



**DESAIN AUGER PYROLIZER PADA PRA-
RANCANGAN PABRIK KARBON AKTIF DARI SEKAM
PADI KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Kimia**

Oleh

Ririn Hanifah

NIM. 5213415012

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019

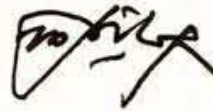
PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Ririn Hanifah
NIM : 5213415012
Program Studi : Teknik Kimia

Skripsi dengan Judul "*Desain Auger Pyrolizer pada Pra-Rancangan Pabrik Karbon Aktif dari Sekam Padi dengan Aktivator NaOH Kapasitas 17.000 Ton/Tahun*" telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Skripsi Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 15 Juli 2019

Pembimbing



Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.

NIP. 197405191999032001

PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul “Desain Auger Pyrolizer pada Pra-Rancangan Pabrik Karbon Aktif dari Sekam Padi dengan Aktivator NaOH Kapasitas 17.000 Ton/Tahun” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada 29 Juli 2019.

Oleh

Nama : Ririn Hanifah

NIM : 5213415012

Jurusan : Teknik Kimia

Panitia

Ketua



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

Sekretaris



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

Penguji 2



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

Penguji 1



Dr. Astrilia Damayanti, S.T., M.T.
NIP. 197309082006042001

Pembimbing



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

Mengetahui.

Dekan Fakultas Teknik



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

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

Semarang, 18 Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Ririn Hanifah

NIM. 5213415012

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Janganlah bersedih dan berputus asa, ingatlah firman Allah SWT “...Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”
(QS. Al Baqarah 2: 216)

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT
2. Ibu dan Bapak tercinta
3. Adikku, Ana Azizah
4. Seluru dosen Teknik Kimia UNNES
5. Teman-teman Teknik Kimia angkatan 2015 yang tercinta.
6. Seluruh almameterku

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul *“Desain Auger Pyrolizer pada Pra-Rancangan Pabrik Karbon Aktif dari Sekam Padi dengan Aktivator NaOH Kapasitas 17.000 Ton/Tahun”*. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Program Studi Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safa’at Nya di yaumul akhir nanti, Amin.

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

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum., selaku Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang penuh perhatian dan atas berkenaan memberi bimbingan dan kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan skripsi ini.
4. Semua dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
5. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga tugas penelitian ini dapat bermanfaat untuk pembaca dan akademisi untuk memperoleh data yang relevan mengenai perancangan auger pyrolizer pada pabrik karbon aktif.

Semarang, 15 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
ABSTRAK	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karbon Aktif	5
2.2 Proses Pirolisis	7
2.3 Karbonisasi	7
2.4 Aktivasi	9
2.5 Natrium Hidroksida	9
2.6 Auger Pyrolizer	11
2.7 Spesifikasi Bahan baku dan produk	11
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Prosedur Kerja	13
BAB IV PEMBAHASAN	15

BAB V PENUTUP26
DAFTAR PUSTAKA27

ABSTRAK
DESAIN AUGER PYROLIZER PADA PRA RANCANGAN PABRIK
KARBON AKTIF DARI SEKAM PADI KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN

Ririn Hanifah

Universitas Negeri Semarang, Semarang, Indonesia

Dosen Pembimbing : Dr. Wara Dyah Pita Rengga., S. T., M. T.

Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben, katalis, serta pendukung katalis dalam berbagai aplikasi industri dan lingkungan. Karbon aktif dibuat dengan cara pirolisis lignoselulosa pada biomassa pada suhu 500°C dengan waktu tinggal 30 menit. Reaksi pirolisis ini dilakukan di dalam reaktor auger pirolizer dengan tekanan 1 atm. Proses pirolisis ini dilakukan tanpa kehadiran oksigen.

Produk yang dihasilkan dalam reaksi pirolisis ini adalah produk padat berupa karbon, serta produk samping berupa gas yang nantinya terkondensasi di dalam kondenser. Reaktor auger pirolizer memiliki *screw* yang berguna untuk menggerakkan biomassa yang terdapat di dalam reaktor selama proses pirolisis.

Reaktor auger pirolizer memiliki panjang 4,093 m dan diameter 1,023 m, diameter *screw* 0,341 m dan power yang diperlukan sebesar 1 hp dengan tebal *shell* 3/16 in. Lapisan isolator yang digunakan di dalam tangki ini adalah mial fiber block dengan diameter 0,056 m.

