Plan Instalasi Pengolahan Air Bersih Menggunakan ASWAJA (Adsorbent Waste Jerakah) Di Jerakah Tugu Semarang. *Laporan Pengabdian*. Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Ustamuni, Nurliana, L., & Musta, R. (2019). Application and Kinetics Study of Fractination Pyrolysis Product from Cashew Nut Shell As Antifungal of *Candida albicans*. *J. Chemical Analysis*, 2(2), 47–53.
- Wilk, M., Śliz, M., & Gajek, M. (2021). The effects of hydrothermal carbonization operating parameters on high-value hydrochar derived from beet pulp. *Renewable Energy*, 177, 216–228. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.112>

- Xue, Y., Gao, B., Yao, Y., Inyang, M., Zhang, M., Zimmerman, A. R., & Ro, K. S. (2012). Hydrogen peroxide modification enhances the ability of biochar (hydrochar) produced from hydrothermal carbonization of peanut hull to remove aqueous heavy metals : Batch and column tests. *Chemical Engineering Journal*, 200–202, 673–680. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.06.116>
- Yanti, N., Anas, M., & Eso, R. (2020). Pengaruh Variasi Ukuran Bulir dan Waktu Aktivasi Terhadap Daya Serap Arang Tandan Aren Pada Iodium (I₂) dan Metilen Blue (MB). *Jurnal Penelitian Pendidikan Fisika*, 5(1), 78. <https://doi.org/10.36709/jipfi.v5i1.10541>
- Yazid, E. A., & Afda'u, A. F. (2016). Penurunan Kesadahan dengan Pendidihan pada Air Sumur Gali di Desa Sidokumpul, Kecamatan Bungah, Gresik. *Jurnal Sains*, 6(12), 15–20.
- Zhang, F., Wang, X., Xionghui, J., & Ma, L. (2016). Efficient arsenate removal by magnetite-modified water hyacinth biochar. *Environmental Pollution*, 216, 575–583. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.013>

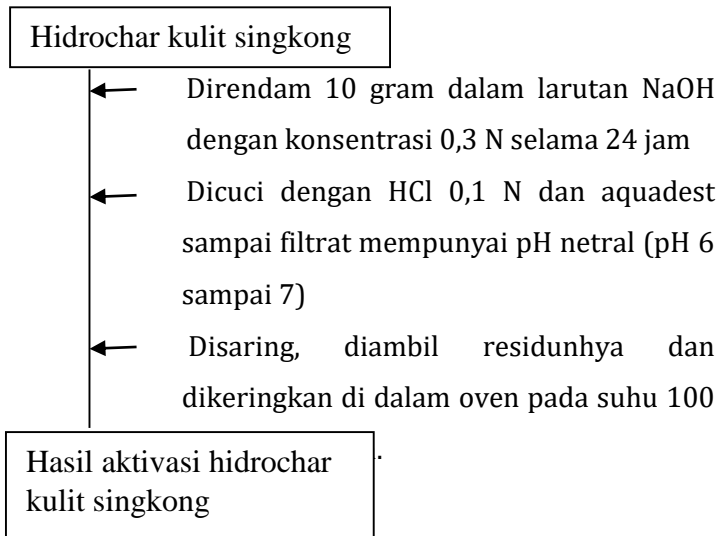
Zhu, Y., Chang, Z., Pang, J., & Xiong, C. (2011). Synthesis of Zeolite 4A from kaolin and bauxite by alkaline fusion at low temperature. *Materials Science Forum*, 685, 298–306. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.685.298>

