

# STUDI AWAL SINTESIS KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK PADA KONDISI HIDROTERMAL

ICE-410 Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar  
sarjana di bidang Ilmu Teknik Kimia

oleh:

**Gerardus Kevin (6213097)**

**Marcelinus Erico Budhi (6213108)**



Pembimbing:

**Arenst Andreas, S.T., S.Si., MSc., Ph.D**

**Ratna Frida Susanti, Ph.D**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
2017**

No. Kode	: TK KEV 5/17
Tanggal	: 10 Januari 2018
No. Ind.	: 4270-FTI/SKP 35015
Divisi	:
Madiah	:
Dari	: FTI



**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL : STUDI AWAL SINTESIS KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK  
PADA KONDISI HIDROTHERMAL**

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 9 Agustus 2017

**Pembimbing Utama**

**Arenst Andreas, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D**

**Pembimbing Kedua**

**Ratna Frida Susanti Ph.D**



JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

### **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gerardus Kevin

NRP : 6213097

Nama : Marcelinus Erico Budhi

NRP : 6213108

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

#### **STUDI AWAL SINTESIS KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK PADA KONDISI HIDROTERMAL**

adalah hasil pekerjaan saya, dan seluruh ide, pendapat, materi dari sumber lain, telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 9 Agustus 2017

Gerardus Kevin

(6213097)

Marcelinus Erico Budhi

(6213108)



## LEMBAR REVISI

**JUDUL : STUDI AWAL SINTESIS KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK  
PADA KONDISI HIDROTHERMAL**

**CATATAN :**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Bandung, 9 Agustus 2017

**Penguji**

**Herry Santoso, ST, MTM, PhD**

**Penguji**

**Hans Kristianto, ST, MT**



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuha Yang Maha Esa atas segala bimbingan-Nya sehingga laporan proposal penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan proposal penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat pendidikan sarjana Strata-1 di Jurusan Teknik Kimia , Fakultas Teknologi Industri, Universitas Parahyangan, Bandung.

Dalam proses penyusunan laporan proposal penelitian ini penulis mendapat dukungan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Arenst Andreas, S.T., S.Si., MSc., Ph.D . selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran selama penyusunan laporan proposal penelitian ini.
2. Ratna Frida Susanti, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan saran selama penyusunan laporan proposal penelitian ini.
3. Orang tua yang telah memberikan dukungan baik secara moril dan materiil.
4. Semua pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan laporan proposal penelitian ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam laporan proposal penelitian ini sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat memberi bekal atau acuan bagi pembuatan laporan selanjutnya dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Bandung, 9 Agustus 2017

Penulis





## DAFTAR ISI

COVER DALAM.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral.....	2
1.3 Identifikasi Masalah.....	3
1.4 Premis.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Hipotesis.....	4
1.7 Manfaat Penelitian.....	5
1.8 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Karbon Aktif.....	6
2.2 Sintesis Karbon Aktif.....	7
2.2.1 Bahan Baku.....	8
2.2.2 <i>Pre-Treatment</i> Kulit Salak.....	9
2.2.3 Karbonisasi.....	11
2.2.4 Aktivasi.....	18
2.3 Superkapasitor.....	20
2.4 Metode Analisa.....	21
2.4.1 BET ( <i>Brunauer-Emmett-Teller</i> ).....	21
2.4.2 SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ).....	22
2.4.3 FTIR ( <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> ).....	23
2.4.4 CV ( <i>Cyclic Voltammetry</i> ).....	24