Kata kunci: karbon aktif, pirolisis, auger pirolizer

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia yang pesat memberikan dampak positif sebagai penggerak pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat, namun disisi lain, kemajuan industri menimbulkan permasalahan baru yaitu meningkatnya resiko pencemaran lingkungan akibat limbah industri yang dihasilkan (Rantepadang dan Widodo, 2017).

Metode yang dapat menangani permasalahan tersebut antara lain filtrasi membran (Ang et al., 2015), sedimentasi (Ding et al., 2016), dan adsorpsi (Worch, 2012). Namun, filtrasi dengan membran memiliki kekurangan yaitu memiliki biaya yang mahal serta sering terjadi penyumbatan pada filter (Cho et al., 2015). Sedangkan sedimentasi memiliki kelemahan yaitu memerlukan lahan untuk proses sedimentasi yang luas (Indriawan et al., 2017). Metode lain yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah adalah adsorpsi (Worch, 2012). Proses adsorpsi dalam penerapannya lebih efisien, praktis dan lebih murah (Sami dan Zaini, 2016).

Adsorben yang sering digunakan dalam proses adsorpsi pada industri adalah zeolit alam dan karbon aktif (Emelda, 2013). Namun, zeolit merupakan adsorben yang bersifat polar sehingga kurang cocok untuk digunakan sebagai adsorben senyawa non polar seperti zat warna dan lain sebagainya (Irawan, 2018). Oleh karena itu, diperlukan adsorben yang dapat mengatasi kekurangan tersebut, salah satunya yaitu karbon aktif.

Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori dengan kandungan karbon 85-95%, yang dibuat dengan bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi (Mifbakhuddin dan Nurullita, 2016). Karbon aktif memiliki kelebihan yaitu luas permukaan dan volume pori yang besar, memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi, sederhana, murah, serta mudah diaplikasikan (Mahmoodi et al., 2018). Luas permukaan dan pori karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram (Arauzo et al., 2018). Besarnya luas permukaan dan pori yang dimiliki karbon aktif dikarenakan karbon aktif telah mengalami proses aktivasi

yang berfungsi untuk meningkatkan ukuran pori dan luas permukaanya (Arauzo et al., 2018).

Karbon aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon atau bahan yang mengandung lignoselulosa dengan presentase kandungan inorganik yang rendah (Arena, 2016). Karbon aktif dari limbah biomassa yang mengandung lignoselulosa memiliki banyak kelebihan, yaitu bahan bakunya mudah didapat dengan harga yang murah sehingga berpotensi untuk dikembangkan (Haura et al., 2017). Beberapa biomassa yang umum dibuat sebagai karbon aktif antara lain kulit jeruk keprok untuk adsorpsi *Remazol Brilliant Blue* (Erprihana dan Hartanto, 2014), cangkang buah karet (Arifin et al., 2018), kulit pisang kapok (Viena dan Wardani, 2018), tongkol jagung (Amin et al., 2016), serta sekam padi sebagai adsorben *methylene blue* (Dwidiani et al., 2018).

Bahan seperti kulit pisang dan kulit salak memiliki kelemahan karena merupakan buah musiman sehingga ketersediannya terbatas. Oleh karena itu, diperlukan bahan baku yang memiliki ketersediaan melimpah dan mudah didapat. Sekam padi merupakan biomassa yang berpotensi untuk dijadikan sebagai prekursor karbon aktif, karena memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi seperti ditunjukkan oleh Tabel 1.1. Selain itu ketersediaan sekam padi di Indonesia melimpah karena Indonesia banyak menghasilkan padi dengan kapasitas mencapai 81,38 juta ton pada tahun 2017 sehingga sekam padi di Indonesia mudah didapatkan (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2017).

Tabel 1.1 Kandungan Lignoselulosa pada Sekam Padi

Kandungan	Sekam Padi
Lignin (%)	19,50
Selulosa (%)	45,00
Hemiselulosa (%)	19,00
Silika (%)	15,00
Lain-lain (%)	1,50

(Srisuwan et al., 2018)

