

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Suliono, dkk (2017) telah melakukan penelitian terhadap bahan gasifikasi serbuk kayu secara eksperimental dengan menggunakan gasifikasi tipe downdraft. Metode eksperimental dipilih dalam melakukan pengujian dengan maksud mencari rasio bahan bakar dan udara yang tepat. Dalam pengujian serbuk kayu dinyalakan yang berada di reaktor beserta include fan dihidupkan, pengambilan data dilakukan setelah suhu dalam reaktor mencapai 500°C lebih. Selanjutnya reaktor dimulai di 5 posisi thermokople dengan selisih waktu 10 menit. *Equivalence ratio* (ER) merupakan parameter penting dalam proses gasifikasi, ini berdampak pada kualitas *syngas* yang diproduksi. Jika *syn-gas* yang dihasilkan kecil, menunjukkan adanya penambahan *char*, serta *heating value* yang rendah, ini disebabkan karena ER terlalu kecil. Sebaliknya jika ER terlalu besar akan meningkatkan komposisi gas CO₂ dan H₂O hal ini dikarenakan semakin mendekati pembakaran yang sempurna. Variasi dari pengujian ini adalah ER yang dilakukan dengan dengan memvariasikan putaran *blower* menggunakan *dimmer* sehingga membedakan udara yang masuk ke gasifier.

Indahyani (2015) melakukan penelitian pemanfaatan hasil gasifikasi biomassa (*syn-gas*) sebagai bahan bakar *burnner gas* tipe non-premixed. diharapkan eksperimen variasi AFR (variasi tekanan bahan bakar dan variasi udara) dapat mengetahui performa yang baik dengan proses analisa secara percobaan distribusi segala aspek. Adapun metode yang dipakai dalam percobaan ini dengan memvariasikan AFR mulai dari 2,06 sampai 9,54 dengan mengubah *voltage regulator blower* pada voltase 50 V, 100 V, 150 V, 175 V, dan 200 Vserta memperhatikan tekanan pada *syn-gas* mulai dari 0,2 bar sampai 1,2 bar. Setelah melakukan penelitian maka didapatkan hasil burner yang mempunyai distributor

temperatur maksimal yaitu sebesar $458,76^{\circ}\text{C}$ pada AFR 3,54. Lalu daya tertinggi didapatkan sebesar 133,62 kW pada AFR 5,67 beriringan dengan tekanan bahan bakar yang bertambah. Adapun efisiensi tertinggi sebesar 33,2% pada AFR 5,67 serta konsumsi bahan bakar terendah sebesar 1,17 kg/kW.h pada AFR 5,67.

Widyawidura, dkk (2017) melakukan penelitian pada alat gasifikasi (*Gasifier*) yang dibuat 4 saluran termokople tipe K (*Crommel Alumnel*) berbaris vertikal dengan jarak $T_1 = 5$ cm, $T_2 = 20$ cm, $T_3 = 35$ cm, dan $T_4 = 50$ cm dari grate untuk menentukan area gasifikasi. Dalam proses ini memvarisaikan kecepatan udara yang masuk sesuai variabel Air Fuel Ratio (AFR), dalam waktu 1 jam melakukan proses gasifikasi setiap variabel. Suhu akan di catat setiap 15 menit, dari penyalaan bahan sampai proses gasifikasi selsai, waktu yang di butuhkan sekitar 1 jam. Proses gasifikasi dengan beberapa macam bahan baku yang berbeda, didapatkan hasil bahwa waktu pengeringan dari masing-masing bahan berbeda. Hanya dalam waktu 15 menit , serbuk gergaji sudah dapat menghasilkan gas yang mudah terbakar (*syn-gas*). Pada waktu 30 menit setelah alat dioprasikan *syn-gas* akan mudah terbakar untuk bahan sekam padi, 30 menit dan 45 menit masing-masing untuk serbuk gergaji dan ranting kayu semua ini stelah alat di oprasikan..

Subroto (2013), hasil penelitian gasifikasi dengan biomassa berupa sekam padi dengan variasi laju aliran udara yang masuk pada reaktor. Tujuan dari penelitian ini adalah agar mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap kinerja tungku gasifikasi. Dalam penelitian ini variasi kecepatan udara yang digunakan adalah $V = 2,82$ m/s, $V = 2,31$ m/s, $V = 1,90$ m/s. Adapun data yang perlu dicatat adalah temperatur proses pembakaran, waktu nyala efektif, dan mengukur perubahan suhu air agar mengetahui berapa lamanya untuk mencapai proses pendidihan pada air tersebut. Adapun hasil dari penelitian ini, kinerja tungku dipengaruhi oleh kecepatan udara masuk. Temperatur pembakaran akan semakin tinggi jika kecepatan udara samkin besar. Dengan kecepatan udara $V = 2,82$ m/s menghasilkan temperatur pembakaran $288,82^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada kecepatan udara $V = 2,31$ m/s menghasilkan temperatur pembakaran $281,68^{\circ}\text{C}$, dan $235,52^{\circ}\text{C}$ untuk temperatur pembakaran pada kecepatan udara $V = 1,90$ m/s. Sedangkan untuk hasil nyala efektif pada penelitian ini sebesar 36 menit untuk $V = 2,82$ m/s, 45 menit

untuk $V = 2,31$ m/s, dan 48 menit untuk $V = 1,90$ m/s. Sedangkan untuk waktu proses mencapai titik didih 3 liter air tersebut adalah 18 menit untuk $V = 2,82$ m/s, 21 menit untuk $V = 2,31$ m/s, dan 9 menit untuk $V = 1,90$ m/s.