Lampiran 1: Skema Prosedur Kerja

1. Sintesis Hidrochar



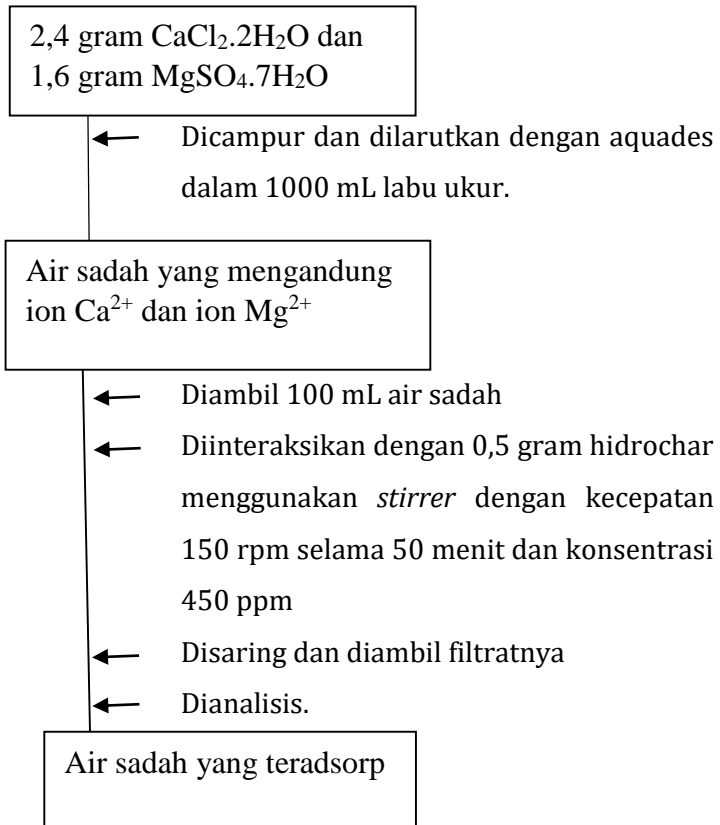
2. Proses Aktivasi

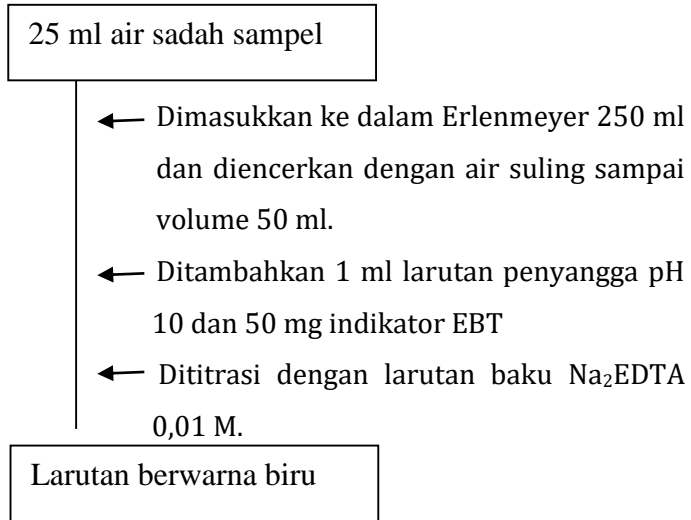
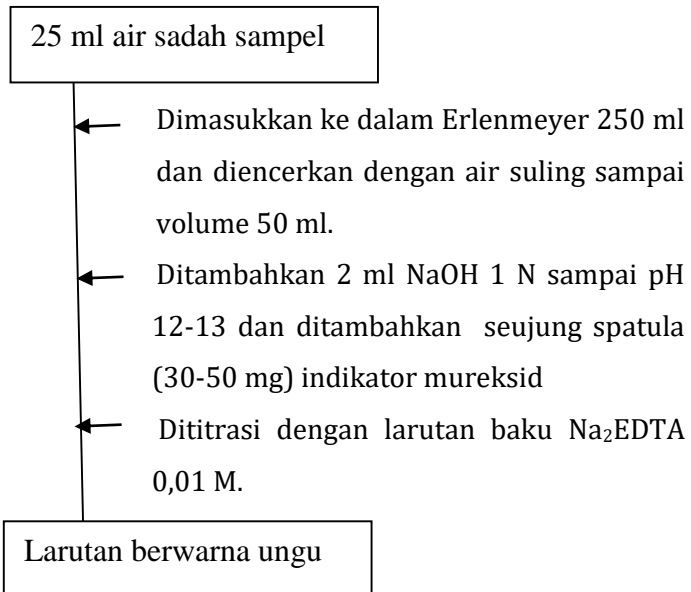


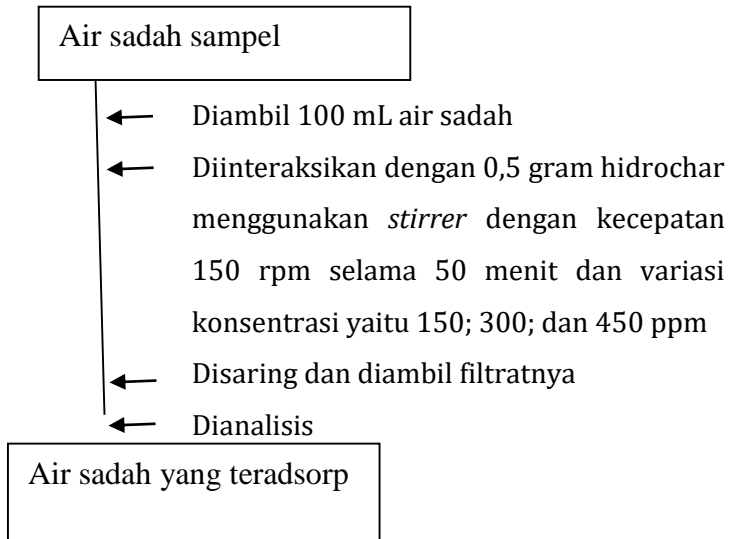
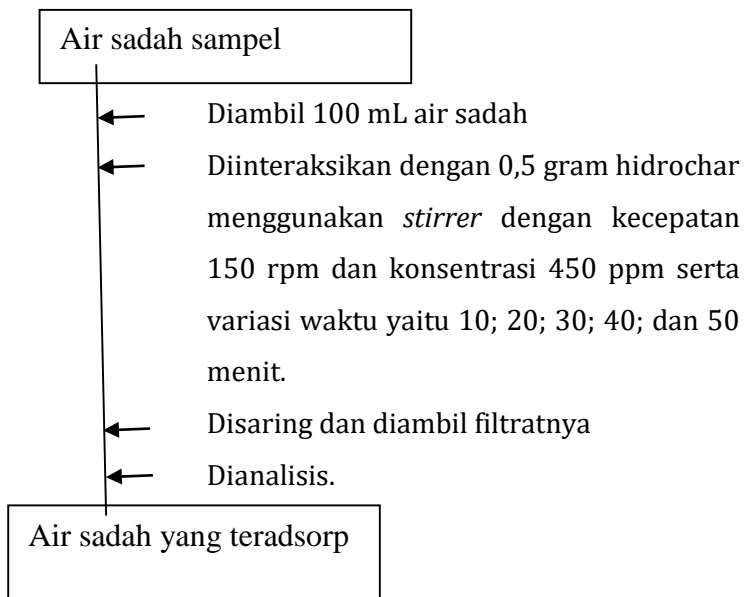
3. Karakterisasi



4. Adsorpsi Air Sadah



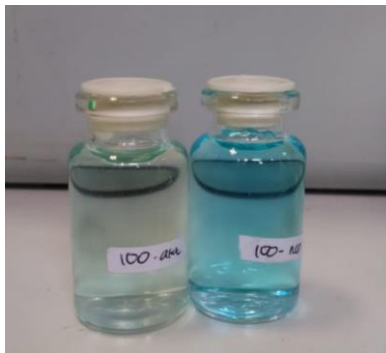
a) Penentuan Kesadahan Total**b) Penentuan Kadar Kesadahan Kalsium**

c) Penentuan Kapasitas Adsorpsi**d) Penentuan Kinetika Adsorpsi**

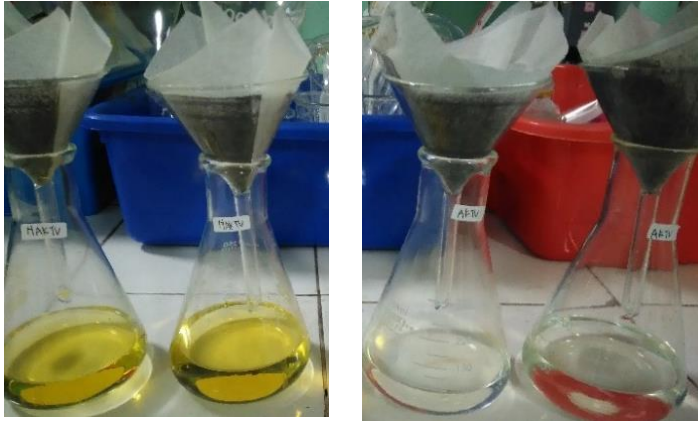
Lampiran 2: Proses Penelitian



Uji Kadar Air, Kadar Abu, Kadar
Zat Volatile, dan Kadar Karbon
Terikat



Uji Metilen Blue



Hasil Adsorpsi pada Air Sadah dengan *Hydrochar*



Sampel Air Sadah
Sebelum titrasi Na_2EDTA
(merah anggur)



Sampel Air Sadah Setelah
Titrasi Na_2EDTA (Biru)



Sampel Ca^{2+} Sebelum
titrasi Na_2EDTA (merah
muda)



Sampel Ca^{2+} Setelah
titrasi Na_2EDTA (ungu)

