



SINTESIS KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN AKTIVASI HIDROTERMAL

ICE-410 PENELITIAN

Oleh:

Angwyn Setiawan Utomo (6214020)

Dosen Pembimbing :

Ratna Frida Susanti, Ph.D.

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



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
2018**

No. Kode	: TK UTO s/18
Tanggal	: 8 Februari 2019
Nomor	: 4372 - FTI / Skp 36840
Tempat	:
Daerah / Kota	:
Dari	: FTI

LEMBAR PENGESAHAN



**JUDUL : SINTESIS KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN
AKTIVASI HIDROTERMAL**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, Agustus 2018

Dosen Pembimbing

Ratna Frida Susanti, Ph.D.

Dosen Pembimbing

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

Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Katolik Parahyangan Bandung



SURAT PERNYATAAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Angwyn Setiawan Utomo

NRP : 6214020

Dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul:

SINTESIS KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN AKTIVASI HIDROTERMAL

adalah hasil pekerjaan saya, dengan seluruh ide, materi laporan, buah pemikiran, hasil diskusi, dan referensi - referensi yang telah dikutip dengan sesuai.

Surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, jika pernyataan ini tidak sesuai dengan isi laporan maka, saya bersedia untuk menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, Agustus 2018

Angwyn Setiawan Utomo
(6214020)



LEMBAR REVISI

JUDUL : SINTESIS KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN
AKTIVASI HIDROTERMAL

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, Agustus 2018

Penguji 1

Y.I.P Arry Miryanti, Ir.M.Si.

Penguji 2

Putri Ramadhany, S.T., M.Sc.,
PDeng.

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan proposal penelitian tepat waktu. Laporan proposal penelitian dengan judul “Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivasi Hidrotermal” ini ditulis untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar sarjana (S-1) di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

Dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam mengumpulkan data, memberikan dukungan hingga terselesaikannya proposal penelitian ini, terutama kepada :

1. Ratna Frida Susanti, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan proposal penelitian ini.
2. Arenst Andreas Arie, S.T., S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyusunan proposal penelitian ini.
3. Orang tua penulis, yang telah memberikan dukungan berupa doa, motivasi, dan material kepada penulis.
4. Teman-teman dan semua pihak lain, yang telah membantu selama penyusunan laporan penelitian.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan proposal penelitian ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak agar dapat menjadi perbaikan dalam penyusunan laporan berikutnya.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih atas perhatian pembaca. Penulis berharap semoga laporan proposal penelitian ini bisa bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, Agustus 2018

Penulis



DAFTAR ISI

SINTESIS KARBON AKTIF DARI KULIT SALAK DENGAN AKTIVASI HIDROTERMAL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
INTISARI	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tema Sentral Masalah	4
1.3 Identifikasi Masalah	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Tujuan Penelitian	7
1.7 Manfaat Penelitian	7
1.8 Batasan Masalah	7
BAB II	8
LANDASAN TEORI	8
2.1 Senyawa Karbon	8
2.2 Karbon Aktif	9
2.3 Aplikasi Karbon Aktif	12
2.4 Sintesis Karbon Aktif	12
2.4.1 Raw Material	12
2.4.2 Struktur Biomassa Kulit Salak	13
2.4.3 <i>Pre-treatment</i> Biomassa Kulit Salak	14
2.4.4 Karbonisasi Termal Karbon Aktif	17
2.4.5 Karbonisasi Hidrothermal	19
2.4.6 Aktivasi Karbon Aktif	22

2.4.7 Metode Aktivasi Termal (Fisika)	23
2.4.8 Metode Aktivasi Kimia	25
2.4.9 Metode Aktivasi Hidrotermal.....	26
2.4.10 Aktivasi dengan Subkritik dan Superkritik Air	29
2.5 Metode Analisa	30
2.5.1 BET (Brunauer-Emmett-Teller).....	30
2.5.2 SEM.....	31
2.5.3 FTIR	32
BAB III	34
METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1 Tahap Penelitian.....	34
3.2 Bahan Baku.....	34
3.3 Peralatan yang Digunakan	34
3.4 Bahan yang Digunakan	35
3.5 Prosedur Percobaan.....	35
3.5.1 Persiapan Kulit Salak Pondoh Super.....	38
3.5.2 Analisis Kandungan Lignoselulosa dengan Metode Chesson-Datta.....	38
3.5.3 Sintesis Karbon Aktif.....	38
3.5.4 Karakterisasi Karbon Aktif	40
3.6 Rancangan Percobaan	41
3.7 Lokasi dan Jadwal Kerja Penelitian	41
BAB IV	43
PEMBAHASAN.....	43
4.1 Analisa Lignoselulosa.....	44
4.2 Perolehan (<i>yield</i>) <i>Hydrochar</i> Hasil Karbonisasi	46
4.3 Perolehan (<i>yield</i>) Karbon Aktif Hasil Proses Aktivasi	48
4.4 Karakteristik Karbon Aktif	49
4.4.1 Scanning Electron Microscopy (SEM)	49
4.4.2 Brunauer-Emmett-Teller (BET).....	53
4.4.3 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	62
4.5 Aktivasi Kimia dengan KOH.....	64
4.6 Pengembangan Karbon Aktif dengan Asam Sitrat dan <i>Cerous Chloride</i>	67
BAB V	70
KESIMPULAN DAN SARAN	70