BAB III BAHAN DAN METODE PENELITIAN .....	25
3.1 Bahan Baku Penelitian.....	25
3.1.1 Bahan Baku Utama .....	25
3.1.2 Bahan Baku Analisis .....	25
3.2 Peralatan Penelitian.....	25
3.2.1 Peralatan Utama.....	25
3.2.2 Peralatan Analisis .....	26
3.3 Variasi Percobaan .....	26
3.4 Prosedur Percobaan.....	27
3.4.1 Prosedur Sintesis Karbon Aktif.....	27
3.4.2 Prosedur Analisis.....	30
3.5 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian.....	35
BAB IV PEMBAHASAN .....	36
4.1 Hasil Analisis.....	39
4.1.1 Perolehan Karbon (%Yield).....	39
4.1.2 <i>Brunauer-Emmett-Teller</i> (BET).....	41
4.1.3 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	43
4.1.4 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	47
4.1.5 <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV) .....	53
BAB V KESIMPULAN .....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN A LEMBAR DATA KESELAMATAN BAHAN .....	66
LAMPIRAN B GAMBAR DAN GRAFIK .....	74
B.1 Hasil Analisa Yield Karbon Aktif.....	74
B.2 Hasil Analisa <i>Brunauer-Emmett-Teller</i> (BET).....	74
B.3 Hasil Analisa <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	75
B.3 Hasil Analisa <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR) .....	78
B.4 Hasil Analisa <i>Cyclic Voltammetry</i> (CV).....	79
LAMPIRAN C CONTOH PERHITUNGAN .....	81

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Karbon Aktif ( <a href="http://www.cocarb.com/products/activated-carbon/">http://www.cocarb.com/products/activated-carbon/</a> ).....	6
Gambar 2. 2 Pori pada Karbon Aktif ( <a href="http://www.decimpianti.com/processes/activated-carbon_en.html">http://www.decimpianti.com/processes/activated-carbon_en.html</a> ).....	7
Gambar 2. 3 Kulit Salak ( <a href="https://prasetya.ub.ac.id/berita/Teh-Kulit-Salak-Penurun-Diabetes-Karya-Mahasiswa-Pertanian-13137-id.html">https://prasetya.ub.ac.id/berita/Teh-Kulit-Salak-Penurun-Diabetes-Karya-Mahasiswa-Pertanian-13137-id.html</a> ) .....	8
Gambar 2. 4 Komponen Biomassa Lignoselulosa (Yan, 2015).....	9
Gambar 2. 5 Skema Produksi Furfural (Zhang, 2014).....	10
Gambar 2. 6 Ilustrasi Efek Pre-treatment Biomassa Lignoselulosa ( <a href="http://www.iitbmonash.org/story-79/">http://www.iitbmonash.org/story-79/</a> ).....	10
Gambar 2. 7 Mekanisme Karbonisasi Langsung pada PAN (Fitzer, 1986) .....	12
Gambar 2. 8 Diagram Fasa Air (Toro, 2014).....	13
Gambar 2. 9 Reaksi Hidrolisis (Coronella, 2014).....	14
Gambar 2. 10 Reaksi Dehidrasi dan Dekarboksilasi (Coronella, 2014).....	15
Gambar 2. 11 Reaksi Kondensasi, Polimerisasi, Aromatisasi dan Karbonisasi (Coronella, 2014) .....	15
Gambar 2. 12 Kadar Karbon pada Tahap Karbonisasi Hidrotermal (Coronella, 2014).....	16
Gambar 2. 13 Mekanisme Konversi Biomassa menjadi Hydrochar .....	17
Gambar 2. 14 Proses Konversi Lignin menjadi <i>Hydrochar</i> .....	17
Gambar 2. 15 <i>Hydrochar</i> dari Selulosa.....	18
Gambar 2. 16 Superkapasitor jenis EDLC (a) dan <i>pseudocapacitor</i> (b).....	21
Gambar 2. 17 Skema instrumen BET ( <a href="http://www.pharmacopeia.cn/v29240/usp29nf24s0_c846.html">http://www.pharmacopeia.cn/v29240/usp29nf24s0_c846.html</a> ) .....	22
Gambar 2. 18 Skema instrumen SEM (Joy, 2008).....	23
Gambar 2. 19 Skema instrument FTIR ( <a href="http://www.biocenter.helsinki.fi/bi/biophys/methods_ftir.html">http://www.biocenter.helsinki.fi/bi/biophys/methods_ftir.html</a> ) .....	24
Gambar 3. 1 Reaktor Subkritik Air .....	26
Gambar 3. 2 Susunan Sel Kapasitor .....	34