Proses pembuatan karbon aktif terdiri dua tahap utama, yaitu karbonisasi kemudian dilanjutkan dengan aktivasi (Ma et al., 2017). Proses karbonisasi dilakukan untuk mengonversi biomassa menjadi karbon. Proses karbonisasi memerlukan reaktor yang bisa menghasilkan yield karbon yang tinggi. Reaktor

yang paling sesuai digunakan dalam proses karbonisasi adalah auger pirolizer karena memiliki waktu tinggal yang lama sehingga yield karbon yang dihasilkan besar. Dimensi reaktor auger pirolizer dan daya yang diperlukan tergantung pada massa bahan yang masuk, sehingga pada penelitian ini akan dipelajari lebih lanjut perancangan reaktor auger pirolizer sehingga didapatkan dimensi optimum.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, dapat diidentifikasi masalahnya sebagai berikut:

1. Karbon aktif merupakan adsorben yang sering digunakan dalam industry, namun pemenuhannya masih dilakukan dengan cara impor karena produk dalam negeri belum mencukupi kebutuhan.
2. Lignoselulosa merupakan senyawa utama dalam pembuatan karbon aktif yang terdekomposisi pada suhu 500°C.
3. Reaktor auger pirolizer merupakan reaktor yang paling tepat untuk proses pirolisis lambat.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pembatasan masalah agar permasalahan tidak meluas dan dapat dibahas secara mendalam pada penelitian ini, diantaranya:

1. Perancangan pabrik karbon aktif di Indonesia perlu dilakukan karena kebutuhan dalam negeri masih dipenuhi dengan cara impor.
2. Auger pirolizer merupakan alat yang akan dirancang untuk proses pirolisis lignoselulosa menghasilkan karbon.
3. Auger pirolizer dengan menggunakan *screw* merupakan jenis reactor pirolisis yang akan dirancang dalam penelitian ini.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diuraikan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana dimensi reactor auger pirolizer untuk proses pirolisis sekam padi?

2. Bagaimana daya yang diperlukan pada reaktor auger pirolizer?
3. Bagaimana tebal lapisan isolasi pada reaktor auger pirolizer?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan dimensi reaktor auger pirolizer untuk proses pirolisis sekam padi.
2. Menentukan daya yang diperlukan pada reaktor auger pirolizer.
3. Mengetahui tebal isolasi pada reaktor auger pirolizer

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Bagi Lingkungan dan Masyarakat
Memberi kontribusi dan wawasan dalam proses pirolisis menggunakan reaktor auger pirolizer.
2. Bagi IPTEK
Memberikan informasi bahwa proses pirolisis lignoselulosa dengan reaktor auger pirolizer efisien dalam proses pembuatan karbon

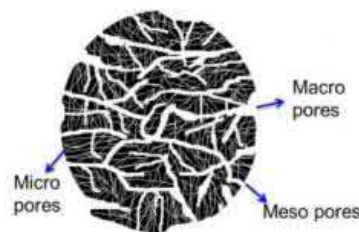
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

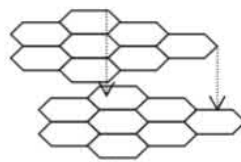
2.1 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan karbon amorf yang tersusun oleh atom C yang terikat kovalen dalam kisi heksagonal datar dengan satu atom C pada setiap sudutnya, dengan luas permukaan berkisar antara 300 - 3500 m²/g (Jamilatun et al., 2014). Karbon aktif mengandung karbon sebanyak 85% - 95%. Karbon aktif memiliki daya jerap yang besar, yaitu 25 - 1000% terhadap berat karbon aktif (Po et al., 2014). Karbon aktif dapat dihasilkan dari bahan yang mengandung sumber karbon seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan pektin (Mulyati et al., 2017).

Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben, katalis, serta pendukung katalis dalam berbagai aplikasi industri dan lingkungan (Rahman et al., 2015). Umumnya beberapa industri yang menggunakan karbon aktif diantaranya industri obat dan makanan, industri minuman, kimia perminyakan, pengolahan air, industri gula, pemurnian gas, katalisator, dan pengolahan pupuk. Karbon aktif memiliki struktur pori dan struktur fisika seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 1.4 Struktur pori Karbon aktif (Imammuddin et al., 2018)



Gambar 1.5 Struktur karbon aktif (Imammuddin et al., 2018)

Terdapat 3 jenis pori-pori karbon aktif, yaitu:

- a. Mikropori dengan ukuran di bawah 2 nm.
- b. Mesopori dengan ukuran 2-50 nm.

- c. Makropori dengan ukuran di atas 50 nm

(Bilakey et al., 2016).