5.1 Kesimpulan	70
5.2 Saran	70
LAMPIRAN A	76
MATERIAL SAFETY DATA SHEET	76
LAMPIRAN B.....	79
STANDAR KUALITAS KARBON AKTIF.....	79
LAMPIRAN C.....	81
DATA DAN HASIL PENELITIAN	81
LAMPIRAN D	83
GAMBAR DAN GRAFIK	83
LAMPIRAN E.....	91
CONTOH PERHITUNGAN	91



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel Premis	5
Tabel 2.1 Metode Proses Produksi Senyawa Karbon	8
Tabel 2.2 Ukuran Pori pada Karbon Aktif	9
Tabel 2.3 Karakteristik Air pada Suhu dan Tekanan tertentu	27
Tabel 3.1 Rancangan Percobaan	41
Tabel 3.2 Jadwal Kerja Penelitian Periode Juli 2017 – Desember 2017	41
Tabel 3.3 Jadwal Kerja Penelitian Periode Januari 2018 – Juni 2018	42
Tabel 4.1 Komposisi Kulit Salak yang dianalisa dengan metode Chesson-Datta	44
Tabel 4.2 Komposisi kulit salak tanpa <i>hot water soluble</i> analisis dengan menggunakan metode Chesson-Datta	45
Tabel 4.3 Perolehan <i>yield hydrochar</i> setelah diaktivasi secara hidrotermal	48
Tabel 4.4 Hasil Analisa BET	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Pori pada Karbon Aktif	10
Gambar 2.2 Berbagai Macam Bentuk Karbon Aktif.....	11
Gambar 2.3 Skema Proses <i>Pretreatment</i> Biomassa Ligniselulosa	14
Gambar 2.4 Mekanisme pemecahan ikatan lignin dan selulosa oleh NaOH	15
Gambar 2.5 skema reaksi karbonisasi termal	19
Gambar 2.6 Faktor yang mempengaruhi karbonisasi hidrotermal	20
Gambar 2.7 Pengaruh Suhu dan Laju Reaksi terhadap pembentukan <i>hydrochar</i>	21
Gambar 2.8 Diagram Pembuatan Karbon Aktif dengan Metode Aktivasi Termal ...	23
Gambar 2.9 Skema Metode Aktivasi Kimia	25
Gambar 2.10 Diagram Fasa Air	26
Gambar 2.11 Skema Kerja Alat SEM	32
Gambar 2.12 Skema Kerja Alat FTIR	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Serbuk Kulit Salak	36
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan <i>Hydrochar</i>	37
Gambar 3.3 Diagram Alir Pembuatan Karbon Aktif	37
Gambar 3.4 Rangkaian Alat	39
Gambar 4.1 Mekanisme Pembentukan <i>Hydrochar</i> dari selulosa melalui karbonisasi hidrotermal	47
Gambar 4.2 Mekanisme Pembentukan <i>Hydrochar</i> dari lignin melalui karbonisasi hidrotermal	47
Gambar 4.3 Analisa SEM. (A) Kulit Salak Pembesaran 200x dan (B) <i>Hydrochar</i> Pembesaran 200x	50
Gambar 4.4 Analisa SEM Karbon Aktif, (A) 350°C, (B) 375°C, dan (C) 400°C dilakukan pada tekanan 250 bar selama 3 jam. Gambar A-C pembesaran 200x.....	51
Gambar 4.5 Analisa SEM karbon aktif dengan aktivasi kimia menggunakan H ₃ PO ₄ dengan bahan baku kulit biji labu	51
Gambar 4.6 Jenis-jenis kurva adsorpsi isoterm pada karbon aktif	55
Gambar 4.7 Adsorpsi Isoterm pada suhu 350°C	56
Gambar 4.8 Adsorpsi Isoterm pada suhu 375°C	56
Gambar 4.9 Adsorpsi Isoterm pada suhu 400°C	57
Gambar 4.10 Adsorpsi Isoterm pada tiap suhu dengan lama waktu aktivasi 3 Jam	57