Gambar 4. 1 Ilustrasi Proses Delignifikasi Jerami Padi (Kahar, 2006).....	36
Gambar 4. 2 Diagram Fasa Air (Toro, 2014) .....	37
Gambar 4. 3 Kiri : Hasil Karbonisasi & Kanan : Hasil Aktivasi.....	38
Gambar 4. 4 Perbandingan Air Buangan Reaktor Karbonisasi : (A) Karbonisasi, Delignifikasi, 200°C, 4 jam; (B) Karbonisasi, Delignifikasi, 225°C, 4 jam; dan (C) Karbonisasi, Delignifikasi, 225°C, 6 jam .....	40
Gambar 4. 5 Perbandingan Perolehan Karbon dalam %w .....	41
Gambar 4. 6 Perbandingan luas permukaan karbon pada temperatur 200°C .....	43
Gambar 4. 7 Hasil Analisa SEM (20kV, 200x) pada sampel : (A) Kulit Salak; dan (B) Hasil Karbonisasi, Non-Delignifikasi, 200°C, 5 jam; (C) Hasil Karbonisasi, Delignifikasi, 200°C, 5 jam; (D) Hasil Karbonisasi, Non-Delignifikasi, 225°C, 5 jam; (E) Hasil Karbonisasi, Delignifikasi, 225°C, 5 jam; (F) Hasil Karbonisasi, Non-Delignifikasi, 250°C, 5 jam; dan (G) Hasil Karbonisasi, Delignifikasi, 250°C, 5 jam.....	44
Gambar 4. 8 Hasil Analisa SEM (20kV, 200x) pada sampel : (A) Hasil Karbonisasi, Delignifikasi, 225°C, 4 jam; dan (B) Hasil Karbonisasi, Delignifikasi, 225°C, 6 jam; (C) Hasil Karbonisasi, Non-Delignifikasi, 225°C, 5 jam; dan (D) Hasil Aktivasi dari Karbon Non-Delignifikasi, 225°C, 5 jam; (E) Hasil Karbonisasi, Delignifikasi, 225°C, 5 jam; (F) Hasil Aktivasi dari Karbon Delignifikasi, 225°C, 5 jam; (G) Hasil Karbonisasi, Delignifikasi, 225°C, 5 jam; dan (F) Hasil Aktivasi dari Karbon Delignifikasi, 225°C, 5 jam .....	45
Gambar 4. 9 Hasil Analisa SEM (20kV, 4500x) pada sampel : (A) Hasil Karbonisasi, Non-Delignifikasi, 225°C, 5 jam; (B) Hasil Karbonisasi, Delignifikasi, 225°C, 4 jam; dan (C) Hasil Karbonisasi, Delignifikasi, 225°C, 5 jam .....	46
Gambar 4. 10 Hasil Analisa SEM (20kV, 4500x) pada sampel : (A) Hasil Aktivasi dari Karbon Delignifikasi, 225°C, 5 jam; dan (B) Hasil Aktivasi dari Karbon Delignifikasi, 225°C, 5 jam	47
Gambar 4. 11 Hasil analisa FTIR untuk kulit salak <i>non-treatment</i> (a), kulit salak karbonisasi hidrotermal 200°C;5jam (b), kulit salak karbonisasi hidrotermal 225°C;5jam (c), dan kulit salak karbonisasi hidrotermal 250°C;5jam (d).....	50
Gambar 4. 12 Hasil analisa FTIR untuk kulit salak <i>non-treatment</i> (a), kulit salak karbonisasi hidrotermal 225°C;4jam (b), kulit salak karbonisasi hidrotermal 225°C;5jam (c), dan kulit salak karbonisasi hidrotermal 225°C;6jam (d).....	51