Vidian, dkk (2017) telah melakukan eksperimen gasifikasi serbuk kayu dengan tipe gasifier tipe downdraft. Dalam 1 jam konsumsi biomassa serbuk gergaji sekitar 5 kg, dan sekitar 8,9 kg/jam untuk laju aliran massa gasifikasi udara yang dikonsumsi oleh reaktor yang berdiameter 15 cm. Sedangkan untuk laju aliran udara massa gasifikasi sekitar 1,5 sampai 3,5. Pada umumnya gas yang sudah bisa di bakar setelah 20 menit beroperasi. Gas yang mudah terbakar dapat dikontrol karena adanya lapisan pengeringan bahan bakar itu sendiri, lapisan ini berada di atas lapisan zona pirolisis menyala. Produksi gas yang mudah terbakar sangat dipengaruhi oleh keberadaan bahan bakar pada lapisan pengeringan. Gas yang mudah terbakar akan semakin berkurang jika lapisan pengeringan berkurang, pengurangan itu sendiri terjadinya karena tidak adanya ketersediannya CO , H_2 , CO_2 dan H_2O .

Adrieq, dkk (2016) melakukan eksperimental tentang pengaruh AFR terhadap proses gasifikasi pada briket *Municipa Solid Waste* (MSW)/ sampah perkotaan yang di aplikasikan pada unjuk kerja gasifier tipe downdraft. Penelitian dilakukan dengan cara menumpuk (MSW) dengan siklus variasi 15%, 20%, 25%, 30%. Sementara penelitian memperhatikan temperatur pada reaktor, waktu konsumsi biomassa briket *municipa solid waste*, serta laju aliran massa syn-gas. Dari penelitian ini maka didapatkan temperatur sebesar 66°C , serta 317°C untuk zona pirolisis, 832°C untuk zona oksidasi parsial, untuk zona reduksi 512°C , sementara syn-gas mencapai temperatur 168°C . Sementara untuk efisiensi gas terbaik adalah 73,05% pada AFR 1,04. Dilihat dari penelitian ini maka dikatakan temperatur reaktor akan semakin besar jika nilai AFR besar, sementara batas atas dan bawah untuk nilai AFR didapat mulai dari 0,72 sampai 1,45.

Chen, dkk (2017) menyelidiki proses termal dari kotoran padat kota di Taipei, proses termal ini bersangkutan terhadap pembentukan tar, kandungan sulfur, dan perubahan CH_4 sebagai syn-gas yang digunakan untuk *Solid Oxide Fuel Cells* (SOFCs). K_2CO_3 dan Ni-CeO_2 digunakan sebagai katalis, berfungsi untuk

mengurangi jumlah tar yang ada. Akibatnya produksi tar dari sampah padat kota berkurang yang awalnya 37,2% menjadi 13,7%. Syn-gas dari proses gasifikasi akan direformasi menggunakan katalis Ni-CeO₂ untuk mengoptimalkan H₂ dan mengurangi kandungan CH₄. Syn-gas dengan komposisi 51,3% H₂, 44,8% CO, dan 3,4 % CH₄ di gunakan untuk pembangkit listrik oleh SOFCS yang dibuat sendiri. Hasilnya daya terbaik sekitar 269 mW.cm⁻² pada 800°C, yang lebih rendah dibandingkan menggunakan H₂ sebagai bahan bakar.

Penelitian dari Nadjib, dkk (2012) yaitu karakterisasi proses gasifikasi biomassa tempurung kelapa sistem downdraft dengan variasi perbandingan udara-bahan bakar (AFR). Penelitian dimulai dengan melakukan pengujian terhadap propertis bahan baku yaitu tempurung kelapa secara *proximate* dan *ultimate*. Pada proses gasifikasi pasokan biomassa dipasok secara teratur setiap 10 menit sebesar 0,45 kg, 0,48 kg, dan 0,52 kg selama kurang lebih 120 menit. Pengujian sendiri menggunakan 4 variasi kecepatan suplai udara yaitu 3,57 m/s, 4,37 m/s, 5,05 m/s, dan 5,64 m/s dengan menggunakan *dimmer* sebagai pengatur kecepatan udara masuk. Hasil dari pengujian ini sendiri didapatkan nilai kalor, komposisi syngas, serta nyala api api yang terbaik berada di AFR 0,88 dengan ukuran tempurung kelapa 0,8 sampai 12,6 cm². Sementara 4718,33 kJ/m³ untuk nilai kalor bawah, 39,27% untuk nilai komposisi syn-gas dari volume total untuk warna api sendiri yaitu berwarna biru. Adapun efisiensi terbaik dari proses gasifikasi ini adalah 52,03% pada AFR 1,17 dengan ukuran biomassa sekitar 0,8 sampai 12,6 cm².

Penelitian dari Gunawan, dkk (2015) tentang analisis performa reaktor gasifikasi updraft dengan bahan baku tempurung kelapa. Pengujian yang di lakukan dengan reaktor jenis updraft dengan menggunakan laju aliran massa udara 37 lpm. Adapun hasil dari pengujian, energi yang di hasilkan sebesar 5,91 MJ/kg, efisiensi sebesar 28,8%, dan syn-gas yang terbentuk oleh gasifikaso menggunakan udara menghasilkan kadar CO = 13,32%, CH₄ = 1,52%, H₂ = 4,68%, CO₂ = 38,21%, N₂ = 37,09 dengan gas yang mampu di bakar sebesar 19,52%.