Gambar 4.11 Klasifikasi <i>Hysteresic Loop</i> pada Adsorpsi Isoterm tipe IV dan V	....58
Gambar 4.12 <i>Pore size distribution</i> pada suhu 350°C	.....59
Gambar 4.13 <i>Pore size distribution</i> pada suhu 375°C	..... 59
Gambar 4.14 <i>Pore size distribution</i> pada suhu 400°C	..... 60
Gambar 4.15 <i>Pore size distribution</i> pada tiap sampel <i>hydrochar</i> yang diaktivasi	.....60
Gambar 4.16 <i>Pore size distribution</i> pada sampel <i>hydrochar</i> aktivasi 350, 375, dan 400°C selama 3 Jam	..... 61
Gambar 4.17 Skema Ilustrasi Distribusi Ukuran Pori untuk Material yang berpori	.....61
Gambar 4.18 Hasil FTIR untuk Aktivasi 400°C 3 Jam, Karbon Aktif Komersial, <i>Hydrochar</i> , dan Kulit Salak	.....63
Gambar 4.19 Kurva Isoterm Karbon Aktif Aktivasi dengan Kimia	.....65
Gambar 4.20 Analisa SEM Karbon Aktif Aktivasi dengan Kimia. Gambar kiri merupakan pembesaran 200x	.....65
Gambar 4.21 Perbandingan SEM Karbon Aktif dengan Aktivasi Kimia(A), Aktivasi Termal(B), dan Aktivasi Hidrotermal 400°C 3 Jam(C)	..... 66
Gambar 4.22 Hasil Analisa SEM Karbon Aktif dengan Katalis Asam Sitrat. Gambar A pembesaran 500x dan Gambar B pembesaran 3000x	.....68
Gambar 4.23 Hasil Analisa SEM Karbon Aktif dengan Katalis <i>Cerous Chloride</i> . Gambar A pembesaran 200x dan Gambar B pembesaran 3000x	.....68



INTISARI

Karbon aktif adalah salah satu jenis produk dari senyawa karbon yang memiliki tingkat porositas yang tinggi dan luas permukaan yang besar sehingga memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi. Dalam aplikasi bidang industri, karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses pemurnian, deklorinasi, deodorisasi, deklorinasi, dan proses pemisahan suatu zat yang larut dalam gas ataupun larutan. Dalam pembuatan karbon aktif, terdapat dua metode aktivasi konvensional yang biasa digunakan yaitu metode aktivasi termal dan metode aktivasi kimia. Dalam penelitian ini, akan digunakan metode aktivasi hidrotermal (dengan kondisi superkritik air). Metode ini memiliki keuntungan, salah satunya adalah tidak memerlukan energi yang terlalu tinggi dan tidak perlu ada *treatment* khusus, karena menggunakan medium air.

Pembuatan karbon aktif menggunakan biomassa kulit salak jenis salak pondoh super yang telah melewati proses pengeringan dan pengayakan menggunakan mesh -20+30 mesh. Tahapan penelitian ini diawali dengan proses karbonisasi secara hidrotermal pada suhu 225°C, 50 bar, selama 5 jam untuk menghasilkan *hydrochar*. Setelah itu, proses dilanjutkan dengan aktivasi *hydrochar* secara hidrotermal. Variasi yang digunakan adalah variasi suhu aktivasi, yaitu 350°C, 375°C, dan 400°C, serta lama waktu aktivasi yaitu 1 dan 3 jam dengan tekanan 250 bar. Karbon aktif yang diperoleh kemudian dilakukan uji karakteristik menggunakan tiga metode analisa yaitu, analisa SEM untuk mengetahui morfologi permukaan sampel karbon aktif (hanya variasi pada lama waktu aktivasi 3 jam), metode analisa BET untuk mengetahui luas permukaan sampel karbon aktif yang terbentuk (semua variasi), dan analisa FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif (hanya variasi pada lama aktivasi 3 jam dengan suhu 400°C serta *hydrochar*).

Hasil SEM menunjukkan bahwa variasi aktivasi yang digunakan belum memacu secara utuh perkembangan pori pada permukaan karbon aktif. Selain itu, kenaikan suhu pada tiap variasi memacu perkembangan permukaan karbon aktif yang lebih berpori. Hasil analisa SEM didukung dengan hasil analisa BET yang menunjukkan luas permukaan karbon aktif yang diperoleh cukup kecil, yaitu sekitar 6-30 m²/g. Selain itu, berdasarkan kurva adsorpsi isoterm dan distribusi permukaan pori, karbon aktif yang diperoleh memiliki ukuran mesopori. Hasil FTIR menunjukkan bahwa adanya perubahan gugus fungsi dari kulit salak, *hydrochar*, hingga menjadi karbon aktif. Hasil FTIR juga menunjukkannya ada pengurangan peak dari *hydrochar* ketika diaktivasi menjadi karbon aktif. Sebagai pembandingan, dibuat karbon aktif dari *hydrochar* menggunakan aktivasi kimia. Hasilnya menunjukkan bahwa keberadaan *activating agent* masih dibutuhkan dalam proses aktivasi karbon aktif.

