



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Teori Umum

II.1.1. Klasifikasi Kayu Jati

Klasifikasi pohon jati (*Tectona grandis*) menurut (Herbarium, 2011) sebagai berikut:

Regnum	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Angiospermae
Ordo	: Lamiales
Famili	: Lamiaceae
Genus	: Tectona
Spesies	: Tectona grandis

Jati merupakan salah satu spesies pohon komersial dengan nilai jual tinggi karena telah dikenal sebagai bahan baku plywood, lantai, furniture, dan kerajinan. Kayu jati memiliki serat yang halus dengan warna kayu mula-mula sawo kelabu, kemudian berwarna sawo matang apabila lama terkena cahaya matahari dan udara. Struktur pori sebagian besar soliter dalam susunan tata lingkaran, diameter 20–40 μm dengan frekuensi 3–7/mm². Menurut Fengel dan Wengener (1995) sifat-sifat kayu adalah sifat kimia, fisik, higroskopik, dan mekanik kayu. Kayu jati juga memiliki banyak senyawa bioaktif (Neamatallah, 2005).

II.1.2. Kegunaan Kayu Jati

Pada industri pengolahan kayu, jati diolah menjadi kayu gergajian, plywood, blackbord, dan particleboard. Beberapa sifat kayu perlu dipahami sebagai pertimbangan dalam menentukan jenis kayu yang akan digunakan (Herbarium, 2011). Selain itu, limbah kayu jati sebagian umum berupa serbuk gergaji hanya digunakan sebagai bahan bakar tungku, atau dibakar begitu saja sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu alternatif untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menggunakan metode karbonisasi, sehingga serbuk gergaji



kayu jati yang belum termanfaatkan secara optimal tersebut dapat diolah menjadi suatu produk yang bernilai ekonomis (Rodiah, 2007).

II.1.3. Karbon Aktif

Karbon aktif didefinisikan sebagai senyawa karbon amorf yang memiliki porositas serta luas area yang tinggi, antara 500-2.000 m^2/g (Bansal, 2005). Sintesis karbon aktif dari biomassa dapat dilakukan dengan aktivasi fisika (dua tahap) menggunakan kukus atau pun gas CO_2 pada temperatur tinggi, atau pun aktivasi kimia (satu tahap) dengan menggunakan bahan kimia sebagai agen aktivasi untuk membentuk struktur pori-pori (Yahya, 2015).

Karbon aktif dapat dibuat dari serbuk gergaji yang telah mengalami proses pirolisis atau karbonisasi dan direndam dalam bahan pengaktif. Bahan pengaktif yang banyak digunakan antara lain: $NaCl$, $ZnCl_2$, H_2SO_4 , H_3PO_4 , $Ca(OCl)_2$ dan $NaOH$. Pembuatan karbon aktif secara kimia dilakukan melalui perendaman pada zat pengaktifasi untuk melarutkan pengotor dalam pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan dan ukuran pori lebih besar. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari serbuk gergaji memiliki peluang yang cukup besar dengan rendemen berkisar 54,12–64,41%.

Karbon aktif atau sering disebut juga arang aktif, adalah suatu jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Hal ini bisa dicapai dengan mengaktifkan karbon atau arang tersebut. Hanya dengan satu gram karbon aktif, akan didapatkan suatu material yang memiliki luas permukaan kira-kira sebesar 500 m^2 (didapat dari pengukuran adsorpsi gas nitrogen). Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas permukaan saja, namun beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri.

Karbon aktif digunakan sebagai molekul penyaring, pemurnian cairan, dan gas, pemurnian dan penjernihan air, proses pembuatan makanan, katalis, penghilangan sulfur dan nitrogen pada industri, pemurnian emas. Karbon aktif digunakan pada pabrik sukrosa, glukosa, maltose, laktosa, minuman ringan, minyak, paraffin, phosphor, plastik, gliserol, gelatin, pectin, kafein, kuinin, vitamin C, jus buah, bir, dan perusahaan alkohol.



Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan dehidrasi, karbonisasi, dan dilanjutkan dengan proses aktivasi material karbon yang biasanya berasal dari tumbuh - lumbuan. Proses karbonisasi dilakukan dengan pembakaran dari material yang mengandung karbon dan dilakukan tanpa adanya kontak langsung dengan udara. Tujuan proses karbonisasi adalah untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang mudah menguap dalam bentuk unsur-unsur non karbon, hydrogen, dan oksigen. Proses karbonisasi dilanjutkan dengan proses aktivasi dimana proses ini akan mengubah produk atau material karbon menjadi adsorben. Adsorben mempunyai porositas yang tinggi dengan luas permukaan yang besar yaitu 500 - 1500 m² gr. Produk karbon aktif yang telah dihasilkan melalui tahap karbonisasi dan aktivasi, baik aktivasi kimia maupun aktivasi fisika harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) yang telah ditentukan. (Ambarlina,2012).

II.2. Landasan Teori

II.2.1. Pirolisis

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Pirolisis atau bisa di sebut thermolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pemanasan tanpa kehadiran oksigen. Proses pirolisis menghasilkan produk berupa bahan bakar padat yaitu karbon, cairan berupa campuran tar dan beberapa zat lainnya. Produk lain adalah gas berupa karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) dan beberapa gas yang memiliki kandungan kecil. Hasil pirolisis berupa tiga jenis produk yaitu padatan (charcoal/arang), gas (fuel gas) dan cairan (bio-oil). Dan umumnya proses pirolisis berlangsung pada suhu di atas 300°C dalam waktu 4-7 jam. Pirolisis disebut juga sebagai proses karbonisasi dengan pemanasan secara langsung dalam tungku Beehive yang berbentuk kubah. Hasil penelitian lain menyatakan bahwa dari perbandingan proses pirolisis dan proses karbonisasi bahwa yang menghasilkan nilai kalor tertinggi adalah proses pirolisis. Pada pirolisis menghasilkan dua arang yang berbeda yaitu dari tabung pitot dan bahan bakar sedangkan karbonisasi hanya menghasilkan satu jenis arang saja (Ridhuan,2016)



II.2.2. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pirolisis

Secara umum, faktor-faktor yang mempengaruhi proses pirolisis adalah sebagai berikut:

1. Waktu Pirolisis

Waktu yang digunakan dalam proses pirolisis, waktu ini sangat mempengaruhi lama tidaknya kesempatan bereaksi. Semakin lama waktu reaksi maka semakin meningkatkan hasil akhir fase cair dan gas walaupun hasil fase padatan akan menurun. Waktu pirolisis ini sangat tergantung pada jenis dan jumlah bahan baku.

2. Suhu pirolisis

Semakin meningkatnya suhu maka proses penguraian/dekomposisi semakin baik. Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun. Semakin tinggi temperatur pengeringan pada proses pirolisis maka semakin sedikit kadar air yang terkandung dalam arang aktif sehingga dapat menghasilkan pori yang semakin besar. Suhu pengeringan yang berpengaruh terhadap hasil arang karena semakin tinggi suhu, arang yang diperoleh makin berkurang tapi hasil cairan dan gas semakin meningkat, hal ini disebabkan makin banyaknya zat terurai dan yang teruapkan.

3. Ukuran bahan

Ukuran bahan yang akan diproses pirolisis. Ukuran ini sangat tergantung dari ukuran alat yang digunakan, hasil arang dan tujuan akhir pemakaian karbon aktif. Semakin besar ukuran mesh suatu karbon maka kapasitas adsorpsinya juga akan semakin besar karena ukuran partikelnya semakin halus sehingga luas permukaan karbon aktifnya semakin besar maka akan banyak tersedia bagian aktif yang dapat menyebabkan semakin banyak partikel adsorbat yang dapat diserap. Apabila ukuran partikel meningkat maka hasil dari padatan akan meningkat pula sedangkan hasil dari volatil dan gas akan menurun. Fenomena ini adalah konsekuensi dari penurunan temperatur pada setiap posisi radial dengan adanya peningkatan pada



ukuran partikel. Konsentrasi dari volatil dan gas meningkat sampai dengan nilai tertentu dan kemudian menurun sesuai dengan kenaikan ukuran partikel. Seiring dengan kenaikan ukuran partikel maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pirolisis pada temperatur tertentu juga akan meningkat.