Hadi, dkk (2013) melakukan pengujian terhadap kualitas api yang dihasilkan dari proses gasifikasi tipe downdraft dengan bahan bakar serabut kelapa yang disuplai secara terus menerus serta AFR sebagai variasi pengujian ini. AFR

terbaik pada sistem pemasukan serabut kelapa secara kontinyu 0,5 kg/ 10 menit, dengan dimer pada sentrifugal blower yang diberikan 4 variasi yaitu 5, 7, 9, dan 10. Serta memvariasikan ukuran serabut kelapa dengan ukuran 10-50 mm dan 50-100 mm. Maka didapat hasil, untuk zona pengeringan pada temperatur 100°C, 350°C untuk zona pirolisis, 600°C untuk zona oksidasi, dan 450°C untuk zona reduksi dengan AFR 1,06 untuk ukuran biomassa 50-100mm dengan efisiensi sebesar 69,87%. Adapun komposisi gas yang terbakar $CO = 20,8\%$, $H_2 = 5,34\%$, dan $CH_4 = 4,55$. Ini adalah komposisi yang sangat tepat selama proses pengujian baik itu persentase kandungan syn-gas dan laju alisan massa syn-gas, api yang dihasilkan berwarna biru dengan temperatur 353°C.

Penelitian sebelumnya menjadi dasar untuk kita melakukan penelitian. Penelitian tertarik dan berupaya dapat menyempurnakan hasil dari penelitian-penelitian yang sudah ada.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gasifikasi

Proses gasifikasi sendiri sudah ada sejak lama, proses gasifikasi ini untuk mengolah batubara, gambut, atau kayu yang di ubah menjadi bahan bakar gas yang bisa dimanfaatkan. Pada akhir-akhir ini dunia kembali memperhatikan proses gasifikasi, salah satunya untuk mengolah biomassa sebagai sumber energi alternatif yang terbarukan. Sederhananya gasifikasi adalah suatu proses reaksi kimia pada temperatur yang cukup tinggi, reaksi tersubst terjadi antara biomassa dan udara.

Gasifikasi merupakan proses mengubah bahan padat menjadi gas yang mudah untuk dibakar. Bahan padat itu sendiri seperti batubara, arang, dan biomassa. CO , H_2 , dan CH_4 merupakan gas yang dihasilkan pada proses gasifikasi tersebut (Purwantana, 2007). Adapun tahapan pada proses gasifikasi, tahapan pada gasifikasi dibagi menjadi 4 tahap yaitu :

1. Tahap Pengeringan

Akibat adanya pengaruh panas biomassa pun akan mengalami proses pengeringan pada temperatur $T > 150^\circ C$.

2. Tahap Pirolisis

Proses ini akan terjadi pada temperatur $150^{\circ}\text{C} < T < 700^{\circ}\text{C}$, biomassa itu akan mengalami proses pirolisis dengan kata lain akan adanya perubahan molekul yang besar akan menjadi molekul-molekul kecil, ini terjadi karena adanya pengaruh temperatur yang tinggi. Dalam proses pirolisis ini akan menghasilkan arang, uap air, uap tar, dan gas-gas.

3. Tahap Reduksi

Proses ini terjadi pada temperatur $800^{\circ}\text{C} < T < 1000^{\circ}\text{C}$, ada reaksi antara arang dengan uap air dan karbon dioksida. Proses ini terjadi untuk menghasilkan komponen utama dari gas yaitu hidrogen dan karbon monoksida.

4. Tahap Oksidasi

Sedikit dari biomassa atau hasil dari pirolisis akan dibakar dengan udara agar menghasilkan panas yang dibutuhkan oleh tahap- tahap sebelumnya. Proses ini (oksidasi/pembakaran) mampu mencapai temperatur $700^{\circ}\text{C} < T < 1500^{\circ}\text{C}$, ini digunakan untuk perekahan tar lebih lanjut.

Gasifikasi juga dipengaruhi oleh laju aliran udara, kebutuhan jumlah udara gasifikasi selalu lebih kecil daripada kebutuhan jumlah udara stoikiometri (pembakaran sempurna). Jumlah udara gasifikasi sangat tergantung pada reaksi pembakaran masing-masing unsur yang terkandung dalam satuan massa bahan bakar dengan udara secara sempurna dan Equivalence Ratio ().

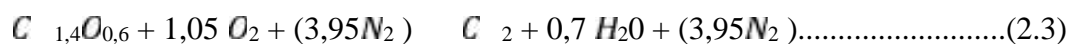
$$= \text{AFR}_{\text{actual}} / \text{AFR}_{\text{stoikio-metris}} \dots\dots\dots(2.1)$$

AFR merupakan perbandingan antara jumlah udara dengan jumlah bahan bakar pada proses pembakaran. AFR stoikio-metris adalah jumlah perbandingan udara dan bahan bakar yang memperoleh pembakaran sempurna.

$$\text{AFR} = \text{Massa}_{\text{udara}} / \text{Massa}_{\text{bahan bakar}} \dots\dots\dots(2.2)$$