Kata kunci : Kulit salak, Karbon Aktif, Aktivasi, Air subkritik, Air Superkritik



ABSTRACT

Activated carbon is one type of product of carbon compounds that have a high porosity level and a wide that has a high ability. In the application of this field, activated carbon is used as a process in the purification, decolorization, deodorization, decloronization, and packet process for soluble substances in gases or solutions. In the preparation of activated carbon, there are two methods that can be used as thermal activation method and chemical activated method. In this study, hydrothermal activation (with supercritical water conditions) will be used. The one of advanages using this method is that do not require energy and no special treatment is needed, as it uses moderate air.

In the study, the biomass, which is that is salacca peel, was carbonized hydrothermally on condition of 225°C, 50 bar, 5 hours. After that, the hydrochar formed will be hydrothermally activated. The variations are the duration of activation time, ie 1 and 3 hours, and the activation temperature is 350°C, 375°C, and 400°C with 250 bar. Characterization of activated carbon obtained using several method, that is, BET analysis methods to find out the surface area of examples of activated carbon, SEM analysis to determine the background morphology of activated carbon, and FTIR analysis to determine functional groups that available on activated carbon.

The results obtained showed that the yield of activation will be reduced by the increase of activation temperature and the duration of activation. The BET results show that the surface area obtained is about 6-30 m² / g. In addition, there is an isotherm and distribution curve, which has mesoporous size. SEM results indicates that there is not devolepment of porous significantly in surface of activated carbon. In addition, increasing of activation temperature for generating activated carbon are more porous. FTIR results show that the reduction of functional groups of salacca peel, hydrochar, to become activated carbon. FTIR results also show that there is a peak of hydrochar compress activated into activated carbon. As a comparison, activated carbon was prepared from hydrocarbons using chemical activation. The result shows that the presence of activating agent is still required for activation of activated carbon.

Keywords: Salacca Peel , Activated Carbon, Activation, Subcritical Water, Supercritical Water



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Karbon aktif adalah salah satu jenis produk yang senyawa karbon yang memiliki tingkat porositas yang tinggi dan luas permukaan yang besar sehingga memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif diproduksi dari bahan baku organik yang kaya kandungan karbon seperti batu bara, kelapa, kulit kacang ataupun kayu. Dalam aplikasi bidang industri, karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses pemurnian, dekolorisasi, deodorisasi, dekloronisasi, dan proses pemisahan suatu zat yang larut dalam gas ataupun larutan (Roop Chand Bansal, 2005). Salah satu contoh aplikasi karbon aktif dalam industri yaitu dalam proses pengolahan air minum dan pengolahan air limbah industri. Dalam proses sintesis karbon aktif terdapat beberapa karakteristik yang menentukan kemampuan karbon aktif sebagai adsorben yang baik. Karakteristik karbon aktif yang baik memiliki luas permukaan area yang tinggi serta distribusi ukuran pori yang sesuai.

Semakin berkembang sektor industri di masyarakat dan pertumbuhan ekonomi, maka permintaan karbon aktif dengan kualitas yang baik dan harga nya murah juga meningkat. Dalam hal pemenuhan permintaan karbon aktif, banyak penelitian yang dilakukan untuk menghasilkan karbon aktif dengan karakteristik yang sesuai dengan permintaan konsumen serta harganya yang murah. Salah satu penelitian yang telah dilakukan oleh banyak orang adalah pembuatan karbon aktif dari bahan baku biomassa. Pembuatan karbon aktif dari bahan baku biomassa memiliki keuntungan diantaranya dalam hal mengurangi limbah biomassa yang dihasilkan serta meningkatkan nilai ekonomis dari bahan baku tersebut dengan mengubahnya menjadi produk yang lebih berguna. Salah satu bahan baku biomassa yang dapat digunakan dalam produksi karbon aktif adalah kulit salak.