4. Kadar air bahan

Kandungan air di dalam bahan. Semakin banyak mengandung air maka akan semakin banyak timbul uap air di dalam reactor pirolisis sehingga waktu yang digunakan untuk pemanasan semakin lama dan juga akan menyebabkan tar sulit mengalami pengembunan didalam pendingin. Adanya air dalam bahan yang dipirolisis mempengaruhi proses pirolisis karena kadar air dalam bahan akan menggunakan energi untuk menghilangkan kandungan air. Energi dari luar yang seharusnya digunakan untuk proses pirolisis digunakan sebagian untuk proses pengeringan kadar air bahan. Akibatnya bahan dengan kandungan air yang tinggi membutuhkan energi yang tinggi untuk proses pirolisis atau dengan kata lain pada energi yang sama bahan dengan kadar air tinggi menghasilkan gas yang lebih sedikit dari pada bahan dengan kadar air rendah.

5. Laju pemanasan

Laju pemanasan dinaikkan maka padatan pada proses pirolisis akan menurun. Produk gas yang dihasilkan pada temperatur antara 200°C dan 400 °C adalah CO dan CO₂. Ketika laju pemanasan meningkat maka gas CO, CO₂, CH₄, CH₃ akan meningkat. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju pemanasan yang lebih tinggi akan melepaskan gas hidrokarbon, begitu pula dengan minyak akan meningkat seiring dengan kenaikan laju pemanasan.

6. Komposisi bahan uji

Penambahan material plastik didalam proses pirolisis menghasilkan suatu peningkatan kandungan hidrogen didalam hasil minyaknya dibandingkan pada proses pirolisis tanpa bahan plastik. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi yang berbeda dari bahan yang diperlukan



untuk proses pirolisis menghasilkan hasil yang berbeda.

7. Laju Nitrogen

Peningkatan dari laju nitrogen menyebabkan penurunan jumlah minyak dan peningkatan jumlah gas, sedangkan hasil padatan sedikit menurun.

8. Waktu tinggal padatan

Waktu tinggal padatan mempengaruhi jumlah hasil dari pirolisis karena semakin lama bahan didalam reaktor maka padatan akan semakin terkomposisi menjadi minyak dan gas (Encinar, 2009)

II.2.3. Tipe Proses Pirolisis

1. Pirolisis lambat (slow pyrolysis).

Pirolisis yang dilakukan pada pemanasan rata-rata lambat (5-7 K/menit). Pirolisis ini menghasilkan cairan yang sedikit sedangkan gas dan arang lebih banyak dihasilkan.

2. Pirolisis cepat (fast pyrolysis).

Pirolisis ini dilakukan pada lama pemanasan 0,5-2 detik, suhu 400-600°C dan proses pemadaman yang cepat pada akhir proses. Pemadaman yang cepat sangat penting untuk memperoleh produk dengan berat molekul tinggisebelum akhirnya terkonversi menjadi senyawa gas yang memiliki berat molekul rendah. Dengan cara ini dapat dihasilkan produk minyak pirolisis yang hingga 75 % lebih tinggi dibandingkan dengan pirolisis konvensional.

3. Pirolisis Kilat (flash pyrolysis).

Proses pirolisis ini berlangsung hanya beberapa detik saja dengan pemanasan yang sangat tinggi. Flash pyrolysis pada biomassa membutuhkan pemanasan yang cepat dan ukuran partikel yang kecil sekitar 105 - 250 μm .

4. Pirolisis Katalitik Biomassa.

Pirolisis ini untuk membuktikan kualitas minyak yang dihasilkan. Minyak tersebut diperoleh dengan cara pirolisis katalitik biomassa tidak memerlukan teknik pra-pengolahan sampel yang mahal yang melibatkan kondensasi dan penguapan kembali. (Wicaksono, 2017)



II.2.4. Proses Pirolisis

Pada proses pembakaran pirolisis terdapat beberapa fase yaitu fase pengeringan; terjadi pada suhu $200^{\circ}C$. Fase pirolisis pada suhu $200-500^{\circ}C$, dan fase evolusi gas: terjadi pada suhu $500-200^{\circ}C$. Karakteristik pirolisis campuran menampilkan 3 macam grafik karakteristik pirolisis, yaitu massa, laju penurunan massa dan temperatur. Tahap yang pertama adalah pengeringan yang ditandai dengan penurunan massa yang berjalan secara lambat. Tahap kedua adalah devolatilisasi yang ditandai dengan penurunan massa yang sangat cepat. Tahap ketiga adalah karbonasi yang ditandai penurunan massa yang kembali melambat. Pembakaran pirolisis dapat menghasilkan produk utama yang berupa arang (char), asap cair (bio-oil) dan gas. Arang yang dihasilkan merupakan bahan bakar bernilai kalori yang tinggi ataupun digunakan sebagai karbon aktif. Asap cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai zat additive atau bahan pengawet makanan atau produk tertentu. Sedangkan gas yang terbentuk dapat dibakar secara langsung. Gas dari pirolisis dapat dibedakan menjadi gas yang tidak dapat dikondensasi (CO , CO_2 , CH_4 , dsb) dan gas yang dapat dikondensasi (tar). Minyak akan terjadi pada proses kondensasi dari gas yang terbentuk, disebut juga asap cair. Proses pembuatan asap cair melalui proses pirolisis dan destilasi.

Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat dengan oksigen terbatas sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu keras. Pada proses pirolisis energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang. Pembakaran pirolisis menggunakan berbagai biomassa yang berasal dari beberapa jenis sumber tumbuhan. Biomassa adalah material biologis yang berasal dari suatu kehidupan, atau organisme yang masih hidup yang berstruktur karbon dan campuran kimiawi bahan organik yang mengandung hidrogen, nitrogen, oksigen, dan sejumlah kecil dari atom-atom serta elemen-elemen lainnya.

Asap cair adalah bahan cairan yang berwarna kehitaman yang berasal dari biomassa seperti kayu, kulit kayu dan biomassa lainnya seperti dari limbah kehutanan dan industri hasil hutan melalui proses pirolisis yang mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen. Kandungan asam organik dalam asap cair adalah air, tetapi air tidak bersifat kontaminan seperti pada petroleum, karena air



bercampur dengan asap cair. Asap cair merupakan suatu hasil kondensasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung dari bahan-bahan yang banyak mengandung lignin, selulosa, hemiselulosa serta senyawa karbon lainnya. Asap yang semula partikel padat didinginkan dan kemudian menjadi cair itu disebut dengan nama asap cair. Asap cair biasanya digunakan sebagai bahan bakar atau juga sebagai pengawet makanan atau produk tertentu. (Harinen, 2004)

II.2.5. Aktivasi H_3PO_4

Aktivasi merupakan suatu proses pembentukan karbon aktif yang berfungsi untuk menambah, membuka dan mengembangkan volume pori karbon serta dapat menambah diameter pori-pori karbon yang sudah terbentuk dari proses karbonisasi melalui metode kimia atau fisika. Metode aktivasi fisika adalah proses dua langkah yang melibatkan reaksi karbonisasi zat organik menjadi arang melalui pemanasan tanpa adanya oksigen atau uap pada suhu $800-1000^{\circ}C$, biasanya menggunakan oksidator lemah misalnya uap air, CO_2 , N_2 , O_2 dan gas pengoksidan lainnya.

Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktifan selanjutnya campuran dikeringkan dan dipanaskan. Aktivator yang bersifat asam menimbulkan kerusakan kompleks pada oksigen saat proses aktivasi H_3PO_4 sehingga kandungan air dalam karbon aktif lebih sedikit. dibandingkan penggunaan aktivator bersifat basa. Berbagai keunggulan cara aktivasi kimiawi dibandingkan dengan aktivasi fisik diantaranya adalah pada proses aktivasi kimiawi, di dalam penyiapannya sudah terdapat zat kimia pengaktif sehingga proses karbonisasi sekaligus proses aktivasi karbon yang terbentuk sehingga metode ini sering disebut juga metode aktivasi satu langkah, aktivasi kimiawi biasanya terjadi pada suhu lebih rendah dari pada metode aktivasi fisik, efek dehydrating agent dapat memperbaiki pengembangan pori di dalam struktur karbon, dan produk dengan metode ini lebih banyak jika dibandingkan dengan aktivasi secara fisik.

Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon. Aktivasi arang aktif dapat dilakukan melalui proses aktivasi secara fisik dan proses kimia. Proses aktivasi secara fisik dapat dilakukan dengan pemberian uap air atau gas CO_2 ,



sedangkan secara kimia dilakukan dengan penambahan zat kimia tertentu. Aktivasi secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan zat kimia sekaligus pada saat pirolisis ataupun penambahan zat kimia setelah arang terbentuk.