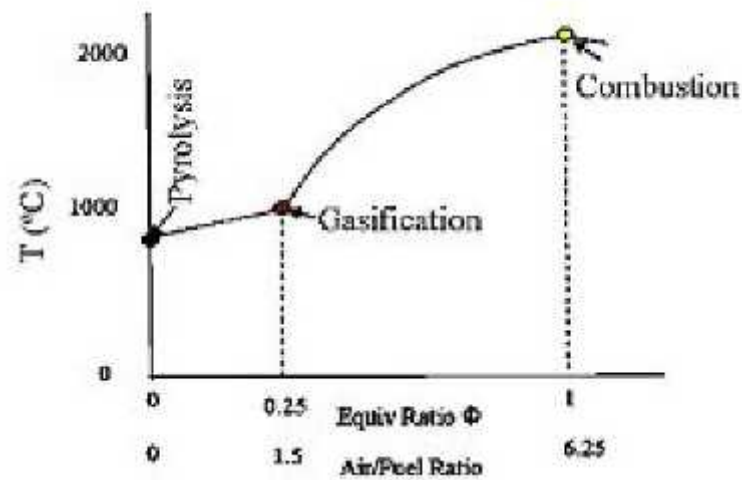
Kondisi stoikio-metris teoritis biomassa diperoleh dengan mengetahui kandungan unsur kimia dari biomassa terlebih dahulu, kemudian dilakukan perhitungan persamaan reaksi oksidasi (Adrieq, 2016).

Reed dan Dash memberikan rumus kimia rata-rata dari biomassa yaitu $CH_{1,4}O_{0,6}$, sehingga bila direaksikan dengan udara akan terjadi pembakaran sempurna seperti :



Nitrogen ditunjukkan dalam tanda kurung karena merupakan bagian yang tetap (*inert*) dari udara dan tidak ikut dalam reaksi dan akan tetap muncul pada hasil reaksi. Dari reaksi diatas dapat dilihat perbandingan antara udara dan biomassa untuk pembakaran sempurna adalah 10 kg udara berbanding 1 kg bahan bakar, sehingga dapat diketahui $AFR = 10$ (Reed, 1988). Pada proses pengoperasian kompor gasifikasi, komposisi aliran udara sebagai komponen oksidasi harus diberikan dengan sesuai. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan proses oksidasi yang baik dan efisien. *Fan* pada sistem gasifikasi *updraft* berperan penting untuk memberikan suplay udara tersebut ke ruang bakar.

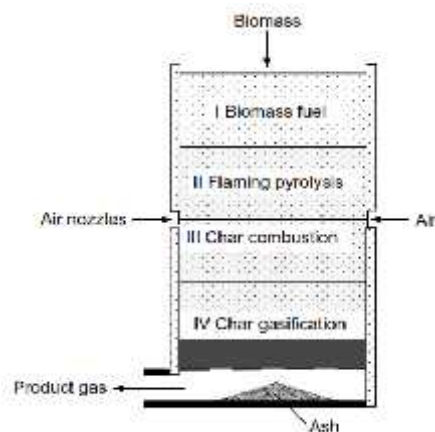
Pada proses pengoperasian kompor gasifikasi, komposisi aliran udara sebagai komponen oksidasi harus diberikan dengan sesuai. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan proses oksidasi yang baik dan efisien. *Fan* pada sistem gasifikasi *updraft* berperan penting untuk memberikan suplay udara tersebut ke ruang bakar.



Gambar 2.1 Grafik Perbandingan Temperatur terhadap nilai Equivalent Ratio dan Air Fuel Ratio

Menurut Hingman, 2003, ada dua tipe utama gasifier yaitu tipe fluidized bed dan tipe fixed bed. Berdasarkan arah aliran udara, fixed bed gasifier dibedakan menjadi 3 tipe, yaitu *downdraft gasifier*, *updraft gasifier*, dan *crossdraft*.

1. *Downdraft Gasifier*



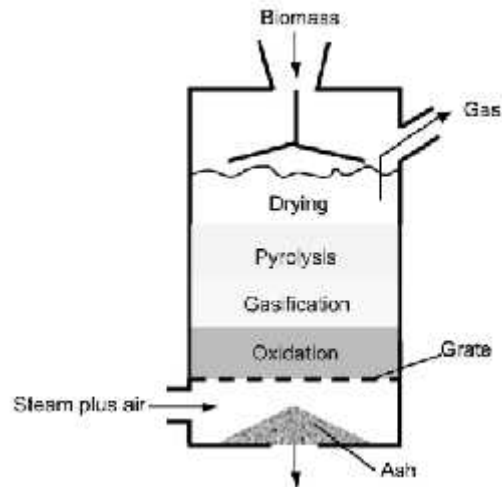
Gambar 2.2 Downdraft Gasifier (Basu, 2010)

Proses pada gasifier downdraft dibagi menjadi empat zona. Zona pertama atau zona paling atas yang dikeringkan di udara yang diletakan

pada zona pertama. Zona kedua menerima panas dari zona ketiga terutama karena adanya konduksi panas. Selama proses melewati zona pertama biomassa memanaskan (Zona I pada Gambar 2.2). Pada suhu di atas 350 °C akan mengalami pirolisis, memecah biomassa menjadi arang, gas tak terkondensasikan (CO , H_2 , CH_4 , CO_2 , dan H_2O), dan uap tar (gas yang dapat terkondensasi). Produk pirolisis di zona II hanya menerima pasokan udara yang terbatas dari bagian bawah dan terbakar dengan api yang kaya dengan bahan bakar, ini disebut pirolisis menyala. Pada zona III sebagian besar tar dan arang terbakar, dimana itu menghasilkan panas untuk proses pirolisis dan gasifikasi endotermik berikutnya. Zona III berisi abu dan arang yang diproduksi di zona II. Saat melewati arang, gas yang mengandung CO_2 dan H_2O mengalami gasifikasi dan reaksi sehingga menghasilkan CO dan H_2 . Temperatur gas menurun secara perlahan karena adanya reaksi gasifikasi endotermik, tetapi masih di atas 700 °C. Lapisan paling bawah (zona IV) terdiri dari abu panas yang tidak bereaksi, yang memecahkan setiap tar yang belum terkonversi di lapisan ini.