Gambar 4. 13 Hasil Analisa FTIR untuk aktivasi sampel karbon kulit salak (a) dan aktivasi karbon komersil (merck) (b).....	52
Gambar 4. 14 Pengaruh temperatur pada OFG (Xiaolong, Y. et al. 2014).....	53
Gambar 4. 15 EDLC Superkapasitor.....	55
Gambar 4. 16 Tegangan kerja dan rentang kapasitaas untuk variasi material elektroda.....	55
Gambar 4. 17 Grafik CV sampel karbon aktif kulit salak hasil aktivasi pada berbagai scan rate .....	57
Gambar 4. 18 Grafik CV sampel karbon aktif komersil hasil aktivasi pada berbagai scan rate.....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data perolehan karbon pada tiap variasi proses karbonisasi dalam %w .....	39
Tabel 4. 2 Data luas permukaan karbon pada tiap variasi proses karbonisasi dalam (m <sup>2</sup> /g).....	42
Tabel 4. 3 Rentang Gugus Fungsional Berdasarkan Literatur.....	49
Tabel 4. 4 Nilai kapasitansi untuk variasi sampel dan <i>scan rate</i> .....	59



## INTISARI

Karbon aktif merupakan substansi *solid* yang tersusun dari rantai karbon yang panjang dan memiliki porositas yang tinggi. Karbon aktif dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya sebagai superkapasitor. Superkapasitor merupakan alternatif sumber energi yang masih tergolong baru, dan diharapkan dapat mengganti sumber energi berbasis *petroleum*. Karbon aktif dinyatakan layak untuk menjadi superkapasitor apabila memiliki kapasitansi yang besar. Karbon aktif dapat disintesis dari bahan baku yang memiliki kadar elemen karbon yang tinggi, salah satunya dari biomassa lignoselulosa. Kulit salak merupakan salah satu jenis limbah biomassa lignoselulosa dan belum dimaksimalkan pemanfaatannya, untuk itu akan diuji sebagai bahan baku karbon aktif pada penelitian ini. Dari hasil penelitian diharapkan didapatkan kondisi proses optimum dalam mensintesis karbon aktif dari kulit salak dengan kapasitansi yang cukup besar agar dapat dijadikan bahan baku pembuatan superkapasitor.

Sintesis karbon aktif dilakukan dalam dua tahap utama yaitu karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi merupakan tahap pembentukan karbon aktif dan aktivasi merupakan tahap peningkatan luas permukaan karbon aktif. Karbonisasi dalam penelitian ini menggunakan proses hidrotermal menggunakan subkritik air sedangkan untuk aktivasi dilakukan secara kimia menggunakan *activator* KOH. Pada penelitian ini akan diuji pengaruh *pre-treatment* kimia, yaitu delignifikasi kulit salak terhadap hasil sintesis karbon aktif. Delignifikasi dilakukan dengan merendam kulit salak selama 24 jam dalam larutan KOH (15%w) sebelum dilakukan karbonisasi dan aktivasi. Tujuan dari *pre-treatment* delignifikasi adalah memecah struktur lignin yang menghambat konversi selulosa dan hemiselulosa pada biomassa menjadi karbon aktif. Adapun dilakukan variasi pada temperatur karbonisasi (200°C, 225°C, dan 250°C) dan waktu tinggal karbonisasi (4, 5, dan 6 jam) pada tahap karbonisasi dengan tujuan mencari kondisi optimum karbonisasi. Karbon aktif yang terbentuk pada tahap karbonisasi kemudian diaktivasi dengan impregnasi larutan KOH (25%w), dilanjutkan dengan pemanasan pada temperatur 800°C.

