

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biomassa

Guna memperoleh pengertian yang menyeluruh mengenai gasifikasi biomassa, maka diperlukan pengertian yang tepat mengenai definisi biomassa. Biomassa didefinisikan sebagai bagian dari tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan bakar padat atau diubah ke dalam bentuk cair dan gas untuk menghasilkan energi listrik, panas, bahan kimia atau bahan bakar. Berbagai jenis biomassa dapat digunakan dalam proses gasifikasi, mulai dari kayu, kertas, tandan kosong kelapa sawit, sekam padi, hingga tongkol jagung.

Teknologi biomassa telah diterapkan sejak dahulu dan telah mengalami banyak perkembangan. Biomassa memegang peran penting dalam menyelamatkan kelangsungan energi di bumi ditinjau dari pengaruhnya terhadap kelestarian lingkungan. Sifat biomassa yang merupakan energi dengan kategori sumber energi terbarukan yang berkelanjutan mendorong penggunaannya menuju ke skala yang lebih besar lagi. Beberapa kelebihan itu antara lain, biomassa dapat mengurangi efek rumah kaca, mengurangi limbah organik, melindungi kebersihan air dan tanah, mengurangi polusi udara, hujan asam dan kabut asam.

2.2 Tongkol Jagung

Jagung (*Zea mays*) merupakan tanaman pangan yang penting di Indonesia. Meski tidak sepenting beras sebagai bahan pangan, jagung adalah salah satu sumber bahan pokok pangan di Indonesia. Selain sebagai bahan pangan, jagung juga merupakan komoditas industri, khususnya industri pakan ternak. Jagung juga merupakan bahan kudapan. Banyak dari kita yang suka *popcorn* dan *sweetcorn*, serta *marning*. Jagung yang kita kenal sekarang sebenarnya merupakan hasil evolusi dari jagung liar. Banyak ahli yang meyakini bahwa jagung modern merupakan evolusi dari jagung yang bernama *teosinte* (gigi kuda) akibat dari domestikasi oleh manusia. Jagung *teosinte* berbeda dari jagung modern. Biji

teosinte terbungkus *kelobot* satu persatu. Sementara jagung modern bijinya menempel pada tongkol yang kemudian dibungkus oleh kulit.

Banyak yang berpendapat bahwa jagung baru diperkenalkan oleh Bangsa Portugis ke Nusantara. Orang Belanda menamainya *mays*, sedangkan orang Inggris menyebutnya *corn*. Berbeda dengan tomat atau papaya, yang namanya kita pakai seperti nama asli dimana tanaman tersebut berasal, jagung adalah istilah lokal Jawa. Menurut, Danys Lombard kata jagung berasal dari kata Jawi dan Agung. Jawi adalah juwawut, yaitu sejenis rumput yang menghasilkan sereal mirip padi yang biasanya dipakai untuk pakan percutut. Sedangkan agung berarti besar. Jadi jagung adalah juwawut besar. Dari istilah ini kita bisa menduga bahwa juwawut sudah lebih dulu ada di Jawa, baru kemudian jagung datang ke Jawa.

Kandungan serat yang terdapat dalam tongkol jagung itu sendiri dapat dilihat pada Tabel 2.1

TABEL 2.1 Kandungan Serat Pada Tongkol Jagung

Kandungan Serat	Nilai (%)
Hemiselulosa	38
Selulosa	41

(Sumber : Suryani, 2009)

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2015) luas areal tanaman jagung di Indonesia tahun 2013 adalah 3.821.504 hektar). Pada tahun 2014 menunjukkan peningkatan sebesar 15,515 hektar.

Apabila dilihat dari nilai tersebut, maka potensi pengembangan jagung sebagai produk biomassa masih sangat besar karena selama ini pemanfaatannya hanya terbatas pada pangan, pakan ternak dan industri. Selain itu, jagung juga memiliki potensi limbah yang sangat besar yang dapat dijadikan sebagai salah satu sumber energi alternatif dan diharapkan akan terus meningkat sejalan dengan program pemerintah dalam meningkatkan produksi panen pertanian khususnya jagung secara nasional.