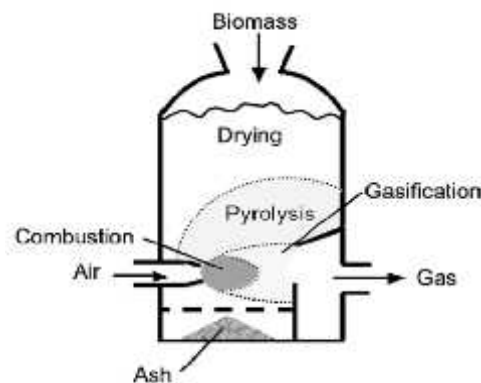
2. *Updraft Gasifier*

Gasifier updraft merupakan salah satu yang tertua dan paling sederhana dari semua desain. Dalam pengoperasiannya, biomassa akan diumpangkan di bagian atas dan udara akan masuk dari bagian bawah (Gambar 2.3). CO_2 dan H_2O akan dihasilkan karena adanya reaksi antara udara dengan biomassa, CO_2 dan H_2O yang dihasilkan akan memiliki temperatur yang cukup tinggi. Selanjutnya CO_2 dan H_2O akan bereaksi kembali dengan arang dan menghasilkan gas CO dan H_2 . Gas panas yang mempirolisis biomassa yang ada di atasnya akan mendingin selama proses maka akan timbul 5-20% tar dan minyak hal ini terjadi karena suhu yang terlalu rendah dan akan terbawa ke aliran gas produk. Biomassa yang masuk akan mengering karena adanya panas yang tersisa, dengan kata lain hampir tidak ada energi yang terbuang percuma dari gas.



Gambar 2.3 *Updraft Gasifier* (Basu, 2010)

3. *Crossdraft Gasifier*



Gambar 2.4 *Crossdraft Gasifier* (Basu, 2010)

Gasifier crossdraft merupakan rector bergerak (moving-bed reactor) dimana bahan bakar di umpankan dari atas dan udara disuntikan melalui nosel dari samping (Gambar 2.4). gasifier tipe ini biasanya digunakan untuk gasifikasi dengan kandungan abu yang sangat rendah. Berbeda dengan tipe downdraft dan updraft, ini melepaskan produk dari dinding samping berlawanan dengan tempat masuk udara untuk proses gasifikasi. Karena system yang seperti ini, sering disebut dengan gasifier sidedraft. Udara berkecepatan tinggi memasuki gasifier melalui set nozzle pada

ketinggian tertentu. Oksigen yang berlebih di depan nosel membuat pembakaran (oksidasi) pada bagian arang, sehingga suhu di zona ini sangat tinggi ($>1500\text{ }^{\circ}\text{C}$). Gas produk keluar dari sisi berlawanan dari gasifier. Panas dari zona pembakaran dilakukan disekitar zona pirolisis, sehingga biomassa akan mengaami pirolisis saat melewatinya.

2.2.2 Media Gasifikasi

Media gasifikasi bereaksi dengan karbon dan hidrokarbon yang lebih berat untuk mengubahnya menjadi gas dengan dengan molekul rendah seperti CO dan H₂. Media gasifikasi utama yang digunakan untuk gasifikasi adalah :

1. Oksigen
2. Uap
3. Udara

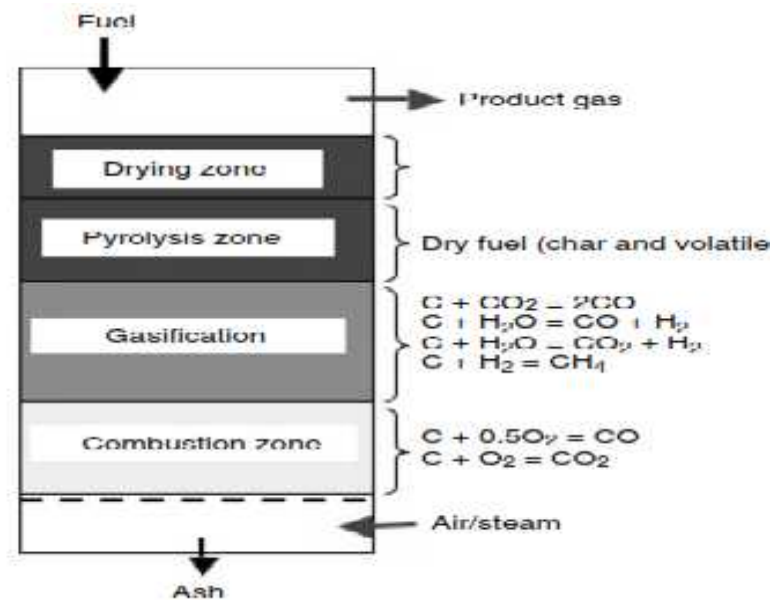
Oksigen adalah media gasifikasi yang paling sering digunakan, meskipun terutama digunakan untuk langkah pembakaran. Nilai kalor dan komposisi gas yang dihasilkan dalam gasifier adalah fungsi kuat dari sifat dan jumlah media gasifikasi yang digunakan. Jika oksigen digunakan sebagai media gasifikasi produknya termasuk CO untuk oksigen dan CO₂ untuk oksigen tinggi. Ketika jumlah oksigen melebihi jumlah tertentu (stoikiometri), proses akan bergerak menjadi pembakaran sempurna dan produknya adalah gas buang (gas yang tidak bias dibakar). Apabila uap digunakan sebagai media gasifikasi, gas produknya mengandung lebih banyak hydrogen, menghasilkan rasio H/C yang lebih tinggi.