Salak atau *Salacca Zalacca* merupakan salah satu jenis buah yang sangat mudah ditemui di Indonesia. Buah salak memiliki bentuk kulit seperti sisik. Selain itu, rasa buahnya yang manis membuat salak merupakan salah satu buah yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Kulit salak merupakan bagian yang tidak dapat dikonsumsi sehingga biasanya kulit salak cenderung langsung dibuang dan menjadi limbah. Hal ini yang membuat adanya upaya untuk meminimalisir limbah dari kulit salak dengan cara

mengubah kulit salak menjadi suatu produk yang dapat digunakan lagi. Dalam hal ini, limbah kulit salak dapat digunakan menjadi bahan baku untuk pembuatan karbon aktif. Hal ini dikarenakan kulit salak merupakan biomassa lignoselulosa yang kaya kandungan karbon di dalamnya. Lignoselulosa ini memiliki tiga macam kandungan utama yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

Dalam proses pembuatan karbon aktif terdapat dua tahap utama yaitu tahap karbonisasi yang dilanjutkan dengan tahap aktivasi. Pada tahap karbonisasi terjadi proses pengubahan bahan baku menjadi karbon secara pirolisis ataupun gasifikasi yang diikuti dengan penghilangan zat-zat pengotor yang terdapat pada bahan baku. Tahap aktivasi merupakan proses peningkatan volume dan memperbesar diameter pori sehingga menghasilkan luas permukaan area yang tinggi. Selain itu, pada tahap ini terjadi juga proses penghilangan struktur karbon yang tidak teratur sehingga dapat memaksimalkan pengembangan porositas pada karbon aktif (Roop Chand Bansal, 2005). Terdapat beberapa metode yang digunakan dalam proses aktivasi diantaranya metode kimia dengan penggunaan *activating agent* seperti KOH, ZnCl₂, atau H₃PO₄ dalam proses aktivasi, metode termal atau fisika dengan menggunakan steam atau oksigen, serta metode hidrotermal dengan menggunakan air pada kondisi subkritik atau superkritik dalam proses aktivasi. Penggunaan aktivasi secara hidrotermal memiliki berbagai keuntungan dibandingkan dengan dua metode lainnya diantaranya biaya pengoperasiannya yang lebih murah, penggunaannya yang aman, dan sifatnya yang ramah lingkungan. Hal ini dikarenakan medium yang digunakan dalam proses aktivasi adalah air yang dapat diperoleh tanpa mengeluarkan biaya dan tidak perlu adanya proses *pre-treatment* untuk mengolah air yang dihasilkan setelah proses aktivasi sehingga proses aktivasi hidrotermal merupakan proses yang ramah lingkungan (Qiong Cai, 2004). Penggunaan suhu pada proses aktivasi hidrotermal juga lebih rendah dibandingkan metode aktivasi termal yang memerlukan suhu yang tinggi sehingga proses aktivasi lebih aman. Selain itu, air pada kondisi suhu dan tekanan tertentu dapat bertindak sebagai pelarut senyawa organik yang dapat menghilangkan zat-zat pengotor yang masih terdapat karbon sehingga dapat meningkatkan perolehan luas permukaan area dan distribusi permukaan pori pada karbon aktif (Moller, Nilges, Harnisch, & Schroder, 2011).

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya dengan metode aktivasi secara hidrotermal. Penelitian Dandy et al. melakukan sintesis karbon aktif dari biomassa kulit jeruk dengan metode aktivasi menggunakan subkritik air yang memvariasikan lama

aktivasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi lama aktivasi menghasilkan perkembangan volume pori yang tidak signifikan dan relatif sama besar. Penelitian Victor et al. juga melakukan sintesis karbon aktif dari biomassa kulit jeruk dengan metode aktivasi menggunakan subkritik air yang memvariasikan tekanan proses aktivasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tekanan aktivasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap luas permukaan pada karbon aktif. Hasil penelitian yang sama juga dilakukan oleh LI Ying et al. yang melakukan sintesis karbon aktif *microspheres* dari senyawa phenolic-resin dengan aktivasi subkritik dan superkritik air. Dalam penelitiannya, LI Ying et al. memvariasikan tekanan operasi dari kondisi tekanan subkritik dan tekanan superkritik. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan pada tekanan subkritik akan memberikan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan tekanan superkritik. Namun, karbon aktif yang dihasilkan pada variasi tekanan tersebut tidak mengalami perubahan luas permukaan area yang cukup signifikan. Penelitian Daniel Montane et al. juga melakukan sintesis karbon aktif dari biomassa arang dengan menggunakan aktivasi hidrotermal menggunakan air superkritikal dengan variasi kenaikan suhu dan variasi tekanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu akan menghasilkan luas permukaan area yang lebih tinggi serta meningkatkan perkembangan mikropori pada karbon aktif. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh penelitian Qiong cai et al. yang melakukan sintesis karbon aktif *microspheres* dari senyawa phenolic-resin dengan aktivasi superkritik air dengan variasi kenaikan suhu aktivasi, tekanan aktivasi dan lama aktivasi. Dalam penelitiannya dapat disimpulkan bahwa kenaikan suhu aktivasi merupakan faktor utama yang memberikan pengaruh terhadap luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu aktivasi, maka akan meningkatkan perolehan luas permukaan area karbon aktif serta meningkatkan perkembangan struktur mikropori pada karbon aktif. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa aktivasi hidrotermal menggunakan air subkritik/superkritik merupakan metode aktivasi yang menguntungkan dibandingkan metode aktivasi konvensional karena dapat meningkatkan perkembangan struktur dan distribusi ukuran pori sehingga mampu menghasilkan luas permukaan area karbon aktif. Selain itu, penelitian mengenai sintesis karbon aktif dari bahan baku biomassa dengan aktivasi subkritik dan superkritik masih belum terlalu banyak dilakukan. Maka dari itu, masih ada beberapa hal yang dapat diteliti lebih lanjut mengenai sintesis karbon aktif menggunakan aktivasi hidrotermal dengan kondisi subkritik ataupun superkritik.

Dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang sintesis karbon aktif dari biomassa kulit salak dengan aktivasi hidrotermal menggunakan air subkritik/superkritik serta memvariasikan suhu dan lama waktu aktivasi. Penelitian ini melanjutkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan melakukan sintesis karbon aktif dari biomassa kulit salak dengan karbonisasi hidrotermal menggunakan katalis dan dilanjutkan dengan aktivasi kimia dengan KOH. Dalam penelitian ini, kondisi karbonisasi optimum akan menggunakan data yang diperoleh dari penelitian sebelumnya. Karbon aktif yang diperoleh dari hasil karbonisasi dan aktivasi ini akan diuji karakteristiknya dengan analisis metode BET, analisis FTIR, dan Analisis SEM untuk mengetahui kecenderungan hasil yang diperoleh.

1.2 Tema Sentral Masalah

Sintesis karbon aktif dari kulit salak dengan menggunakan aktivasi hidrotermal yaitu air subkritik/superkritik serta karakteristik karbon aktif yang diperoleh.

1.3 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh suhu proses aktivasi hidrotermal terhadap karakteristik karbon aktif yang dihasilkan ?
2. Bagaimana pengaruh lamanya waktu aktivasi hidrotermal terhadap karakteristik karbon aktif yang dihasilkan ?

1.4 Tabel Premis

Tabel Premis dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

1.5 Hipotesis

1. Dalam sintesis karbon aktif dari kulit salak, semakin tinggi suhu aktivasi hidrotermal maka luas permukaan pada karbon aktif yang dihasilkan akan semakin meningkat.
2. Dalam sintesis karbon aktif dari kulit salak, semakin lama waktu aktivasi hidrotermal maka luas permukaan pada karbon aktif yang dihasilkan akan semakin meningkat.
3. Dalam sintesis karbon aktif dari kulit salak, semakin tinggi suhu aktivasi hidrotermal maka struktur permukaan karbon aktif yang dihasilkan akan lebih berpori.