Beberapa penduduk daerah di Indonesia seperti madura dan nusa tenggara menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak, tongkol jagung dapat dibuat tepung yang dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena dan juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri. Dari hasil konsumsi dan olahan jagung inilah yang akan menghasilkan limbah berupa batang, daun dan tongkol jagung dalam jumlah banyak.

TABEL 2.2 Data Luas Panen Tanaman Jagung Pulau Sumatera

Provinsi	Luas Panen (Hektar)			
	Jagung			
	2014	2013	2012	2011
ACEH	47357.00	44099.00	43675.00	41853.00
SUMATERA UTARA	200603.00	211750.00	243098.00	255291.00
SUMATERA BARAT	93097.00	81665.00	75657.00	71116.00
RIAU	12057.00	11748.00	13284.00	14139.00
JAMBI	7937.00	6504.00	6587.00	6706.00
SUMATERA SELATAN	31939.00	32558.00	28617.00	32965.00
BENGKULU	15643.00	18257.00	22653.00	22215.00
LAMPUNG	338885.00	346315.00	360264.00	380917.00

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2015)

TABEL 2.3 Data Produksi Tanaman Jagung Pulau Sumatera

Provinsi	Produksi (Ton)			
	Jagung			
	2014	2013	2012	2011
ACEH	202318.00	177842.00	167285.00	168861.00
SUMATERA UTARA	1159795.00	1183011.00	1347124.00	1294645.00
SUMATERA BARAT	605352.00	547417.00	495497.00	471849.00
RIAU	28651.00	28052.00	31433.00	33197.00
JAMBI	43617.00	25690.00	25571.00	25521.00
SUMATERA SELATAN	191974.00	167457.00	112917.00	125688.00
BENGKULU	72756.00	93988.00	103771.00	87362.00
LAMPUNG	1719386.00	1760278.00	1760275.00	1817906.00

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2015)

TABEL 2.4 Data Produktivitas Tanaman Jagung Pulau Sumatera

Provinsi	Produktivitas (Kuintal/Hektar)			
	Jagung			
	2014	2013	2012	2011
ACEH	42.72	40.33	38.30	40.35
SUMATERA UTARA	57.82	55.87	55.41	50.71
SUMATERA BARAT	65.02	67.03	65.49	66.35
RIAU	23.76	23.88	23.66	23.48
JAMBI	54.95	39.50	38.82	38.06
SUMATERA SELATAN	60.11	51.43	39.46	38.13
BENGGULU	46.51	51.48	45.81	39.33
LAMPUNG	50.74	50.83	48.86	47.72

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2015)

Dari data keseluruhan total produktivitas tanaman jagung di Sumatera, konsumsi jagung di provinsi-provinsi tersebut mengalami peningkatan dikarenakan pemasaran produk jagung terutama pipilan kering yang digunakan untuk konsumsi ternak atau sejenisnya. Dengan memanfaatkan tongkol jagung bisa meningkatkan upaya memperluas daerah panen jagung tersebut sehingga banyak manfaat yang didapatkan seperti meningkatkan produktivitas jagung di daerah provinsi.

Analisa kimia dari tongkol jagung tertera pada Tabel 2.5 berikut.

TABEL 2.5 Analisis Kimia Tongkol Jagung

Komponen	Nilai	
<i>Proximate analysis</i> (wt% of dry basis)	<i>Moisture</i>	6.50
	<i>Volatiles</i>	73.7
	<i>FC</i>	16.7
	<i>Ash</i>	3.1
<i>Ultimate analysis</i> (wt% of dry and ash free)	C	49.0
	H	6.0
	O	44,62
	N	0.3
	S	0.08
<i>HHV (MJ/Kg)</i>	17.2	
<i>Density (Kg/in²)</i>	188	

(Sumber :Aboyade dkk., 2011)

2.3 Gasifikasi

Gasifikasi adalah suatu proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO , CH_4 , dan H_2) melalui proses pembakaran maupun proses pembentukan biogas. Melalui gasifikasi, kita dapat mengkonversi hampir semua bahan organik kering menjadi bahan bakar. Tujuan dari proses gasifikasi ini untuk mengubah unsur-unsur pokok dari bahan bakar yang digunakan ke dalam bentuk gas yang lebih mudah dibakar, sehingga hanya menyisakan abu dan sisa-sisa material yang tidak terbakar.