Setelah aktivasi, arang aktif yang diperoleh kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui karakteristiknya. Hasil karakterisasi kemudian dibandingkan dengan karakter arang menurut SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis. Zat aktivator bersifat mengikat air terikatnya molekul air yang ada pada arang aktif oleh aktivator menyebabkan pori-pori pada arang aktif semakin besar. Semakin tinggi temperatur pengeringan maka semakin sedikit kadar air yang terkandung dalam arang aktif sehingga dapat menghasilkan pori yang semakin besar. Bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator diantaranya $CaCl_2$, $Ca(OH)_2$, $NaCl$, $MgCl_2$, HNO_3 , HCl , $Ca_3(PO_4)_2$, H_3PO_4 , $ZnCl_2$ semua bahan aktif ini bersifat pengikat air.

Aktivator H_3PO_4 merupakan aktivator terbaik dibandingkan aktivator lainnya. Hal ini disebabkan karena zat asam memiliki kemampuan mengikat air lebih sempurna untuk melarutkan zat-zat organik maupun anorganik yang terikat dalam material karbon sehingga diperoleh karbon dengan pori-pori yang lebih bersih dan terbuka dan cenderung meningkatkan rendemen dan juga menurunkan laju reaksi saat terjadinya proses oksidasi sehingga dapat disimpulkan bahwa H_3PO_4 melindungi arang dari temperature tinggi. Menurut Erawati (2018) aktivator H_3PO_4 menghasilkan daya serap iodine sebesar 812,16 mg/g dan $NaCl$ 786,78 mg/g. Berdasarkan data tersebut sudah memenuhi standar SNI daya serap iodine dari karbon aktif berupa serbuk sebesar 750 mg/g. Pada aktivator asam digunakan H_3PO_4 karena senyawa ini memiliki stabilitas termal dan karakter kovalen yang tinggi, selain itu aktivasi arang dengan aktivator H_3PO_4 akan menyebabkan pori-pori permukaan arang akan menjadi lebih banyak dan teratur. Aktivator H_3PO_4 dapat menyerap kandungan mineral pada bahan yang akan dijadikan karbon aktif sehingga mencegah terbentuknya abu pada karbon aktif. H_3PO_4 bereaksi dengan arang yang sudah terbentuk kemudian membentuk mikropori permukaan arang. Mikropori pada permukaan arang sebagai tempat berlangsungnya penyerapan. (Aritonang, 2018)



Aktivasi arang menggunakan asam fosfat dengan konsentrasi 15% memberikan rendemen paling tinggi. Tinggi rendahnya rendemen arang aktif disebabkan oleh reaksi yang terjadi antara asam fosfat dengan arang. Pada konsentrasi optimum aktivator akan lebih banyak reaksi yang terjadi dengan arang sehingga lebih banyak rendemen yang terbentuk. Aktivator asam fosfat melarutkan mineral yang terikat dengan molekul karbon pada arang dan menggantinya dengan suatu gugus fungsi. Hal ini dapat dilihat dari kadar zat mudah menguap yang meningkat akibat penambahan gugus fungsi dan kadar abu yang menurun akibat larutnya mineral bersama asam fosfat. Aktivasi menggunakan aktivator asam fosfat dapat membersihkan pori-pori dan memperluas permukaan arang serta memberikan gugus aktif sehingga dapat memperbesar daya serap arang tersebut. Dari data hasil karakterisasi, arang aktif yang diaktivasi dengan asam fosfat konsentrasi 15% memiliki karakteristik yang paling baik dan memenuhi baku mutu arang aktif pada SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis. Sehingga asam fosfat 15% merupakan konsentrasi optimum untuk aktivasi arang. (Sahara, 2017)

II.2.6. Modifikasi Titanium Dioksida (TiO_2)

Titanium dioksida (TiO_2) merupakan semikonduktor yang mempunyai kemampuan fotokatalitik yang apabila terkena cahaya. Fotokatalis TiO_2 menerima banyak perhatian besar karena stabil. Metode penanganan limbah zat warna untuk memenuhi baku mutu pencemaran yang relatif murah dan mudah diterapkan adalah metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis TiO_2 . Asam fosfat bertujuan untuk mendegradasi dan dapat merusak permukaan karbon sehingga TiO_2 dapat menempel dengan kuat pada karbon, semakin tinggi konsentrasi asam fosfat akan semakin meningkatkan jumlah partikel TiO_2 yang menempel pada permukaan karbon (Safitri, 2019). Selain itu asam fosfat berfungsi sebagai senyawa yang digunakan untuk memperluas permukaan karbon sehingga aktivitas fotokatalitik dari TiO_2 dapat meningkat. Salah satu metode yang biasa digunakan untuk mengatasi limbah industri yang mengandung zat warna adalah melalui proses degradasi fotokatalisis TiO_2 yang berfungsi sebagai katalisator dalam degradasi senyawa-senyawa pencemar organik. Proses fotokatalisis dapat memecahkan sejumlah besar variasi senyawa organik menjadi CO_2 , air dan garam mineral sebagai produk hasil degradasi (Sangi, 2015).