Berdasarkan ukurannya, karbon aktif dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Karbon aktif serbuk

Karbon aktif serbuk memiliki ukuran partikel di bawah 100 μm dan diameter 15-25 μm . Karbon aktif serbuk ini sangat mudah terbang karena ukurannya sangat halus, sehingga biasanya dicampur dengan air sekitar 30 - 50%.

- b. Karbon aktif granula

Karbon aktif ini berbentuk butiran atau kepingan (*flake*) dengan ukuran partikel lebih besar dari karbon aktif serbuk dan sering digunakan pada industri (Gamal et al., 2018).

Karbon aktif harus memenuhi syarat dan standar kualitas yang telah ditetapkan. Standar kualitas karbon aktif granula di Indonesia ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Mutu Karbon Aktif Granula Teknis Berdasarkan SNI 06-3730-1995

Karakteristik Karbon Aktif	Syarat
Kadar bagian hilang pada pemanasan 950 $^{\circ}\text{C}$ (% Maks)	15
Kadar air (% Maks)	4,4
Kadar abu (% Maks)	2,5
Daya serap I_2 (mg/g Min)	750
Daya serap benzena (% Min)	25
Daya serap <i>methylene blue</i> (mg/g Min)	60
Bagian tidak menjadi arang	Tidak Nyata
Karbon aktif murni (% Min)	80
Kerapatan jenis curah (g/mL)	0,45 – 0,55
Lolos ukuran mesh 325 % (% Min)	-
Jarak mesh (%)	90
Kekerasan (%)	80

(SNI, 1995)

Di samping memenuhi SNI, karbon aktif juga harus memiliki karakteristik berupa luas permukaan yang besar dan distribusi ukuran pori yang beragam. Luas permukaan karbon aktif yang baik berkisar antara 500 - 1.500 m^2/g (Pallarés et al.,

2018). Distribusi ukuran pori karbon aktif yang baik berkisar antara $< 1 - 100$ nm (Pallarés et al., 2018).

Terdapat dua proses utama dalam pembuatan karbon aktif, yaitu pirolisis dan aktivasi.

2.2 Proses Pirolisis

Pirolisis merupakan proses dekomposisi biomassa menjadi fraksi padat, cair dan gas dengan memanaskan biomassa pada temperatur tinggi tanpa kehadiran oksigen. Proses pirolisis ini menyebabkan perubahan pada komposisi, baik fisik maupun kimiawi, serta bersifat irreversibel. Kelebihan dari pirolisis ini adalah dapat bekerja pada tekanan atmosfer dan suhu sekitar 500°C (Abed et al., 2018). Fraksi padat yang dihasilkan dari proses pirolisis disebut sebagai *biochar* atau arang yang dapat digunakan sebagai karbon aktif. Sementara itu, fraksi cair hasil pirolisis disebut *bio-oil* yang memiliki manfaat sebagai bahan bakar minyak sebagai sumber energi (Kusmiaty et al., 2015).

Proses pirolisis dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu pirolisis cepat (*fast pyrolysis*) dan pirolisis lambat (*slow pyrolysis*). Pirolisis lambat digunakan untuk memproduksi karbon, sedangkan pirolisis cepat pada umumnya digunakan untuk memproduksi bio oil (Basu, 2013).

2.3 Karbonisasi

Karbonisasi merupakan salah satu jenis pirolisis lambat (*slow pyrolysis*) yang bertujuan untuk mengonversi bahan organik menjadi arang dengan cara menguraikan selulosa organik menjadi unsur karbon dalam ruangan tanpa oksigen (Imammuddin et al., 2018; Budi dan Wulandari, 2015). Proses karbonisasi dilakukan tanpa oksigen karena apabila terdapat oksigen saat proses berlangsung akan ada reaksi dengan material lain yang menghasilkan abu (Sarah, 2018).

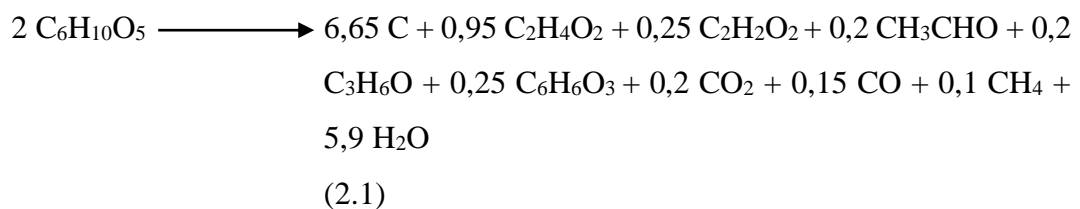
Proses karbonisasi pada rentang temperatur $200-500^{\circ}\text{C}$ akan menghasilkan CO, CO₂ dan asam asetat (Tihay dan Gillard, 2010). Dekomposisi menghasilkan tar, metanol, dan hasil samping lainnya terjadi pada suhu 275°C . Sementara itu, temperatur $400^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$ terjadi pembentukan karbon. Selulosa akan mengalami dekomposisi dan menghasilkan karbon pada suhu $275^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$, hemiselulosa mengalami dekomposisi dan menghasilkan karbon pada suhu $150^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$, dan