Pemilihan media gasifikasi mempengaruhi nilai kalor gas produk. Jika udara digunakan sebagai media gasifikasi, nitrogen didalamnya sangat melemahkan gas produk. Gasifikasi oksigen memiliki nilai kalor tertinggi yang diikuti oleh uap dan gasifikasi udara.

2.2.3 Reaksi Gasifikasi Didalam Reaktor

Sebagai contoh adalah reactor gasifier updraft sederhana. Dalam gasifier updraft bahan bakar diumpankan dari atas dan gas produk pun dari atas juga. Zat

pengatur gas (udara, oksigen, uap, atau campuran lainnya), sedikit dipanaskan dan masuk gasifier melalui bagian bawah.



Gambar 2. 5 Sistematis Reaksi Gasifikasi

Suhu di lapisan bawah melebihi suhu pengapian karbon, sehingga reaksi pembakaran yang sangat eksotermik karena kelebihan oksigen. Panas yang dilepaskan memanaskan gas yang bergerak keatas seperti halnya padatan yang turun. Reaksi pembakaran dengan cepat mengkonsumsi sebagian besar oksigen yang tersedia. Ketika oksigen yang tersedia berkurang reaksi pembakaran berubah menjadi reaksi pembakaran parsial melepaskan CO.

Gas panas campuran CO, CO₂, dan uap (dari bahan bakar dan media gasifikasi), bergerak menuju zona gasifikasi di mana arang dari atas bed gasifier. Kandungan karbon dioksida meningkat di zona pembakaran pertama akan tetapi setelah oksigen hampir habis, CO₂ memasuki zona gasifikasi dengan arang menghasilkan penurunan konsentrasi CO₂ di zona gasifikasi. Zona di atas zona gasifikasi adalah zona pirolisis biomassa. Panas sisa gas memanaskan biomassa kering. Biomassa kemudian terurai (pirolisis) menjadi gas terkondensasi, gas tak

terkondensasi, dan arang. Kedua gas tersebut bergerak naik sementara arang bergerak turun dengan padatan lainnya.

2.2.4 Biomassa

Menurut Oxford English Dictionary (1934) bahwa istilah "biomassa" muncul pertama kali dalam literatur. Pada umumnya biomassa sendiri merupakan materi yang dapat diturunkan secara langsung maupun tidak langsung dari tanaman. Dikatakan tidak langsung karena tertuju pada produk yang tersedia melalui industri peternakan dan makanan. Biomassa sendiri disebut sebagai "phytomass" dan sering diartikan sebagai sumber biografi atau sumber daya yang berasal dari biologi. Untuk basis sumber daya sendiri termasuk ratusan ribu jenis tanaman, terestrial, akuatik serta berbagai residu pertanian, perkebunan, kehutanan, limbah industri, dan kotoran hewan. Secara spesifik biomassa adalah kayu, rumput, eceng gondok, serbuk gergaji, serpihan kayu, jerami padi, sekam padi, sampah dapur, kotoran hewan dll. Adapun biomassa tipe perkebunan adalah eukaliptus, poplar hibrida, lepa sawit dll yang termasuk dalam tipe ini. Secara khusus biomassa merupakan limbah pertanian, limbah perkebunan, sampah dapur, dan kotoran hewan dll.

Menurut Wiranata, dkk, (2017) biomassa merupakan sumber terbarukan yang yang berasal dari organisme yang belum lama mati. Sumber biomassa yang paling mudah kita temui adalah bahan bakar kayu, limbah dan alkohol. Biomassa sangat banyak macamnya dalam hal sifat kimia, sifat fisis, kadar air, kekuatan mekanis dan yang lainnya. Biomassa dapat digunakan berulang kali dan mempunyai sifat tak terbatas berdasarkan siklus dasar karbon fotosintesis. Biomassa sangat efektif untuk dijadikan energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan.

Menurut Suhartoyo, dkk, (2016) biomassa dapat dikategorikan sebagai biomassa kayu dan biomassa non kayu. Biomassa kayu dapat dibagi lagi menjadi kayu keras dan kayu lunak. Biomassa nonkayu yang dapat digunakan sebagai bahan bakar meliputi limbah hasil pertanian seperti limbah pengolahan industri gula pasir (bagasse), sekam padi, rerantingan (stalks), jerami, biji-bijian, termasuk pula kotoran hewan dapat juga digunakan sebagai bahan bakar. Biomassa kayu meliputi

gelondongan kayu (cord wood), ranting pohon, tatal kayu, kayu sejenis cemara (bark), gergajian kayu, sisa hasil hutan, arang kayu, limbah ampas (ampas tebu), dan lain-lain. Sedangkan biomassa non kayu dapat berupa kotoran hewan, minyak tumbuhan, limbah pengolahan gula pasir (ampas tebu, tetes), dan lain-lain