Hasil penelitian menyatakan bahwa perolehan karbon aktif dengan *pre-treatment* delignifikasi lebih sedikit dibandingkan tanpa *pre-treatment* delignifikasi. Untuk hasil variasi temperatur dan waktu tinggal, didapatkan kesimpulan semakin bertambah temperatur dan semakin lama waktu tinggal didapatkan perolehan karbon aktif semakin sedikit. Dari hasil analisis morfologi, didapatkan karbon aktif dengan delignifikasi memiliki bentuk tidak beraturan, sedangkan untuk karbon aktif non-delignifikasi didapatkan bentuk seperti sarang lebah. Dari hasil analisis morfologi juga terlihat adanya peningkatan porositas pada karbon aktif yang sudah diaktivasi. Untuk analisis gugus fungsi, dari hasil variasi temperatur dan waktu tinggal juga didapatkan kesimpulan semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu tinggal, gugus fungsi C-O terus mengalami penurunan intensitas. Pada karbon aktif hasil aktivasi didapatkan penurunan intensitas pada gugus fungsi oksigen (OFG) yang signifikan. Untuk uji kapasitansi, karbon aktif hasil karbonisasi memiliki kapasitansi yang paling besar yaitu 71,92  $\mu\text{F/g}$  pada scan rate 2 mV/s; 55,49  $\mu\text{F/g}$  pada scan rate 5 mV/s; dan 31,89  $\mu\text{F/g}$  pada scan rate 10 mV/s. Pada karbon aktif hasil aktivasi didapatkan penurunan kapasitansi menjadi 14,92  $\mu\text{F/g}$  pada scan rate 2 mV/s; 6,08  $\mu\text{F/g}$  pada scan rate 5 mV/s; dan 3,52  $\mu\text{F/g}$  pada scan rate 10 mV/s. Karbon aktif komersial juga diukur kapasitansinya sebagai pembanding, kapasitansi karbon aktif komersial adalah 1,49  $\mu\text{F/g}$  pada scan rate 2 mV/s; 1,32  $\mu\text{F/g}$  pada scan rate 5 mV/s; dan 1,13  $\mu\text{F/g}$  pada scan rate 10 mV/s.





## ABSTRACT

Activated carbon is a solid substances which is formed by a long-chain of carbon element and has very high porosity. Activated carbon has a lot of applications in industry, one of them is as a supercapacitor. Supercapacitor is a recent alternative energy source which is expected to be a substitute of petroleum usage. Activated carbon is suitable to be a supercapacitor, if it has high capacitance. Activated carbon itself can be produced from most carbon-rich material, such as lignocellulosic biomass. Salacca peel is one of the examples of lignocellulosic biomass which is still classified as a waste because of its minimal utilization. In this research, salacca peel is examined as a raw material for activated carbon production. From this research, it is desirable to find the optimum process condition to produce activated carbon from salacca peel, with high capacitance in order to be a supercapacitor.

Synthesis of activated carbon was done in two main step, carbonization and activation. Carbonization is the activated carbon synthesized process and activation is the process of increasing porosity of the activated carbon. In this research, hydrothermal carbonization (using subcritical water) was chosen method of the carbonization step, while for the activation step, chemical activation (using KOH) was chosen. The effect of chemical pre-treatment (delignification) on the activated carbon product was examined in this research. Delignification was done by soaking the salacca peel in alkali solution of (15%w) KOH, and was expected to remove the lignin which is obstructing the hydrolysis of cellulose and hemicellulose in hydrothermal carbonization that reducing the efficiency of carbonization process. This research also examined how temperature (at the range of 200°C, 225°C, and 250°C) and reaction time (at the range of 4, 5, and 6 hours) affect the activated carbon product in order to find the optimum condition of hydrothermal carbonization process. The activated carbon product was impregnated by KOH in alkali solution of KOH (25%w) before being heated in the furnace at 800°C.