Lampiran 3: Analisi Data

1. Daya Serap Metilen Biru

$$y = 0,1992x - 0,0544$$

$$y = bx + a$$

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi			Jumlah	Rata2
	1	2	3		
200	0.494	0.496	0.498	1.488	0.496
200-non	0.303	0.301	0.300	0.904	0.301333
200-aktv	0.282	0.279	0.277	0.838	0.279333

a. Perhitungan Konsentrasi Awal Metilen Biru

$$y = 0,1992x - 0,0544$$

$$0,496 = 1992x - 0,0544$$

$$0,496 + 0,0544 = 0.1992x$$

$$0,5504 = 0,1992x$$

$$x = \frac{0,5504}{0,1992}$$

$$x = 2,763$$

Perlakuan pengenceran 100 kali

$$x = 2,763 \times 100$$

$$x = 276,3 \text{ mg/L}$$

b. Perhitungan Sisa Metilen Biru pada Filtrat

1) Hydro-non:

$$y = 0,1992x - 0,0544$$

$$0,301 = 1992x - 0,0544$$

$$0,301 + 0,0544 = 0,1992x$$

$$0,3554 = 0,1992x$$

$$x = \frac{0,3554}{0,1992}$$

$$x = 1,7841 \text{ mg/L}$$

Perlakuan pengenceran 100 kali

$$x = 1,7841 \times 100$$

$$x = 178,4 \text{ mg/L}$$

2) Hydro-aktiv

$$y = 0,1992x - 0,0544$$

$$0,279 = 1992x - 0,0544$$

$$0,279 + 0,0544 = 0,1992x$$

$$0,3334 = 0,1992x$$

$$x = \frac{0,3334}{0,1992}$$

$$x = 1,6737 \text{ mg/L}$$

Perlakuan pengenceran 100 kali

$$x = 1,6737 \times 100$$

$$x = 167,37 \text{ mg/L}$$

c. Kapasitas Adsorpsi (q_e)

1) Hydro-non

$$q_e = (C_0 - C_e) mg/L \times \frac{v (L)}{m (g)}$$

$$q_e = (276,3 - 178,4) \times \frac{0,05}{0,01}$$

$$q_e = 97,9 \times \frac{0,05}{0,01}$$

$$q_e = 489,5 mg/g$$

2) Hydro-aktv

$$q_e = (C_0 - C_e)mg/L \times \frac{v (L)}{m (g)}$$

$$q_e = (276,3 - 167,37) \times \frac{0,05}{0,01}$$

$$q_e = 108,93 \times \frac{0,05}{0,01}$$

$$q_e = 544,65 mg/g$$

d. Luas Permukaan Adsorben

$$S = \frac{q_e \times N \times a}{Mr}$$

Dimana:

S : luas permukaan adsorben (m^2/g)

q_e : berat adsorben teradsorpsi (mg/g)

N : bilangan Avogadro ($6,002 \times 10^{23}$)

a : luas penutupan oleh 1 molekul metilen biru (197×10^{-20})

Mr : massa molekul relative metilen biru (320,5 g/mol)

1) Hydro-non

$$S = \frac{q_e \times N \times a}{Mr}$$

$$S = \frac{489,5 \times 10^{-3} \frac{g}{g} \times 6,002 \times 10^{-23} \text{ mol}^{-1} \times 197 \times 10^{-20} m^2}{320,5 \frac{g}{mol}}$$

$$S = 1805,8716 m^2/g$$

2) Hydro-aktv

$$S = \frac{q_e \times N \times a}{Mr}$$

$$S = \frac{544,65 \times 10^{-3} \frac{g}{g} \times 6,002 \times 10^{-23} \text{ mol}^{-1} \times 197 \times 10^{-20} m^2}{320,5 \frac{g}{mol}}$$

$$S = 2009,3316 m^2/g$$

2. Kapasitas Adsorpsi (Q_e)

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

Dimana:

- Q_e : kapasitas adsorpsi (mg/g)
 C_0 : konsentrasi awal (mg/L)
 C_e : konsentrasi akhir (mg/L)
 V : volume larutan (L)
 m : massa adsorben (gram)

a. Variasi Konsentrasi pada Ion Ca^{2+}

- 1) Konsentrasi ion Ca^{2+} 100 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (100 - 8,68) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 91,32 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 18,264 \text{ mg/g}$$

- 2) Konsentrasi ion Ca^{2+} 100 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (100 - 6,44) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 93,56 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 18,712 \text{ mg/g}$$

3) Konsentrasi ion Ca^{2+} 150 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (150 - 11,76) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 138,24 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 27,648 \text{ mg/g}$$

4) Konsentrasi ion Ca^{2+} 150 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (150 - 9,25) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 140,75 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 28,096 \text{ mg/g}$$

5) Konsentrasi ion Ca^{2+} 200 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (200 - 65,6) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 134,4 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 26,88 \text{ mg/g}$$

6) Konsentrasi ion Ca^{2+} 200 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (200 - 65,32) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 134,68 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 26,936 \text{ mg/g}$$

7) Konsentrasi ion Ca^{2+} 300 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (300 - 21) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 279 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 55,8 \text{ mg/g}$$

8) Konsentrasi ion Ca^{2+} 300 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (300 - 21) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 279 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 55,8 \text{ mg/g}$$

9) Konsentrasi ion Ca^{2+} 450 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 32,76) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 417,24 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,448 \text{ mg/g}$$

10) Konsentrasi ion Ca^{2+} 450 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,08) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,92 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,784 \text{ mg/g}$$

b. Variasi Konsentrasi pada Ion Mg^{2+}

1) Konsentrasi ion Mg^{2+} 100 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (100 - 8,1648) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 91,8352 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 18,3670 \text{ mg/g}$$

2) Konsentrasi ion Mg^{2+} 100 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (100 - 6,1236) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 93,8764 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 18,7753 \text{ mg/g}$$

3) Konsentrasi ion Mg^{2+} 150 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (150 - 12,5874) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 137,4126 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 27,48252 \text{ mg/g}$$

4) Konsentrasi ion Mg^{2+} 150 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (150 - 11,5668) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 138,4332 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 27,68664 \text{ mg/g}$$

5) Konsentrasi ion Mg^{2+} 200 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (200 - 14,2884) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 185,7116 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 37,1423 \frac{mg}{g}$$

- 6) Konsentrasi ion Mg^{2+} 200 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (200 - 12,7575) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 187,2425 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 37,4485 \text{ mg/g}$$

- 7) Konsentrasi ion Mg^{2+} 300 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (300 - 21,9429) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 278,0571 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 55,61142 \text{ mg/g}$$

- 8) Konsentrasi ion Mg^{2+} 300 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (300 - 21,2625) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 278,7375 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 55,7475 \text{ mg/g}$$

9) Konsentrasi ion Mg^{2+} 450 ppm pada hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,9788) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,0212 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,60424 \text{ mg/g}$$