Tabel 1.1 Tabel Premis

Peneliti	Bahan Baku	Pre-treatment	Karbonisasi	Aktivasi	Post-treatment	Hasil
(Castañeda, Corredor, Baquero, & Rodriguez, 2004)	Oil Palm Shell	<ul style="list-style-type: none"> - RM di cuci dengan distilat water dan dikeringkan dalam beberapa hari 	<ul style="list-style-type: none"> - Oven stanton redcroft. - T = 1723K (1000°C) - Waktu operasi 1 jam - suasana inert - Burn-off = 71.2% 	<ul style="list-style-type: none"> - Air superkritik. - Variasi P = 3500 psi & 4800 psi - T= 723 K - Waktu operasi 1 dan 2 jam - Heating rate 10 K/min 		<ul style="list-style-type: none"> - Nilai humidity rendah pada kondisi yang tinggi dan kuat - Kondisi terbaik pada T= 723 K & P= 4800 psi, t= 2 jam - Karbon aktif yang dihasilkan mencapai 671 m²/gr
(Qiong Cai, 2004)	Phenolic-Resin	<ul style="list-style-type: none"> - Novolac-type phenolic resin dan heksametilenetetramine (100:12.1, w/w) dicampur dengan polyethylene glycol (10%wt) dan dilarutkan dalam metanol (solid-liquid, 1:2, w/w) 	<ul style="list-style-type: none"> - T = 800°C - t = 30 menit - High-Pressure Reaktor - Kondisi inert 	<ul style="list-style-type: none"> - Variasi Suhu aktivasi = 550-650°C - Variasi P = 24 – 36 MPa - Heating rate 3°C/min. - Laju alir air 1,5-4 ml/min - Durasi aktivasi 6-10 jam 	<ul style="list-style-type: none"> - Reaktor didinginkan ke suhu ruangan dengan aliran N₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi terbaik pada T = 650°C, P = 36MPa, burn off = 50,8%, laju alir = 4 ml/min. - Tingkat burn-off karbon mempengaruhi hasil surface area dan mesoporosity AC dengan metode SCW - Kekuatan mekanikal dengan metode aktivasi SCW lebih baik dibandingkan dengan steam
(Salvador, Jesu'sSa'nchez-Montero, & Izquierdo, 2008)	Phenolic Fiber		<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi N₂ inert - 100 cm³/min - horizontal furnace - Heating rate 5°C/min. - T = 700° - t = 90 menit 	<ul style="list-style-type: none"> - Variasi tekanan = 29 MPa dan tekanan atmosfer - Laju air 4 gram/min - Variasi T = 630, 670, 710, 750°C - Burn off 8-67%. - Aktivasi dengan air superkritik dan steam 	<ul style="list-style-type: none"> - Karbon aktif dikarakteristik dari N₂ adsorption-desorption isotherm dan CO₂ adsorpsi-desorpsi - Sampel di outgassed pada 350°C pada udara vakum selama 24 jam 	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi terbaik aktivasi SCW, T = 710°C, burnoff = 55%, P = 29MPa, BET = 1153 m²/g. - Aktivasi dengan SCW menghasilkan volume mikropori yang lebih kecil dengan distribusi ukuran pori yang lebih luas dan menghasilkan beberapa mesoporosity pada burnoff yang tinggi
(Ying, Zheng-hong, Fei-yu, & Bao-hua, 2010)	Phenolic Resin	<ul style="list-style-type: none"> - Novolac-type phenolic resin, hexamethylenetetramine (100:12.1, mass ratio) dicampur dengan cerous chloride dilarutkan dalam methanol. Kemudian dievaporasi pada low-voltage oven 	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi Inert - T = 800°C - t = 1 jam - Variasi Sampel dengan katalis (CeCl₃.7H₂O) dan tanpa katalis 	<ul style="list-style-type: none"> - Variasi Aktivasi : Direct Activation dan Carbonization-Activation - Heating rate = 3°C/min - T = 650°C dan t = 4 jam - Variasi Tekanan = 12-36MPa. (Sub-Super) 		<ul style="list-style-type: none"> - Tekanan subcritical menghasilkan total pore volume dan volume mesoper yang lebih tinggi jika dibandingkan tekanan superkritik - Metode CA, kondisi optimum pada P = 36MPa, Surface area = 781m²/g, Volume mesopore = 0.25 cm³/g - Metode DA, kondisi optimum pada P=28MPa, surface area = 652m²/g, Volume mesopore = 0.21 cm³/g - Penggunaan katalis menghasilkan total volume pori dan volume mesopori yang lebih besar