The result of this research showed that the activated carbon yield of delignification sample was less than non-delignification sample. For the variation of temperature and reaction time, the obtained data showed that the higher temperature and the longer reaction time causes the reduction of activated carbon yield. From obtained SEM photos, the activated carbon with delignification has irregular shape, while the activated carbon without delignification has honeycomb-like shape. From obtained SEM photo of activated carbon after chemical activation, it showed the porosity of activated carbon had been increased. From obtained FTIR data, can be concluded that the higher temperature and the longer reaction time, the less C-O functional group on the activated carbon. After chemical activation, the FTIR data showed there is a significant reduction of oxygen functional groups (OFG) on the activated carbon. For capacitance analysis, the activated carbon before chemical activation has the highest capacitance (71,92  $\mu\text{F/g}$  at scan rate 2 mV/s; 55,49  $\mu\text{F/g}$  at scan rate 5 mV/s; and 31,89  $\mu\text{F/g}$  at scan rate 10 mV/s). After chemical activation, there is a reduction of activated carbon capacitance (14,92  $\mu\text{F/g}$  at scan rate 2 mV/s; 6,08  $\mu\text{F/g}$  at scan rate 5 mV/s; and 3,52  $\mu\text{F/g}$  at scan rate 10 mV/s). Commercial activated carbon was also examined as a comparison, but the result shows it has the least (1,49  $\mu\text{F/g}$  at scan rate 2 mV/s; 1,32  $\mu\text{F/g}$  at scan rate 5 mV/s; andn 1,13  $\mu\text{F/g}$  at scan rate 10 mV/s).





## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Salah satu pendukung pertumbuhan ekonomi di Indonesia adalah industri. Industri menghasilkan produk-produk kebutuhan manusia dan kebutuhan ekspor melalui proses-proses tertentu. Hal ini mengakibatkan meingkatnya kebutuhan energi, seiring bertumbuh kegiatan industri di Indonesia. Sampai saat ini energi berbahan dasar petroleum masih umum digunakan baik dalam kegiatan industri maupun kegiatan rumah tangga. Namun, dengan terbatasnya ketersediaan petroleum yang ada maka diperlukan sumber energi alternatif. Dalam beberapa dekade terakhir, telah banyak menarik perhatian dalam menemukan teknologi baru untuk menghadapi tantangan kebutuhan energi. Salah satu teknologi yang tengah dalam proses penelitian dan pengembangan dalam konteks ini yaitu superkapasitor atau dikenal juga dengan *electrochemical* kapasitor. Superkapasitor memiliki kelebihan dibanding kapasitor konvensional, salah satunya yaitu memiliki nilai kapasitansi yang besar. Bahan baku superkapasitor yang dapat digunakan antara lain karbon aktif dan karbon nanotube. Pada penelitian ini akan diuji kemampuan superkapasitor dari karbon aktif berbahan baku kulit salak.

Karbon aktif yang biasa dikenal sebagai arang aktif adalah karbon yang memiliki bentuk sangat berpori karena telah diproses dalam arena struktur berporinya sering digunakan sebagai adsorben (Pradhan 2011). Karbon aktif umumnya disintesis dari batubara dan kayu. Hal ini dianggap kurang efisien karena material tersebut tergolong sumber daya yang sulit terbaharui. Para peneliti mulai mencoba bahan baku alternatif yaitu limbah biomassa. Limbah biomassa yang digunakan seperti tempurung kelapa, kulit kacang, dan ampas kopi karena jumlahnya yang melimpah dan dapat mengurangi pencemaran lingkungan. Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk menghasilkan karbon yang berpori, salah satunya dengan cara dekomposisi termal material organik melalui dua tahapan yaitu karbonisasi dan aktivasi. (Benefield et al., 1982).