lignin terdekomposisi menghasilkan karbon pada suhu 250°C – 500°C (Basu et al., 2013).

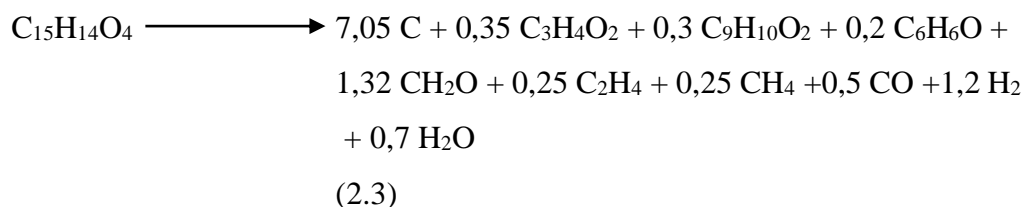
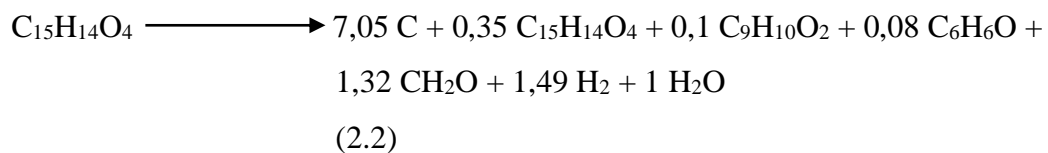
Proses karbonisasi sekam padi yang dilakukan di reaktor *auger pyrolyzer* dengan suhu 500°C (773,15K) menghasilkan *yield* sebesar 23% (Grounli et al., 2012). Selain menghasilkan karbon, proses karbonisasi juga menghasilkan zat lain seperti *bio-oil* dan *non condensable gas* (Ferrufino et al., 2017). Material padat yang tertinggal setelah proses karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan luas permukaan yang kecil (Andri dan Patmawati, 2017).

Proses karbonisasi lignoselulosa ditunjukkan oleh persamaan sebagai berikut:

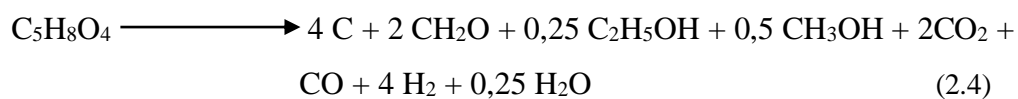
a. Reaksi Dekomposisi Selulosa



b. Reaksi Dekomposisi Lignin



c. Reaksi Dekomposisi Hemiselulosa



(Ranzi et al., 2008)

Proses karbonisasi memiliki empat tahap, yaitu:

1. Penguapan air
2. Penguraian selulosa menjadi distilat yang mengandung asam - asam dan methanol
3. Penguraian sebagian selulosa menghasilkan gas dan sedikit air

4. Penguraian senyawa-senyawa lignin sehingga menghasilkan tar pada temperatur tinggi dan cukup lama (Aquariska et al., 2017).

2.4 Aktivasi

Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar ukuran pori dengan cara memecah ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul - molekul permukaan sehingga terjadi perubahan sifat baik fisika ataupun kimia (Antika et al., 2015). Selain itu, proses aktivasi akan meningkatkan luas permukaan karbon, dan juga memperbesar kapasitas adsorpsi (Kusumastuti et al., 2018). Ada dua jenis aktivasi, yaitu:

a. Aktivasi fisika

Aktivasi fisika merupakan proses aktivasi dengan bantuan panas, uap, dan gas CO₂. Aktivasi fisika dilakukan dengan pemanasan karbon pada suhu di atas 600⁰C hingga mencapai 1000⁰C (Jaroniec et al., 2015). Aktivasi fisika terjadi pengeluaran molekul - molekul air, hidrogen, CO, dan senyawa pengotor lainnya dari rangka kristal (*framework*), di mana satu molekul air dikeluarkan oleh setiap dua gugus -OH yang berdekatan (Viena et al., 2018). Pengeluaran molekul - molekul dan senyawa pengotor yang terjadi menyebabkan pori lebih terbuka sehingga memperluas permukaan pori.