II.2.7. Syarat Mutu Karbon Aktif

Tabel II.2. Syarat Mutu Karbon Aktif Menurut Standar SII No. 0258-79

Uraian	Persyaratan	
	Butiran	Padatan
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C	Max 15%	Max 25%
Kadar air	Max 4,5%	Max 10%
Kadar abu	Max 2,5%	Max 10%
Bagian yang tidak mengarang	Tidak ternyata	Tidak ternyata
Daya serap terhadap larutan I_2	Min 750 mg/g	Min 750 mg/g
Karbon aktif murni	Min 80%	Min 65%
Daya serap terhadap benzene	Min 25	-
Daya serap terhadap methylene blue	Min 60 ml/g	Min 120 ml/g
Kerapatan jenis curah	0,45 - 0,55 g/ml	0,30 - 0,35 g/ml
Lolos ukuran mesh 325	-	Min 90%

(Haryati,2017)

Tabel II.3. Analisis Mutu Karbon Aktif Menurut SNI 06-3730-1995

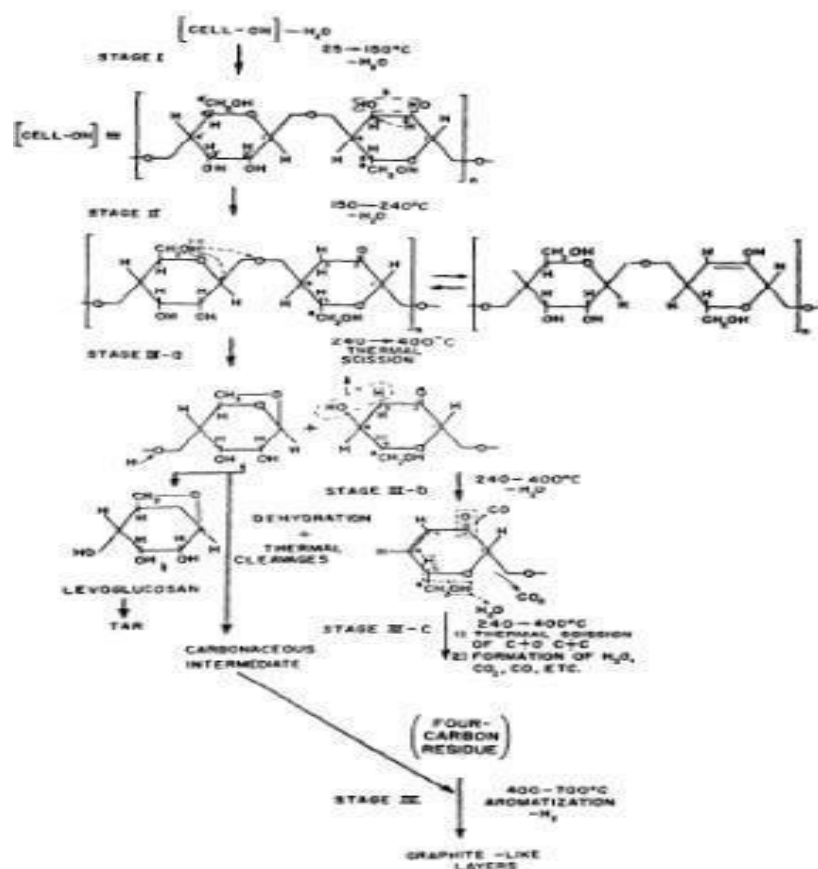
Parameter Mutu	Syarat Mutu Karbon Aktif
Kadar Air	15%
Kadar Abu	10%
Kadar Zat Mudah Menguap	15%
Kadar Karbon Terikat	65%
Penyerapan Iodium	200 mg/g

(Saputri,2016)