Pada penelitian ini biomassa yang digunakan adalah kulit salak. Kulit salak dipilih sebagai bahan baku karbon aktif karena buah salak sendiri terus berbuah sepanjang tahun sehingga kuantitasnya sangat besar terutama di daerah tropis seperti Indonesia, akibatnya nilai ekonomisnya rendah. Nilai ekonomis buah salak yang rendah dan pemanfaatan limbahnya yang belum dimaksimalkan menarik perhatian peneliti untuk mencoba mensintesis karbon aktif dari kulit salak. Kulit salak tersebut akan dikonversi menjadi karbon aktif dengan melewati 2 tahap proses yaitu karbonisasi dan aktivasi. Karbon aktif hasil karbonisasi dan aktivasi ini kemudian akan dianalisa mulai dari luas permukaan, morfologi, gugus fungsional dan kapasitansinya.

Proses karbonisasi yang dilakukan merupakan karbonisasi hidrotermal menggunakan subkritis air sedangkan proses aktivasi digunakan aktivasi kimia dengan *activator* KOH. Karbonisasi hidrotermal merupakan metode karbonisasi yang masih cukup baru dan sedang dikembangkan karena lebih ramah lingkungan. Hal ini disebabkan karena karbonisasi hidrotermal tidak memerlukan suhu operasi setinggi karbonisasi langsung (*fast pyrolysis*) sehingga energi yang digunakan pun lebih sedikit (*energy efficiency* lebih tinggi). Sedangkan KOH merupakan *activator* yang menghasilkan porositas terbaik dibandingkan Sebelum melalui karbonisasi dan aktivasi, kulit salak akan diberikan *pre-treatment* secara fisika (penghalusan) dan secara kimia (*delignifikasi*) dengan tujuan meningkatkan efisiensi proses berikutnya. Dari hasil penelitian ini diharapkan kulit salak dapat dijadikan bahan baku karbon aktif yang baik sebagai superkapasitor.

## 1.2 Tema Sentral

Sintesis karbon aktif dari biomassa kulit salak dengan karbonisasi hidrotermal menggunakan air pada kondisi subkritis dan aktivasi kimia menggunakan KOH. Hasil penelitian kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh *pre-treatment*, kondisi karbonisasi subkritis air, dan aktivasi kimia terhadap luas permukaan, morfologi, gugus fungsi, serta kapasitansi karbon aktif yang dihasilkan.

### 1.3 Identifikasi Masalah

- 1) Bagaimana pengaruh *pre-treatment*, temperatur dan waktu tinggal karbonisasi terhadap karakteristik (luas permukaan, morfologi, gugus fungsional, kapasitansi) karbon aktif yang dihasilkan ?
- 2) Bagaimana pengaruh aktivasi terhadap karakteristik (luas permukaan, morfologi, gugus fungsional, kapasitansi) karbon aktif yang dihasilkan ?
- 3) Apakah karbon aktif berbahan baku kulit salak memiliki luas permukaan, gugus fungsional, dan kapasitansi lebih besar dari karbon aktif komersil yang ada ?

### 1.4 Premis

- 1) Delignifikasi merupakan *pre-treatment* yang dapat memaksimalkan efisiensi karbonisasi. (Kurniawan, 2014)
- 2) Karbonisasi hidrotermal menghasilkan perolehan massa *hydrochar* lebih tinggi dibandingkan karbonisasi langsung. (Wu, 2014)
- 3) Karbonisasi hidrotermal dengan subkritik air dilakukan pada temperatur 200°C menghasilkan perolehan massa *hydrochar* lebih besar dibandingkan 300°C pada waktu tinggal 2, 4, 6, 8, 10, 12, dan 16 jam. (Kalderis, 2014)
- 4) Karbonisasi hidrotermal dengan subkritik air menghasilkan perolehan massa *hydrochar* yang terus menurun dari 2 sampai 16 jam pada temperatur 200°C dan 300°C. (Kalderis, 2014)
- 5) Temperatur (200°C dan 300°C) serta waktu tinggal (2, 4, 6, 8, 10, 12, dan 16 jam) karbonisasi hidrotermal tidak memberikan pengaruh terhadap luas permukaan *hydrochar*. (Kalderis, 2014)
- 6) Aktivasi *hydrochar* menggunakan *activator* KOH menghasilkan luas permukaan paling besar dibandingkan *activator* lainnya (NaOH, ZnCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, dan CO<sub>2</sub>) pada bahan baku glukosa, serbuk kayu, kulit jeruk, pati, sekam padi, kulit hazelnut, dll. (Jain, 2015)
- 7) Suhu optimum aktivasi kimia dengan menggunakan KOH adalah 800°C. (Abechi, 2013)
- 8) Aktivasi kimia dengan menggunakan KOH meningkatkan luas permukaan *hydrochar* enceng gondok dari 130 m<sup>2</sup>/g menjadi 760 m<sup>2</sup>/g. (Kurniawan, 2014)