10) Konsentrasi ion Mg^{2+} 450 ppm pada hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,2984) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,7016 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,74032 \text{ mg/g}$$

c. Variasi Waktu Kontak Hidrocar pada Ion Ca^{2+} 450

Ppm

1) 15 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 37,52) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 412,48 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 82,496 \text{ mg/g}$$

2) 15 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,64) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,36 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,672 \text{ mg/g}$$

3) 30 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 35,04) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 414,96 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 82,992 \text{ mg/g}$$

4) 30 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 30,52) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 419,38 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,896 \text{ mg/g}$$

5) 45 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 33,32) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 416,68 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,336 \text{ mg/g}$$

6) 45 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 30,8) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 419,2 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,84 \text{ mg/g}$$

7) 60 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 32,76) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 417,24 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,448 \text{ mg/g}$$

8) 60 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 30,24) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 419,76 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,952 \text{ mg/g}$$

9) 75 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 32,2) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 417,8 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,56 \text{ mg/g}$$

10) 75 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 29,4) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 420,06 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 84,12 \text{ mg/g}$$

11) 90 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,64) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,36 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,672 \text{ mg/g}$$

12) 90 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 29,68) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 420,32 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 84,064 \text{ mg/g}$$

d. Variasi Waktu Kontak Hidrocar pada Ion Mg^{2+} 450 Ppm

1) 15 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 33,2107) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 416,7929 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,3586 \text{ mg/g}$$

2) 15 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 33,1024) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 416,8976 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,3795 \text{ mg/g}$$

3) 30 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,9788) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,0212 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,60424 \text{ mg/g}$$

4) 30 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,1283) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 419,8717 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,77434 \text{ mg/g}$$

5) 45 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,6386) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,3614 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,87228 \text{ mg/g}$$

6) 45 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,1489) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,8511 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,77022 \text{ mg/g}$$

7) 60 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,6386) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,3614 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,67228 \text{ mg/g}$$

8) 60 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 30,2778) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 419,7222 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,9444 \text{ mg/g}$$

9) 75 menit hydro-non

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 31,4685) \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 418,5315 \times \frac{0,05}{0,25}$$

$$Q_e = 83,7063 \text{ mg/g}$$

10) 75 menit hydro-aktv

$$Q_e = (C_0 - C_e) \times \frac{V}{m}$$

$$Q_e = (450 - 30,1077) \times \frac{0,05}{0,25}$$

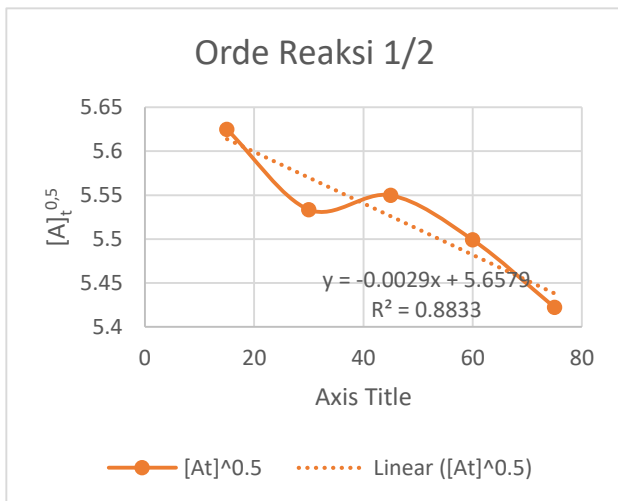
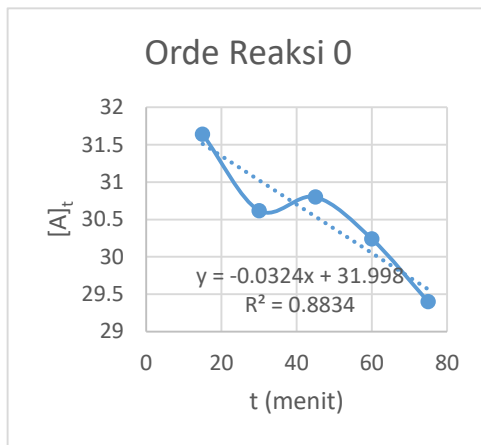
$$Q_e = 419,8923 \times \frac{0,05}{0,25}$$

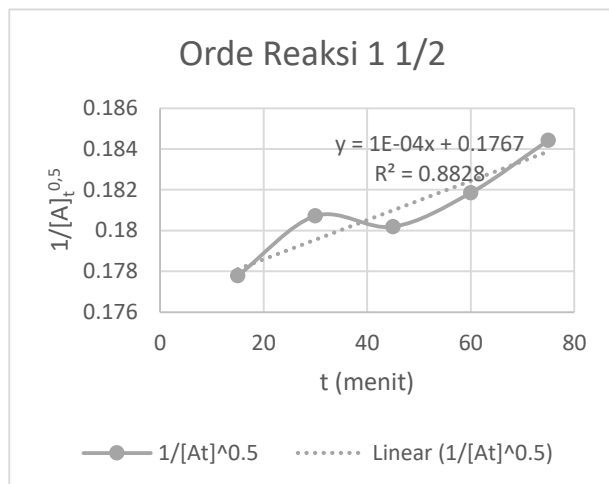
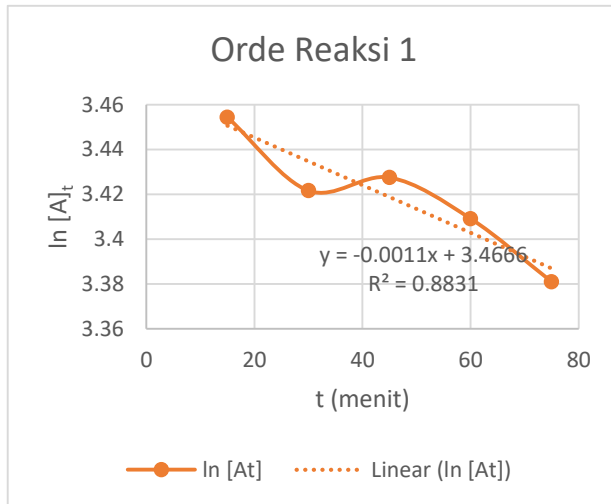
$$Q_e = 83,97846 \text{ mg/g}$$