Indonesia memiliki ketersediaan bahan organik berupa sisa pertanian dan perkebunan yang berlimpah. Seperti potongan kayu, ranting, daun, sekam padi, ampas tebu, cangkang dan tandan kosong sawit, serbuk kayu, serta sabut dan cangkang kelapa. Selain itu masih ada pula sampah organik dari pemukiman yang merupakan potensi besar lainnya yang juga melimpah. Sektor pertanian dan perkebunan merupakan potensi tertinggi untuk pembuatan bahan baku biomassa, energi yang dapat diperoleh di Indonesia sendiri sangat besar yaitu sebesar 5.083 MWe. Namun yang bisa dimanfaatkan sangatlah sedikit, dari 30.000 MWe potensi yang ada, hanya sekitar 850 MWe yang dapat dimanfaatkan. Dapat terlihat dari data yang ada bahwa daerah di Pulau Jawa memiliki potensi yang sangat tinggi dalam menghasilkan bahan baku biomassa. Daerah di Pulau Jawa dengan potensi yang tinggi akan bahan baku biomassa adalah Pati dan Banyuwangi, namun dari data yang didapat bahwa tidak satupun potensi biomassa yang dimiliki daerah tersebut termanfaatkan. Seperti contoh di daerah Pati dengan potensi limbah peternakan sebesar 3,95 MWe dan yang termanfaatkan 0 MWe. (Tajalli, 2015)

2.2.3 Kandungan Biomassa

Karbon, Oksigen, dan hidrogen merupakan kandungan utama yang terdapat didalam biomassa (Tabel 2.1). pada tabel ini menunjukkan komposisi dari beberapa biomassa yang ada. Biomassa sendiri terdiri oleh senyawa C_x , H_y , dan O_z nilai dari x , y , dan z didapat dari jenis biomassa yang digunakan, karena beda biomassa maka beda pula nilainya.

Tabel 2. 1 Nilai *Proxymate* dan *Ultimate* beberapa jenis biomassa (Basu, 2010)

Bahan Bakar	C (%)	H (%)	N (%)	O (%)	Ash (%)	HHV (kJ/kg)
<i>Maple</i>	50,6	6,0	0,3	41,7	1,4	19,958

<i>Sewage sludge</i>	29,2	3,8	4,1	19,9	42,1	16,000
<i>Rice straw</i>	39,2	5,1	0,6	35,8	19,2	15,213
<i>Rice husk</i>	38,5	5,7	0,5	39,8	15,5	15,376
<i>Sawdust</i>	47,2	6,5	0	45,4	1,0	20,502
<i>Paper</i>	43,4	5,8	0,3	44,3	6,0	17,613
<i>Animal waste</i>	42,7	5,5	2,4	31,3	17,8	17,167
<i>Peat</i>	54,5	5,1	1,65	33,09	5,2	21,230
<i>Petcoke</i>	86,3	0,5	0,7	10,5	6,3	29,865

Biomassa kayu meliputi gelondongan kayu (cord wood), ranting pohon, tatal kayu, kayu sejenis cemara (bark), gergajian kayu, sisa hasil hutan, arang kayu, limbah ampas (ampas tebu), dan lain-lain (Suhartoyo, dkk, 2016)

Komposisi polimerik dinding sel dari biomassa sangat bervariasi namun pada hakikatnya, biomassa terdiri dari 3 polimer utama yaitu :

1. Selulosa

Salah satu senyawa organik yang paling umum di bumi, ini merupakan komponen utama struktur dinding sel dalam biomassa. Unsur ini merupakan unsur terbesar pada kayu, bisa mencapai 70% berat kayu itu sendiri. Menurut Lee, (2009) selulosa merupakan polimer rantai panjang dengan tingkat tinggi, dengan unit rantai unit -D-1-4 dengan formula $(C_6H_{12}O_6)_n$ dengan nama anhidroglukosa. Selulosa juga merupakan bahan dasar yang penting bagi beberapa industri seperti industri kertas.

2. Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan struktur lain dari dinding sel tanaman. Struktur selulosa adalah kristal, struktur yang kuat yang tahan akan hidrolisis dan hemiselulosa pun memiliki struktur yang acak. Hemiselulosa bisa dikatakan grup karbohidrat dengan struktur rantai bercabang dengan tingkat polimerisasi yang lebih rendah, adapun rumus generik dari hemiselulosa $(C_5H_8O_4)_n$. Sebagian besar hemiselulosa mengandung beberapa residu gula sederhana diantaranya adalah xilosa, glukosa, galaktosa, ababinose, asam gulcurnoic dan mannose. Ini biasanya berisis 50 sampai 200 unit dalam struktur mereka yang bercabang. Hemiselulosa cenderung lebih banyak menghasilkan gas dan menghasilkan tar yang lebih sedikit

daripada selulosa. Hemiselulosa sendiri memiliki karakteristik yang lemah dan mudah terhidrolisis oleh asam atau basa.

3. Lignin

Lignin sendiri merupakan polimer fanilpropana bercabang yang kompleks dan merupakan bagian integral dari dinding sel sekunder tanaman. Ini adalah sebuah polimer 3 dimensi dari 4-propenil fenol, 4-propenil-2-metoksi fenol, dan 4-propenil-2,5-dimektosil fenol. Lignin merupakan salah satu polimer yang berlimpah di bumi, merupakan struktur terpenting ketiga dari dinding sel biomassa kayu. Lignin merupakan perekat untuk menyatukan serat selulosa dengan sel-sel yang berdekatan. Lignin sendiri sangat tidak bisa larut bahkan dalam asam sulfat sekalipun. Di kayu keras mengandung sekitar 18 sampai 25%, sedangkan untuk kayu lunak 25-35% dari berat kering.