b. Aktivasi kimia

Aktivasi kimia merupakan aktivasi yang dilakukan menggunakan *activating agent* seperti H₃PO₄, CaCl₂, KOH, H₂SO₄, Na₂CO₃, NaCl, K₂S, HCl, ZnCl₂, serta NaOH yang berfungsi untuk membuka permukaan arang yang tertutup oleh tar (Cahyono et al., 2018). *Activating agent* akan merusak permukaan pada bagian dalam karbon dan mengoksidasinya sehingga terbentuk pori yang akan meningkatkan daya adsorpsi. Agen pengaktif juga berperan dalam menghambat pembentukan tar serta meminimalisir terbentuknya asam asetat dan metanol (Haryati et al., 2014).

Proses aktivasi kimia memiliki beberapa kelebihan, yaitu luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan lebih tinggi, kondisi suhu dan tekanan operasinya lebih rendah daripada aktivasi fisika, dan waktu yang diperlukan lebih singkat sehingga lebih efisien dalam pengoperasiannya.

Proses aktivasi sekam padi, aktivator NaOH memiliki beberapa kelebihan, yaitu memberikan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan aktivator seperti $ZnCl_2$, H_3PO_4 , dan KOH di mana aktivator NaOH memberikan luas permukaan sebesar $2802 \text{ m}^2/\text{g}$, sedangkan luas permukaan karbon aktif sekam padi dengan aktivator $ZnCl_2$ sebesar 811, H_3PO_4 sebesar $451,82 \text{ m}^2/\text{g}$, dan KOH sebesar $2.342 \text{ m}^2/\text{g}$ (Chang et al., 2013; Shresta et al., 2019). Selain itu, NaOH sebagai alkali dapat memisahkan silika yang terkandung di dalam sekam padi karena NaOH dapat bereaksi dengan silika membentuk natrium silikat yang larut di air dan dapat dipisahkan dengan proses pencucian. Pemisahan silika ini juga berfungsi meningkatkan luas permukaan karbon aktif (Rhaman et al., 2017). Aktivator seperti H_3PO_4 dan $ZnCl_2$ tidak dapat menghilangkan SiO_2 yang terkandung di dalam sekam padi (Chang et al., 2013).

2.5 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida atau soda kaustik merupakan bahan kimia dengan bentuk kristal putih padat yang mudah bereaksi apabila masuk ke dalam lingkungan (Hakim et al., 2017). Natrium Hidroksida akan menghasilkan larutan alkalin yang kuat dan akan melepas panas ketika dilarutkan ke dalam air (Kurniawan, 2017). NaOH memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

Fase	: Padat
Berat molekul	: 40 g/mol
<i>Spesific gravity</i>	: 2,130 (pada 30°C tekanan 1 atm)
Titik leleh	: $318,4^\circ\text{C}$
Titik didih	: 1.390°C
Kelarutan pada 30°C	: 119 gr/100gr air

(Perry's 8th Edition, 2008).

2.6 Auger Pirolizer

Auger pirolizer merupakan reaktor pirolisis yang menggunakan *screw* untuk memutar bahan yang dipanaskan. Auger pirolizer ini cocok untuk pirolisis lambat yang memerlukan waktu tinggal cukup lama sehingga menghasilkan produk karbon yang tinggi dan produk bio-oil yang rendah. Produk pirolisis yang berupa gas akan

keluar melalui bagian atas auger dan dikondensasikan menggunakan condenser, sedangkan produk yang berupa padatan akan keluar melalui bagian bawah reaktor.