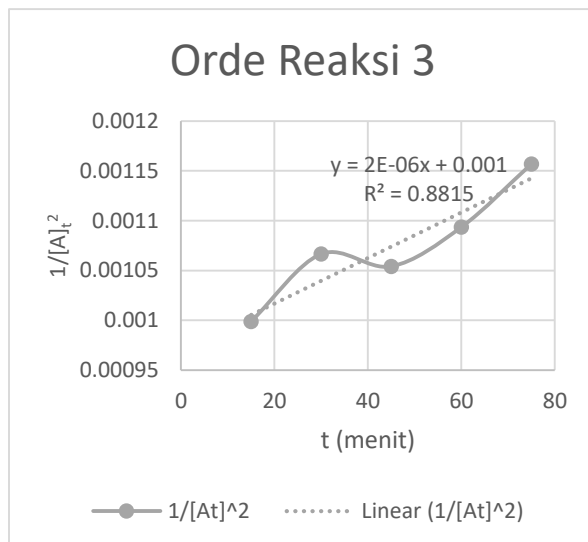
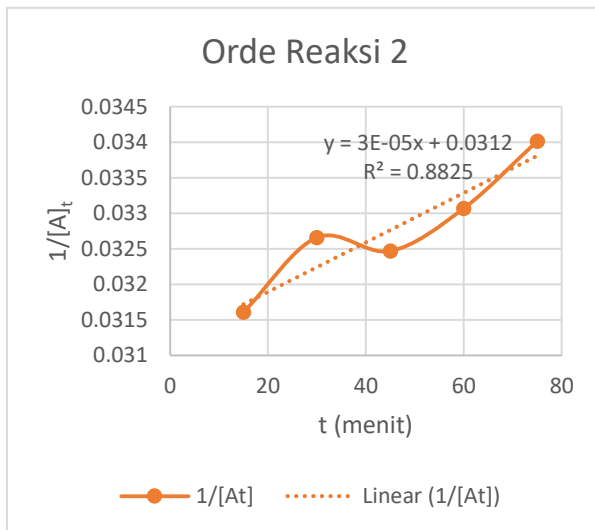
3. Kinetika Adsorpsi

a) Ion Ca^{2+} Hydro-aktv

Orde	Persamaan Laju Reaksi	R ²
0	$y = -0,0324x + 31,998$	0,8834
½	$y = -0,0029x + 5,6579$	0,8833
1	$y = -0,0011x + 3,4666$	0,8831
1 ½	$y = 0,0004x + 0,1767$	0,8828
2	$y = 0,00003x + 0,0312$	0,8825
3	$y = 0,000002x + 0,001$	0,8815

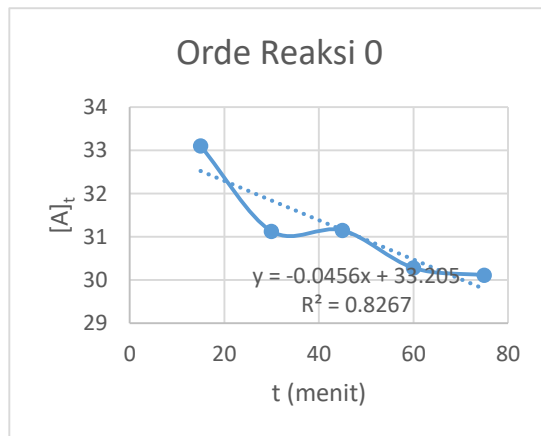


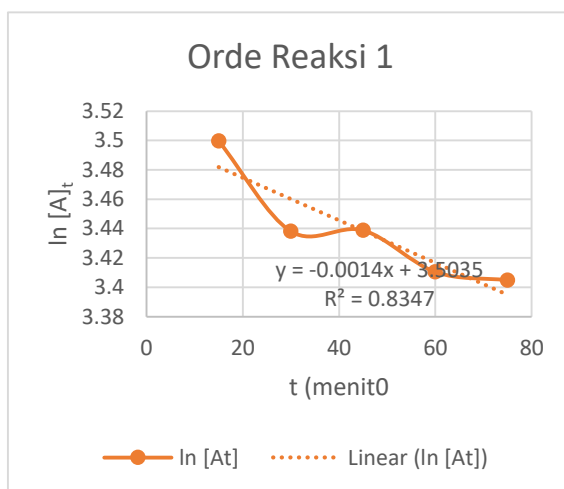
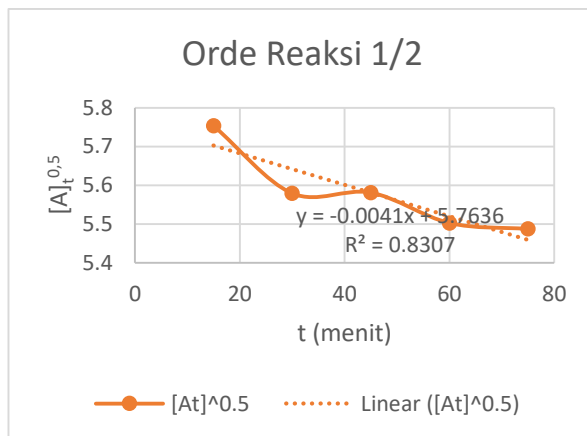


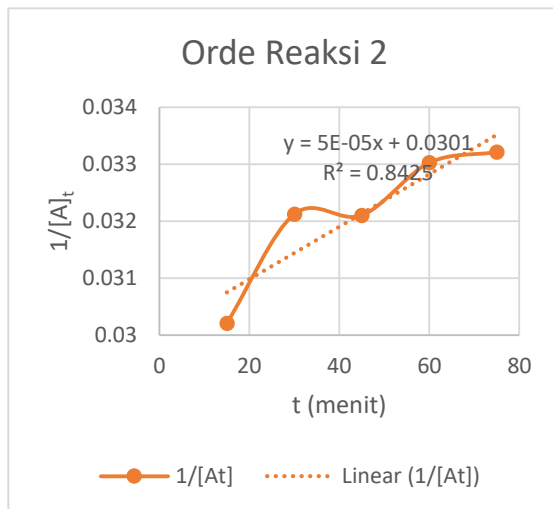
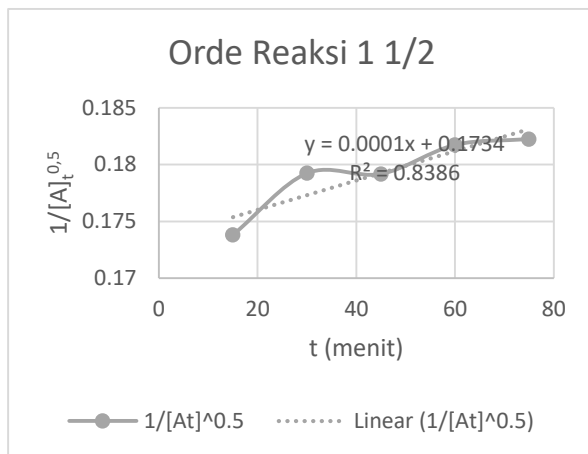