2.2.4 Biomassa Serbuk Gergaji

Kebutuhan manusia akan kayu sebagai bahan bangunan baik untuk keperluan konstruksi, dekorasi, maupun furniture terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Kebutuhan kayu untuk industri perkayuan di Indonesia diperkirakan sebesar 70 juta m³ per tahun dengan kenaikan rata-rata sebesar 14,2 % per tahun sedangkan produksi kayu bulat diperkirakan hanya sebesar 25 juta m³ per tahun, dengan demikian terjadi defisit sebesar 45 juta m³ (Priyono,2001).

Hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya daya dukung hutan sudah tidak dapat memenuhi kebutuhan kayu. Keadaan ini diperparah oleh adanya komversi hutan alam menjadi lahan pertanian, perladangan berpindah, kebakaran hutan, praktek pemanenan yang tidak efisien dan pengembangan infrastruktur yang diikuti oleh perambahan hutan. Kondisi ini menuntut penggunaan kayu secara efisien dan bijaksana, antara lain melalui konsep the whole tree utilization, disamping meningkatkan penggunaan bahan berligno selulosa non kayu, dan pengembangan produk-produk inovatif sebagai bahan bangunan pengganti kayu. Patut disayangkan, sampai saat ini kegiatan pemanenan dan pengolahan kayu di Indonesia masih menghasilkan limbah dalam jumlah besar.

Purwanto dkk, (1994) menyatakan pada pemanenan kayu, limbah umumnya berbentuk kayu bulat, mencapai 66,16%. Pada industri penggergajian limbah kayu meliputi serbuk gergaji 10,6%, saebetan 25,9% dan potongan 14,3%, dengan total limbah sebesar 50,8% dari jumlah bahan baku yang digunakan. Limbah pada industri kayu lapis meliputi limbah potongan 5,6%, serbuk gergaji 0,7%, sampah vinir basah 24,8%, sampah vinir kering 12,6% sisa kupasan 11,0% dan potongan tepi kayu lapis 6,3%. Total limbah kayu lapis ini sebesar 61,0% dari jumlah bahan baku yang digunakan.

Data Departemen Kehutanan dan Perkebunan tahun 1999/2000 menunjukkan bahwa produksi kayu lapis Indonesia mencapai 4,61 juta m³ sedangkan kayu gergajian mencapai 2,06 juta m³. Dengan asumsi limbah yang dihasilkan mencapai 61% maka diperkirakan limbah kayu yang dihasilkan mencapai lebih dari 5 juta m³ (BPS, 2000). Pada tabel 2.2 menunjukkan bahwa setiap bagian batang dari kayu sengon memiliki kandungan kimiawi berbeda seperti pada bagian pangkal, Tengah, dan ujung.

Tabel 2.2 Sifat Kimia Kayu Sengon (Putra, 2018)

No	Sifat Kimia (%)	Posisi Ketinggian Pohon		
		Pangkal	Tengah	Ujung
1	Ekstraktif	2,34256	3,506619	3,83052
2	Lignin	23,77776	22,85714	16,69392
3	Holoselulosa	76,03634	88,33281	69,16934
4	Alpha selulosa	61,55661	74,21378	57,11835

Kadar Zat Ekstraktif

Pada bagian ujung kayu sengon menghasilkan zat ekstraktif tertinggi dengan nilai 3,83052 % (Tabel 2.2). Hal ini dikarenakan bagian ujung kayu sengon merupakan kayu muda dan tentu mudah untuk diekstraksi. Zat ini merupakan salah satu zat yang harus dipertimbangkan terutama pada industri kertas dan kayu lapis.

Kadar Lignin

Kadar lignin tertinggi berada pada bagian pangkal kayu sengon dengan nilai 23,77 % (Tabel 2.2). Ini merupakan kadar tertinggi dibandingkan pada bagian

tengah dan ujung kayu sengon, hal ini terjadi karena posisi kandungan tersebut terletak di lamela tengah dengan kadar konsentrasi lignin yang tinggi.

Kadar Holosellulosa

88,332 % merupakan kadar tertinggi untuk holosellulosa, dan ini terdapat pada bagian tengah kayu sengon (Tabel 2.2). hal ini terjadi karena adanya variasi kadar holosellulosa dari arah pangkal, tengah, dan ujung batang pada kayu sengon.

Kadar Alpha Sellulosa

Kadar alpha sellulosa tertinggi sebesar 74,213 % yang terdapat pada bagian tengah kayu sengon (Tabel 2.2). sama seperti kadar holosellulosa, ini terjadi karena adanya variasi kadar dari arah pangkal, tengah, dan ujung batang kayu sengon karena sifat kimia kayu yang bervariasi tidak hanya jenis kayu melainkan bervariasi pula pada posisi kayu didalam pohon.

Saputra dkk, (2012) melakukan uji proksimat pada kayu sengon dan menghasilkan rata-rata nilai kalor 4247.967 Kal/gram. Seperti di tunjukan pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Uji *Proxymate* Kayu Sengon (Saputra, 2012)

Sampel	Kadar Air	Kadar Volatile	Kadar Abu	Kadar Karbon	Nilai Kalor
	%	%	%	%	Kal/gram
1	8,5	89,1	1,8	0,5	4202,5
2	8,0	90,2	1,5	0,1	4270,90
3	7,91	90,6	1,4	0,04	4270,43
Rata-rata	8,15	90,006	1,59	0,24	4247,96