- 9) Pada impregnasi KOH dalam proses aktivasi, perbandingan massa KOH dan karbon 1:2 menghasilkan luas permukaan *hydrochar* 760 m<sup>2</sup>/g sedangkan perbandingan massa KOH dan karbon 1:1 menghasilkan luas permukaan *hydrochar* 1010 m<sup>2</sup>/g. (Kurniawan, 2014)
- 10) Nilai kapasitas berbanding lurus dengan luas permukaan *hydrochar*. (Kurniawan, 2014)

### 1.5 Tujuan Penelitian

- 1) Mengetahui pengaruh *pre-treatment*, temperatur dan waktu tinggal karbonisasi terhadap karakteristik (luas permukaan, morfologi, gugus fungsional, kapasitas) karbon aktif yang dihasilkan.
- 2) Mengetahui pengaruh aktivasi terhadap karakteristik (luas permukaan, morfologi, gugus fungsional, kapasitas) karbon aktif yang dihasilkan.
- 3) Mengetahui apakah karbon aktif berbahan baku kulit salak dapat menggantikan karbon aktif komersil yang ada.

### 1.6 Hipotesis

- 1) Seiring meningkatnya temperatur dan waktu tinggal karbonisasi, perolehan massa karbon aktif akan semakin rendah.
- 2) Temperatur tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap luas permukaan karbon aktif.
- 3) Seiring meningkatnya waktu tinggal karbonisasi, luas permukaan karbon aktif akan semakin tinggi.
- 4) *Pre-treatment* delignifikasi dapat meningkatkan luas permukaan karbon aktif.
- 5) Aktivasi akan meningkatkan luas permukaan karbon aktif hasil karbonisasi.
- 6) Nilai kapasitas berbanding lurus dengan luas permukaan karbon aktif, sehingga kapasitas karbon aktif hasil aktivasi lebih besar dari kapasitas karbon aktif yang belum diaktivasi.

## 1.7 Manfaat Penelitian

Bagi peneliti :

- 1) Mengetahui metode terbaik dalam mensintesis karbon aktif menggunakan karbonisasi hidrotermal.
- 2) Mengetahui karakteristik (dan keunggulan jika ada) karbon aktif berbahan baku kulit salak dibandingkan karbon aktif yang sudah ada.

Bagi masyarakat :

- 1) Memberikan pembelajaran mengenai sintesis karbon aktif berbahan baku kulit salak dengan karbonisasi hidrotermal.
- 2) Mengurangi limbah rumah tangga kulit salak.

Bagi industri :

- 1) Memberikan alternatif bahan baku dan metode proses dalam mensintesis karbon aktif untuk keperluan tertentu
- 2) Memberikan alternatif karbon aktif yang lebih baik dibandingkan karbon aktif komersil yang sudah ada.

## 1.8 Batasan Masalah

- 1) Biomassa yang digunakan sebagai bahan baku karbon aktif adalah kulit salak.
- 2) Karbonisasi dilakukan menggunakan karbonisasi hidrotermal dengan subkritik air, dengan variasi pre-treatment, temperatur dan waktu tinggal.
- 3) Aktivasi karbon aktif dilakukan menggunakan aktivasi kimia menggunakan activator KOH.