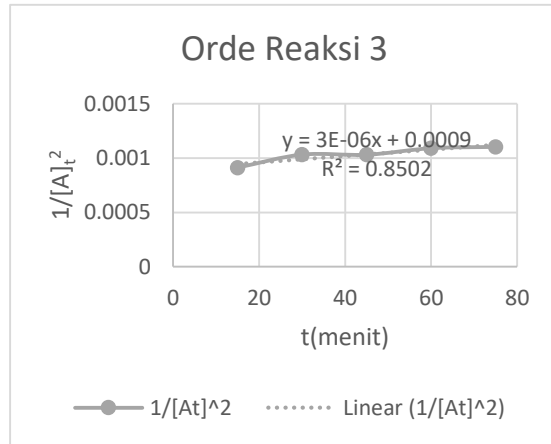
b) Ion Mg^{2+} Hydro-aktv

Orde	Persamaan Laju Reaksi	R ²
0	$y = -0,0456x + 33,205$	0,8267
½	$y = -0,0041x + 5,7636$	0,8307
1	$y = -0,0014x + 3,5035$	0,8347
1 ½	$y = 0,0001x + 0,1734$	0,8386
2	$y = 0,00005x + 0,0301$	0,8425
3	$y = 0,000003x + 0,0009$	0,8502









4. Isoterm Adsorpsi

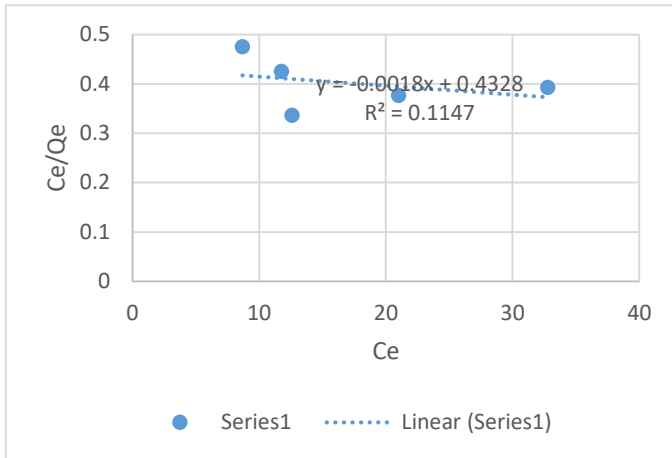
a) Ion Ca^{2+} (Hydro-Non)

- Isoterm Langmuir

Tabel. Isoterm Langmuir ion Ca^{2+} (hydro-non)

Konsentrasi Awal (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Ce/Qe
100	8,6800	18,2640	0,475251862
150	11,7600	27,6480	0,425347222
200	12,6000	37,4800	0,336179296
300	21,0000	55,8000	0,376344086
450	32,7600	83,4480	0,39257981

Berdasarkan data tabel di atas maka dapat dibuat kurva C_e vs C_e/Q_e dengan slope $1/q_m$ dan intersep adalah $1/K_L q_m$. Berikut merupakan kurva C_e vs C_e/Q_e



Gambar. Kurva C_e vs C_e/Q_e ion Ca^{2+} (hydro-non)

Berdasarkan gambar tersebut maka diperoleh persamaan isotherm Langmuir yaitu $y = -0,0018x + 0,4328$ dengan $R^2 = 0,1147$. Sedangkan untuk mencari nilai q_m dan K_L dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = -0,0018x + 0,4328$$

$$R^2 = 0,1147$$

$$a = \frac{1}{q_m}$$

$$-0,0018 = \frac{1}{q_m}$$

$$q_m = \frac{1}{-0,0018}$$

$$q_m = -555,5556$$

$$b = \frac{1}{K_L q_m}$$

$$0,4328 = \frac{1}{K_L \cdot (-555,5556)}$$

$$0,4328 \times (-555,5556) = \frac{1}{K_L}$$

$$-240,4445 = \frac{1}{K_L}$$

$$K_L = \frac{1}{-240,4445}$$

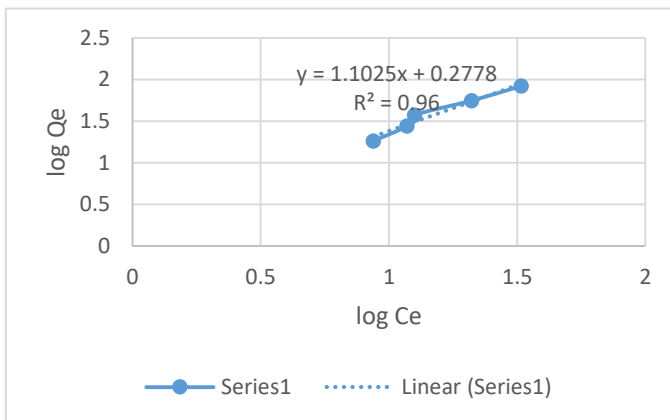
$$K_L = -0,004159$$

- Isoterm Freundlich

Tabel. Isoterm Freundlich ion Ca^{2+} (hydro-non)

Konsentrasi Awal (mg/L)	C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	$\log C_e$	$\log Q_e$
100	8.68	18.264	0.938519725	1.261595898
150	11.76	27.648	1.070407322	1.441663721
200	12.6	37.48	1.100370545	1.573799582
300	21	55.8	1.322219295	1.746634199
450	32.76	83.448	1.515343893	1.921415932

Berdasarkan data tabel di atas dapat dibuat kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ dengan slope $1/n$ dan intersep adalah $\log K_F$. Berikut adalah gambar kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$

Gambar. Kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ ion Ca^{2+} (hydro-non)

Berdasarkan gambar kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ diperoleh persamaan $y = 1,1025x + 0,2778$ dengan $R^2 = 0,96$. Sedangkan untuk mencari nilai n dan K_F maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 1,1025x + 0,2778$$

$$R^2 = 0,96$$

$$b = \log K_F$$

$$0,2778 = \log K_F$$

$$K_F = 10^{0,2778}$$

$$K_F = 1,8958$$

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

$$1,1025 = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{1,1025}$$

$$n = 0,9070$$

b) Ion Ca^{2+} (Hydro-Aktv)

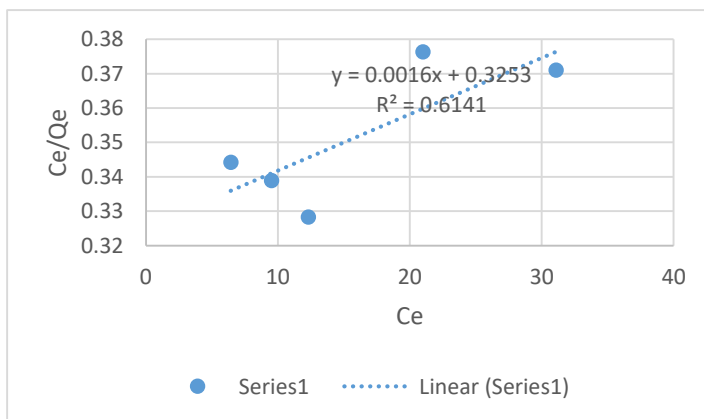
- Isoterm Langmuir

Tabel. Isoterm Langmuir ion Ca^{2+} (hydro-aktv)

Konsentrasi Awal (mg/L)	C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	C_e/Q_e
100	6.44	18.712	0.344164173
150	9.52	28.096	0.338838269
200	12.32	37.536	0.328218244
300	21	55.8	0.376344086
450	31.08	83.784	0.370953881

Berdasarkan data tabel di atas maka dapat dibuat kurva C_e vs C_e/Q_e dengan slope $1/q_m$ dan intersep adalah $1/K_L q_m$.