(Victor Abednego Rolland Doko, Ratna Frida Susanti dan Arenst Andreas, 2015)	Kulit jeruk	<ul style="list-style-type: none"> - Kulit jeruk dicuci bersih dengan air lalu dibilas dengan air distilasi - Dikeringkan pada suhu 105°C selama 24 jam - Ditumbuk hingga didapat ukuran 30 mesh 	<ul style="list-style-type: none"> - Oven - T = 800°C dan t = 2 jam 	<ul style="list-style-type: none"> - Air Subkritik - T = 200°C, t = 1 jam - Variasi Tekanan 120, 170, dan 220 bar 	<ul style="list-style-type: none"> - Karbon aktif di keluarkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam 	<ul style="list-style-type: none"> - Aktivasi dengan menggunakan air subkritik memberikan peningkatan luas permukaan dan volume pori yang signifikan - Terjadi sedikit penurunan diameter rata2 pori - Memiliki rentang ukuran karbon aktif pada ukuran mesopore - Perubahan tekanan memberikan pengaruh yang kurang signifikan dalam aktivasi - Kondisi terbaik pada suhu 200°C dan tekanan 170 bar dengan luas permukaan 491,84 m²/g
(Dandy, 2015)	Kulit Jeruk	<ul style="list-style-type: none"> • Dicuci dengan air suling dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 800°C selama 2 jam • Diayak dengan -20+30 mesh 	<ul style="list-style-type: none"> • Karbonisasi dengan menggunakan furnace • Menggunakan variasi temperatur sebesar 500 dan 800°C • Dikarbonisasi selama 1 jam 	<ul style="list-style-type: none"> • Subkritik Air • Temperatur 200°C • Tekanan 120 bar • Waktu aktivasi 15 dan 60 menit 	-	<ul style="list-style-type: none"> • Variasi waktu aktivasi memberikan pengaruh kecil • Pada variasi waktu aktivasi tidak memberikan pengaruh yang besar pada diameter pori • Volume pori yang dihasilkan sama
(Maria Angela N S, Arenst Andreas, and Aditya Putranto, 2015)	Kulit Salak	<ul style="list-style-type: none"> - Kulit salak dicuci bersih menggunakan air keran dan dikeringkan di dalam oven pada temperature 110°C selama 24 jam - Diayak dengan -100+200 mesh 	<ul style="list-style-type: none"> - 12 gram bubuk kulit salak - Furnace kondisi inert - T=600°C, t=1 jam - Perendaman dengan larutan 20%w H₃PO₄, ratio 1:4 	<ul style="list-style-type: none"> - Water-Bath- Shaker - T = 27°C, t=20 jam - Dikeringkan dalam oven pada T= 110°C selama 24 jam 	<ul style="list-style-type: none"> - Karbon aktif dicuci dengan akuades dan NaOH hingga pH netral dan dikeringkan selama 24 jam dengan suhu 110°C 	<ul style="list-style-type: none"> - Semakin besar luas permukaan karbon aktif, ukuran diameter pori semakin kecil - Diameter rata2 pori semakin menurun seiring meningkatnya konsentrasi H₃PO₄ - Luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan mencapai 691,59 m²/g, volumer pori 0,42 cm³/gr, diameter pori 23,92 amstrong.
(Arie, Vincent, & Putranto, 2016)	Kulit salak	<ul style="list-style-type: none"> - Kulit salak dibancurkan disaring menjadi ukuran 2-2.8 mm - Pre karbonisasi dilakukan pada suhu 500°C selama 1 jam 	<ul style="list-style-type: none"> - konsentrasi activating agent = 10, 15, 20%w - Ratio campuran massa dan activating agent = 1:1, 2:1, 4:1 	<ul style="list-style-type: none"> - Slurry dikeringkan dengan T=80°C selama 1 hari - Sampel dipiroksis, kondisi inert, T = 800°C selama 1 jam 	<ul style="list-style-type: none"> - Karbon aktif dicuci dengan 0.1 M HCl dan air distilat hingga pH netral 	<ul style="list-style-type: none"> - Kondisi optimum pada konsentrasi KOH 20% dengan ratio pencampuran 1:4 dengan luas permukaan 1969 m²/g - Karbon aktif memiliki struktur mesoporous - %yield menurun dari 24.75% ke 14.5% ketika rasio pencampuran meningkat
(Andreas, Putranto, & Sabatini, 2015)	Kulit Salak	<ul style="list-style-type: none"> - Kulit salak dicuci dengan air lalu dibilas dengan air distilat - Dikeringkan dalam oven, T=110°C, t=24jam - Ukuran -100+200 mesh 	<ul style="list-style-type: none"> - Konsentrasi K₂CO₃ dibuat dengan 10%w - Perbandingan massa kulit salak dan massa K₂CO₃ 1:2 	<ul style="list-style-type: none"> - Water-bath-saker - T=27°C, t=24jam - Setelah aktivasi, dimasukkan dalam oven T=110°C selama 1 hari 	<ul style="list-style-type: none"> - Serbuk kulit salak dicuci dengan air distilasi hingga pH 6.5 - Dikeringkan dalam oven 110°C selama 1 hari 	<ul style="list-style-type: none"> - Karbon aktif yang dihasilkan memiliki luas permukaan 888.9 m²/g - Diameter pori sebesar 37,987 Amstrong - Ukuran pori adalah mesopori dengan rentang diameter 2-50 Amstrong

1.6 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh suhu proses aktivasi hidrotermal terhadap karakteristik karbon aktif yang dihasilkan.
2. Mempelajari pengaruh lama waktu aktivasi hidrotermal terhadap karakteristik karbon aktif yang dihasilkan.

1.7 Manfaat Penelitian

1. Bagi peneliti, dapat mengetahui perolehan karbon aktif terbaik dari hasil proses karbonisasi dan aktivasi hidrotermal subkritik air dengan variasi tertentu.
2. Bagi masyarakat, sebagai bentuk alternatif dalam hal meminimalisir serta memaksimalkan limbah dari kulit salak.
3. Bagi industri, memberikan informasi tentang bagaimana memaksimalkan kualitas dan kuantitas dalam produksi karbon aktif

1.8 Batasan Masalah

1. Biomassa yang digunakan dalam sintesis karbon aktif adalah kulit salak
2. Penelitian ini difokuskan hanya pada tahap aktivasi hidrotermal.
3. Tahap karbonisasi hidrotermal pada penelitian ini digunakan kondisi terbaik pada penelitian sebelumnya.
4. Variasi yang dilakukan dalam sintesis karbon aktif adalah variasi suhu aktivasi hidrotermal, dan lama waktu aktivasi hidrotermal.