II.2.8. Suhu Optimum

Berdasarkan penelitian oleh Kristianto (2017), secara umum proses pirolisis terjadi 4 tahap berdasarkan rentang temperaturnya. Tahap 1 terjadi pada temperatur 25-150°C di mana terjadi penguapan air yang merupakan proses reversible. Pada proses pirolisis berlangsung kadar air yang terkandung didalam bahan baku akan ikut menguap pada suhu 100°C dan mengalami kondensasi ketika uap air melalui kondensor sehingga meningkatkan jumlah kondensat asap cair yang dihasilkan yang menurunkan kualitas dari asap cair, jadi kadar air terjadi pada suhu di bawah 100°C. Tahap 2 pada temperatur 150-240°C, di mana terjadi dehidrasi dari selulosa yang memungkinkan terjadinya ikatan silang antar molekul gula untuk menggantikan ikatan hydrogen sehingga pada suhu ini terjadi jumlah karbon yang banyak. Tahap 3 (240-400°C) merupakan tahap degradasi termal, di mana terjadi pemutusan ikatan CO dan C-C pada struktur selulosa, pada suhu ini terbentuk jumlah karbon yang tidak terlalu banyak karena pada tahap ini, terbentuk levoglucosan yang lebih lanjut menjadi tar, selain terbentuk pula produk gas H_2O , CO, dan CO_2 . Sebagian produk degradasi termal ini juga berupa senyawa dengan 4 atom karbon yang merupakan pembentuk struktur graphite yang terjadi pada tahap 4, yaitu aromatisasi dan polimerisasi. Reaksi tersebut bereaksi secara radikal. Maka dari itu suhu optimum pirolisis yaitu 240-400°C dan pada suhu diatas optimum maka kadar abu yang terbentuk akan semakin banyak kemudian dapat disimpulkan arang dapat terjadi dibawah suhu optimum.



Gambar II.1. Mekanisme Konversi Selulosa Menjadi Karbon

Berdasarkan penelitian oleh Deddy Suhendra (2010) dengan menggunakan aktivator H_3PO_4 dikatakan bahwa suhu aktivasi pada sampel karbon aktif mempengaruhi dalam pembentukan ukuran pori. Selain itu, suhu aktivasi juga berpengaruh besar pada pembentukan karbon dan kapasitas jerapan dari produk. Suhu aktivasi yang dikembangkan pada penelitian oleh Suhendra (2010) adalah $250-400^{\circ}C$. Suhu optimum aktivasi adalah $300^{\circ}C$, karena pada pembuatan arang aktif dari sekam padi dengan aktivator asam fosfat yang memperlihatkan luas permukaan dan volume pori tinggi terjadi pada karbonisasi $\geq 300^{\circ}C$. Pada Suhu yang lebih tinggi, kecenderungan randemen diperoleh menurun. Hal ini disebabkan karena terjadinya pengabuan. Peristiwa pengabuan bisa ditanggulangi dengan mengalirkan gas nitrogen (N_2) selama aktivasi. Akan tetapi, penambahan gas nitrogen pada suhu diatas $300^{\circ}C$ sulit dilakukan dan penambahan gas ini menambah biaya produksi yang tidak sedikit.



II.2.9. Ukuran Partikel Serbuk Optimum Pada Aktivasi Karbon

Pengaruh ukuran partikel terhadap daya serap karbon aktif dapat jelaskan bahwa terdapat kecenderungan terjadi peningkatan daya serap dari mesh partikel kecil ke ukuran partikel yang lebih besar. Pada mesh kecil berarti jumlah partikel sedikit maka luas permukaan penyerapan kecil sedangkan makin besar ukuran mesh jumlah partikel semakin besar maka luas permukaan penyerapan juga semakin besar sehingga kemampuan daya serap juga makin besar. Namun sampai pada ukuran 100 mesh daya serap karbon aktif maksimum kemudian mengalami penurunan daya serap. Karbon aktif dengan partikel 100 mesh mampu menyerap iodium 66,27% dan di atas ukuran 100 mesh kemampuan daya serap menurun sehingga ukuran partikel 100 mesh merupakan ukuran yang efektif pada aktivasi karbon sedangkan apabila ukuran di atas 100 mesh tidak menghasilkan karbon aktif yang signifikan. Hal ini dimungkinkan partikel mesh besar atau ukuran partikel lebih kecil akan memiliki daya serap menurun dari mesh 100 karena tingkat kepadatannya tinggi sehingga masing-masing partikel saling menutup partikel satu sama lain dan akhirnya absorben tidak terabsorpsi dengan baik. (Utomo, 2014)