2.7 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

Spesifikasi bahan baku dan produk yang terdapat di pabrik karbon aktif ini adalah sebagai berikut:

a. Sekam padi

Bentuk	: Padatan (suhu 30°C tekanan 1 atm)
Lignin	: 19,5%
Selulosa	: 45%
Hemiselulosa	: 19%
Silika	: 15%
Air	: 1,5%

(Srisuwan et al., 2018)

b. NaOH

Bentuk	: flake
Fase	: padat (suhu 30°C tekanan 1 atm)
Kemurnian	: 98%
Titik leleh	: 318,4°C
Titik didih	: 1390°C
Warna	: putih
Sifat	: basa
Kelarutan dalam air	: 119 g/L (pada 30°C, 1 atm)

c. Nitrogen

Mr	: 28,01 g/mol
Fasa	: cair (pada 77K, 1 atm)
Titik leleh	: -209,86°C
Titik didih	: -195,8°C
Kemurnian	: 99,9%

d. Karbon aktif

Bentuk	: Granula
Fasa	: padat (pada 30°C, 1 atm)

Ukuran	: 20 mesh
Kemurnian	: 89,34%
Kandungan air	: 1,999%
Lain-lain	: 8,3%
e. Bio oil	
Fasa	: cair (pada 40°C 1 atm)
Titik didih	: 98,72°C
Tekanan uap	: 0,084 atm
Massa jenis	: 714,549 kg/m ³ (pada 40°C 1 atm)

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Auger pirolizer digunakan untuk proses karbonisasi lignoselulosa pada suhu 500°C.
2. Hasil perancangan auger pirolizer memiliki panjang 4,093 m dan diameter 1,023 m, diameter *screw* 0,341 m dan power yang diperlukan sebesar 1 hp dengan tebal *shell* 3/16 in.
3. Isolator yang digunakan yaitu mineral fiber block dengan tebal 0,056 m.

B. Saran

1. Perlu dihitung lebih lanjut dimensi pirolizer untuk waktu tinggal yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Aquariska, F., Moeksin, R., dan Munthe, H. 2017. Pengaruh Temperatur dan Komposisi Pembuatan Biobriket dari Campuran Kulit Kakao dan Daun Jati dengan Plastik Polietilen. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(3), 173–182.
- Asiamah, K. 2012. Design of Pyrolysis Reactor. U.S Departement of Energy : New York
- Basu, P. 2013. *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction*. 2nd ed. London: Elsevier Inc.
- Benu, N. M., Manginsela, E. P. dan Rasu, A. 2017. Dampak Industri PT. Global Coconut Terhadap Masyarakat di Desa Radey, Kecamatan Tenga, Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Agri-SosioEkonomi* 13(1), ISSN 1907– 4298.
- Bilakey, N.D., C. Igwilo, M. Illomunya, dan N. Ifudu. 2017. Effect of pore size and morphology of activated charcoal prepared from midribs of *Elaeis guineensis* on adsorption of poisons using metronidazole and *Escherichia coli* O157:H7 as a case study. *Journal of Microscopy and Ultrastructure* 5(1): 20-26.
- Chang, C. H., Genga, B. Y., Huang, S. T., Song, X. L., Sung, I. Y., dan Zhang, Y. 2013. Adsorption of Nitrate Ions onto Activated Carbon Prepared from Rice Husk by NaOH Activation. *Desalination and Water Treatment* 52, 4935–4941.
- Geankoplis, C. J. 1983. *Transport Processes and Unit Operations, Third Edition*. Prentice-Hall International, Inc.
- Holman, J.P. 1986. *Heat Transfer 8th Edition*. Mc Graw Hill Companies Inc. USA
- Jamilatun, S., E.N. Putri, dan I. D. Isparulita. 2014. Karakteristik Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Pengaktivasi H_2SO_4 Variasi Suhu dan Waktu. Makalah disajikan pada Simposium Nasional Teknologi Terapan. Yogyakarta. 1 Juni.
- Kern, D.Q. 1965. *Process Heat Transfer*. Mc Graw Hill Book Company, Singapore.
- Mulyati, T. A. dan Pujiono, F. E. 2017. Potensi Karbon Aktif dari Limbah Pertanian Sebagai Material Pengolahan Air Limbah. P-ISSN 2355-6498 |E-ISSN 2442-6555.
- Perry, R. H. dan Green, D. W. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th edition*. McGraw Hill Book Company, Singapore.
- Po, H. 2014. Karakterisasi Luas Permukaan BET (Braunauer, Emmelt, dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Fosfat. *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 2(1), 15-20.
- Rahman, Taufik, et al. 2015. Review: Sintesis Karbon Nanopartikel. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(3), 120-131.
- Ranzi, E., Alberto C., Tiziano F., Alessio F., Gabriele M., Sauro P., dan Samuele S. 2008. Chemical Kinetics of Biomass Pyrolysis. *Energy & Fuels*, 22, 4292–4300.