Berikut merupakan kurva C_e vs C_e/Q_e



Gambar. Kurva C_e vs C_e/Q_e ion Ca^{2+} (hydro-aktiv)

Berdasarkan gambar tersebut maka diperoleh persamaan isotherm Langmuir yaitu $y = 0,0016x + 0,3253$ dengan $R^2 = 0,6141$. Sedangkan untuk mencari nilai q_m dan K_L dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,0016x + 0,3253$$

$$R^2 = 0,6141$$

$$a = \frac{1}{q_m}$$

$$0,0016 = \frac{1}{q_m}$$

$$q_m = \frac{1}{0,0016}$$

$$q_m = 625$$

$$b = \frac{1}{K_L q_m}$$

$$0,3253 = \frac{1}{K_L \cdot (625)}$$

$$0,3253 \times (625) = \frac{1}{K_L}$$

$$203,3125 = \frac{1}{K_L}$$

$$K_L = \frac{1}{203,3125}$$

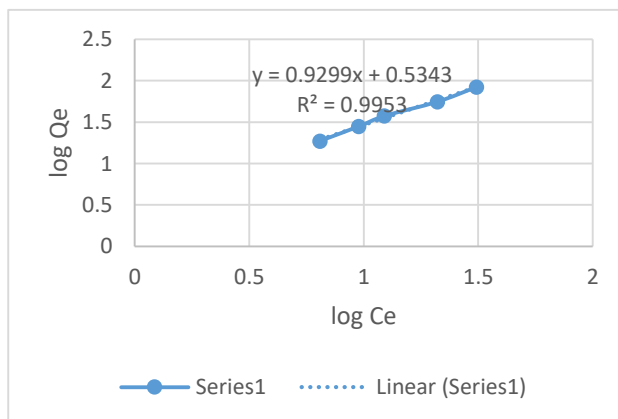
$$K_L = 0,004918$$

- Isoterm Freundlich

Tabel. Isoterm Freundlich ion Ca^{2+} (hydro-aktiv)

Konsentrasi Awal (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Log Ce	Log Qe
100	6.44	18.712	0.808885867	1.272120209
150	9.52	28.096	0.978636948	1.448644494
200	12.32	37.536	1.090610708	1.57444799
300	21	55.8	1.322219295	1.746634199
450	31.08	83.784	1.49248101	1.923161091

Berdasarkan data tabel di atas dapat dibuat kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ dengan slope $1/n$ dan intersep adalah $\log K_F$. Berikut adalah gambar kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$



Gambar. Kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ ion Ca^{2+} (hydro-aktiv)

Berdasarkan gambar kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ diperoleh persamaan $y = 0,9299x + 0,5343$ dengan $R^2 = 0,9953$. Sedangkan untuk mencari nilai n dan K_F maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,9299x + 0,5343$$

$$R^2 = 0,9953$$

$$b = \log K_F$$

$$0,5343 = \log K_F$$

$$K_F = 10^{0,5343}$$

$$K_F = 3,4222$$

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

$$0,9299 = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{0,9299}$$

$$n = 1,0754$$

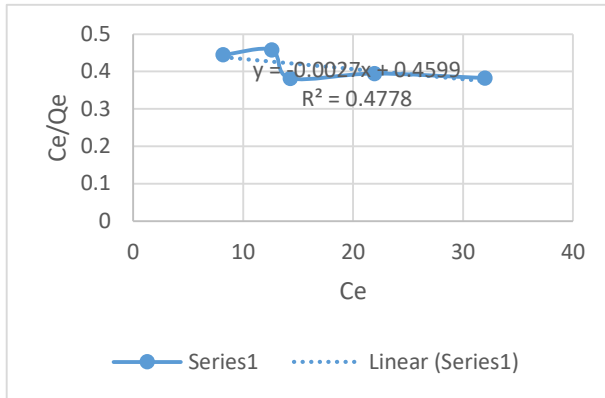
c) Ion Mg²⁺ (Hydro-Non)

- Isoterm Langmuir

Tabel. Isoterm Langmuir ion Mg²⁺ (hydro-non)

Konsentrasi Awal (mg/L)	C _e (mg/L)	Q _e (mg/g)	C _e /Q _e
100	8.1648	18.367	0.444536397
150	12.5874	27.48252	0.458014767
200	14.2884	37.4123	0.381917177
300	21.9429	55.61142	0.394575431
450	31.9788	83.60424	0.382502131

Berdasarkan data tabel di atas maka dapat dibuat kurva C_e vs C_e/Q_e dengan slope $1/q_m$ dan intersep adalah $1/K_L q_m$. Berikut merupakan kurva C_e vs C_e/Q_e



Gambar. Kurva C_e vs C_e/Q_e ion Ca^{2+} (hydro-non)

Berdasarkan gambar tersebut maka diperoleh persamaan isotherm Langmuir yaitu $y = -0,0027x + 0,4599$ dengan $R^2 = 0,4778$. Sedangkan untuk mencari nilai q_m dan K_L dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = -0,0027x + 0,4599$$

$$R^2 = 0,4778$$

$$a = \frac{1}{q_m}$$

$$-0,0027 = \frac{1}{q_m}$$

$$q_m = \frac{1}{-0,0027}$$

$$q_m = -370,3703$$

$$b = \frac{1}{K_L q_m}$$

$$0,4599 = \frac{1}{K_L \cdot (-370,3703)}$$

$$0,4599 \times (-370,3703) = \frac{1}{K_L}$$

$$-170,3333 = \frac{1}{K_L}$$

$$K_L = \frac{1}{-170,3333}$$

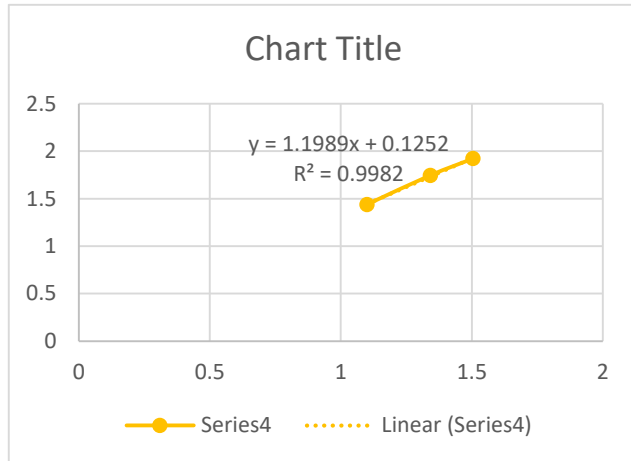
$$K_L = -0,005871$$

- Isoterm Freundlich

Tabel. Isoterm Freundlich ion Mg^{2+} (hydro-non)