II.2.10 Analisis SEM (Scanning Electron Microscope) dan EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)

Karakterisasi SEM dilakukan untuk mengetahui bentuk morfologi sampel dalam berbagai bidang. Analisis ini juga untuk mengetahui penyatuan butiran pada suhu sintering yang diterapkan. Penyatuan butiran dan ukuran partikel yang besar pada mikrostruktur ini menyebabkan kerapatan pada mikrostruktur, sehingga poriporinya terlihat mengecil. Pola yang terbentuk menggambarkan struktur dari sampel dan mengetahui adanya butiran-butiran yang telah menyatu. (Istiyati, 2013). SEM digunakan untuk melihat morfologi atau topografi dari suatu material. SEM juga bisa digunakan untuk mengukur ketebalan sample. Sedangkan EDX digunakan untuk mengetahui unsur yang terkandung dalam sampel, kemudian EDX juga mampu melihat sebaran berbagai unsur yang terdapat dipermukaan sampel tersebut. EDX dihasilkan dari Sinar X karakteristik, yaitu dengan menembakkan sinar X pada posisi yang ingin kita ketahui komposisinya. Setelah ditembakkan



pada posisi yang diinginkan maka akan muncul puncak-puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung. Perangkat lunak (software) akan secara otomatis mengidentifikasi jenis unsur/elemen yang terkandung pada sampel yang dikenal dengan element identification. EDX bisa digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase kandungan masing-masing elemen. Hasil akan diperoleh dalam bentuk gambar permukaan sampel pada SEM dan bentuk grafik atau diagram pada EDX yang menunjukkan persentase unsur-unsur dari sampel yang dianalisa.(Cahyana,2014)

II.2.11. Komposit TiO_2 -Karbon Aktif

Komposit adalah penggabungan antara dua material atau lebih untuk menghasilkan material yang baru. Komposit umumnya terdiri dari dua fasa yaitu matrik dan filter. Matrik merupakan bagian dari komposit yang memiliki bagian atau volume terbesar (dominan) yang berfungsi untuk mentransfer tegangan ke serat, melindungi dan memisahkan serat, membentuk dan melepaskan ikatan serta tetap stabil setelah dilakukan proses manufaktur. Berdasarkan kualitas dari ikatan antara matriks dan filter dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran partikel, fraksi volume material, rapat jenis bahan yang digunakan, bentuk partikel, komposisi material, kecepatan dan waktu pencampuran, penekanan (kompaksi) dan pemanasan

Komposit dari TiO_2 -karbon aktif memiliki sifat gabungan dari sifat fisis maupun kimia yang berasal dari nanopartikel TiO_2 dan karbon. Komposit TiO_2 dan karbon aktif dilakukan sebagai metode penyerapan karena pemanfaatannya yang dapat meningkatkan aktivitas dari fotokatalisis. Kombinasi antara proses adsorben dan fotokatalisis terbukti dapat mendegradasi berbagai senyawa organik dari komponen tunggal dan biner contohnya terhadap propizamida, toluena, aseton, metal orange, fenol dan. Pemanfaatan dari dua material yang memiliki sifat yang berbeda seperti TiO_2 dan karbon aktif menjadi suatu komposit yang dapat digunakan dalam proses penyerapan zat warna seperti Rhodamin B. TiO_2 diduga tidak masuk pada pori-pori karbon aktif melainkan hanya terdispersi pada permukaannya saja, sehingga dapat meningkatkan luas permukaan. (Mahnusah,2015)



II.3. Hipotesis

Serbuk gergaji kayu jati mengandung selulosa, hemiselulosa, holoselulosa, dan lignin yang memiliki presentase baik untuk menghasilkan karbon aktif. Pembuatan karbon aktif serbuk kayu jati dipengaruhi oleh konsentrasi zat aktivator dan jumlah feed yang masuk. Semakin besar konsentrasi zat aktivator maka semakin kuat pengaruh larutan tersebut mengikat senyawa sehingga semakin porous yang mengakibatkan semakin besar daya adsorpsi karbon aktif tersebut. Selain itu, banyaknya jumlah feed yang masuk mempengaruhi hasil serta randemen. Harapan untuk hasil karbon aktif yang didapatkan ini sesuai dengan SNI.