Konsentrasi Awal (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Log Ce	Log Qe
150	12.5874	27.48252	1.099936	1.439057
300	21.9429	55.61142	1.341294	1.745164
450	31.9788	83.60424	1.504862	1.922228

Berdasarkan data tabel di atas dapat dibuat kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ dengan slope $1/n$ dan intersep adalah $\log K_F$. Berikut adalah gambar kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$



Gambar. Kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ ion Ca^{2+} (hydro-non)

Berdasarkan gambar kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ diperoleh persamaan $y = 1,1989x + 0,1252$ dengan $R^2 = 0,9982$. Sedangkan untuk mencari nilai n dan K_F maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 1,1989x + 0,1252$$

$$R^2 = 0,9982$$

$$b = \log K_F$$

$$0,1252 = \log K_F$$

$$K_F = 10^{0,1252}$$

$$K_F = 1,3341$$

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

$$1,1989 = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{1,1989}$$

$$n = 0,8341$$

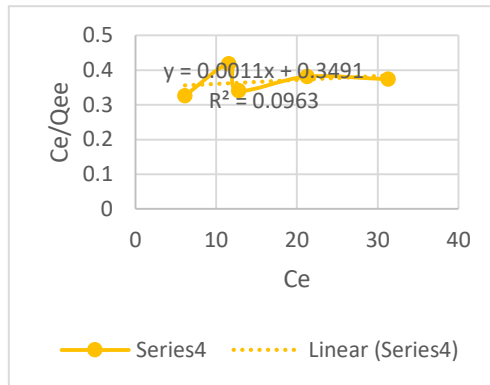
d) Ion Mg^{2+} (Hydro-Aktiv)

- Isoterm Langmuir

Tabel. Isoterm Langmuir ion Mg^{2+} (hydro-aktiv)

Co (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Ce/Qe
100	6.1236	18.7753	0.326151912
150	11.5668	27.68664	0.417775505
200	12.7575	37.4485	0.340667851
300	21.2625	55.7475	0.381407238
450	31.2984	83.74032	0.373755438

Berdasarkan data tabel di atas maka dapat dibuat kurva C_e vs C_e/Q_e dengan slope $1/q_m$ dan intersep adalah $1/K_L q_m$. Berikut merupakan kurva C_e vs C_e/Q_e



Gambar. Kurva C_e vs C_e/Q_e ion Ca^{2+} (hydro-aktiv)

Berdasarkan gambar tersebut maka diperoleh persamaan isotherm Langmuir yaitu $y = 0,0011x + 0,3491$ dengan $R^2 = 0,0963$. Sedangkan untuk mencari nilai q_m dan K_L dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,0011x + 0,3491$$

$$R^2 = 0,0963$$

$$a = \frac{1}{q_m}$$

$$0,0011 = \frac{1}{q_m}$$

$$q_m = \frac{1}{0,0011}$$

$$q_m = 909,0909$$

$$b = \frac{1}{K_L q_m}$$

$$0,3491 = \frac{1}{K_L \cdot (909,0909)}$$

$$0,3491 \times 909,0909 = \frac{1}{K_L}$$

$$317,3636 = \frac{1}{K_L}$$

$$K_L = \frac{1}{317,3636}$$

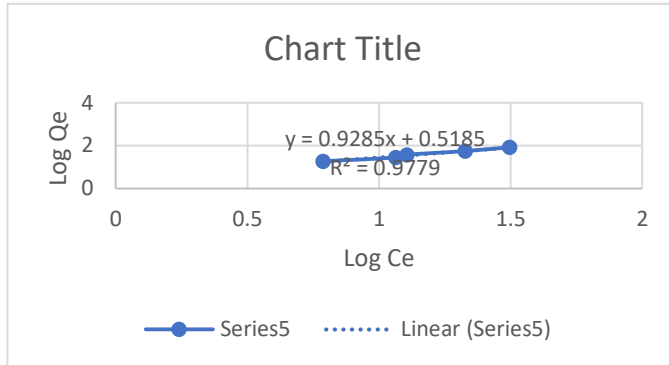
$$K_L = 0,003151$$

- Isoterm Freundlich

Tabel. Isoterm Freundlich ion Mg²⁺ (hydro-aktiv)

Konsentrasi Awal (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/g)	Log Ce	Log Qe
100	6.1236	18.7753	0.787006814	1.273586885
150	11.5668	27.68664	1.063213226	1.442270254
200	12.7575	37.4485	1.105765577	1.573434427
300	21.2625	55.7475	1.327614327	1.746225396
450	31.2984	83.74032	1.495522137	1.922934616

Berdasarkan data tabel di atas dapat dibuat kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ dengan slope $1/n$ dan intersep adalah $\log K_F$. Berikut adalah gambar kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$



Gambar. Kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ ion Ca^{2+} (hydro-non)

Berdasarkan gambar kurva $\log C_e$ vs $\log Q_e$ diperoleh persamaan $y = 0,9285x + 0,5185$ dengan $R^2 = 0,9779$. Sedangkan untuk mencari nilai n dan K_F maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,9285x + 0,5185$$

$$R^2 = 0,9779$$

$$b = \log K_F$$

$$0,5185 = \log K_F$$

$$K_F = 10^{0,5185}$$

$$K_F = 3,2999$$

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

$$0,9285 = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{0,9285}$$

$$n = 1,0770$$

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Dzikria Sari Pratiwi

Tempat & Tgl Lahir : Grobogan, 27 Januari 1998

Alamat Rumah : Dsn. Langgar 002/006 Ds. Lajer Kec.
Penawangan Kab. Grobogan

Hp : 08980833649

Email : dzikriatiwi@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal

a. TK Dharma Wanita Lajer 2 (2003 – 2004)

b. SD Negeri 3 Lajer (2004 – 2010)

c. Mts Futuhiyyah 2 Mranggen, Demak (2010 – 2013)

d. MA Ali Maksum Krpyak, Yogyakarta (2013 – 2016)

e. UIN Walisongo Semarang Angkatan 2016

2. Pendidikan Nonformal

a. Madrasah Diniyyah Tarbiyatush Shibyan Lajer (2003-2010)

b. Pondok Pesantren Nurul Burhany, Mranggen (2010-2013)

c. Pondok Pesantren Yayasan Ali Maksum Krpyak, Yogyakarta (2013-2016)

d. Pondok Pesantren Miftahussaadah, Semarang (2016-2021)