Gasifikasi berbeda dengan proses pembakaran maupun proses pembentukan biogas. Gasifikasi dapat dibedakan melalui oksigen yang digunakan dalam proses, serta produk gas yang dihasilkan. Pada pembakaran kebutuhan akan oksigen melebihi kebutuhan stokiometrik, dan untuk produk pembakaran juga berupa panas dan gas yang tidak mampu bakar. Sementara itu, proses gasifikasi sangat bergantung pada reaksi kimia yang terjadi pada temperatur tinggi dan juga oksigen pada gasifikasi dibatasi. Hal tersebut juga yang membedakan dengan proses biogas yang merupakan proses anaerobik untuk menghasilkan biogas.

Proses gasifikasi biomassa dilakukan dengan cara melakukan pembakaran tidak sempurna di dalam sebuah reaktor atau ruangan yang mampu menahan temperatur tinggi yang disebut reaktor gasifikasi. Pembakaran tidak sempurna ini sengaja dilakukan, untuk menjaga pembakaran agar tidak sempurna dapat berlangsung, maka udara dengan jumlah yang lebih sedikit dari kebutuhan stokiometrik pembakaran dialirkan ke dalam reaktor untuk mensuplai kebutuhan oksigen menggunakan *fan/blower*. Proses gasifikasi menyebabkan reaksi termokimia yang menghasilkan CO , H_2 , dan gas metan (CH_4) selain itu dan karbon dioksida (CO_2) yang tidak terbakar.

Sebelum mencapai proses gasifikasi biomassa, proses tersebut melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah pengeringan adalah proses ketika biomassa mengalami proses kehilangan *moisture* yang masih terkandung dalam

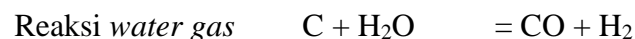
bahan baku tersebut, umumnya proses ini mengeluarkan dalam bentuk uap air yang terjadi pada temperatur <150°C.

Tahapan kedua adalah *pyrolysis* yang terjadi ketika biomassa mulai mengalami kenaikan temperatur. Pada tahap ini *volatil* yang terkandung pada biomassa terlepas dan menghasilkan arang (*char*) yang terjadi pada temperatur 150 °C - 500°C.

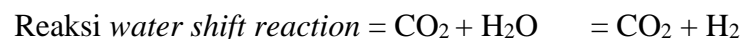
Tahapan ketiga adalah terjadinya proses pembakaran (*combustion*) pada temperatur sampai dengan 1200°C. Pada tahapan ini *volatil* dan sebagian arang yang memiliki kandungan karbon (C) bereaksi dengan oksigen membentuk CO₂ dan CO serta menghasilkan panas yang digunakan pada tahap selanjutnya yaitu tahap gasifikasi. Reaksi kimia yang terjadi pada tahap ini adalah



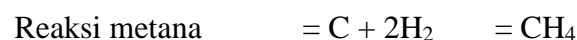
Tahapan berikutnya adalah tahapan gasifikasi pada suhu 800-1000°C. Tahapan ini terjadi ketika arang bereaksi dengan CO₂ dan uap air yang menghasilkan gas CO dan H₂ yang merupakan produk yang diinginkan dari keseluruhan proses gasifikasi. Reaksi kimia yang terjadi pada tahap ini adalah:



Dan pada tahapan ini juga terdapat tahap *water shift reaction*. Melalui tahapan ini, reaksi termo-kimia yang terjadi di dalam reaktor gasifikasi mencapai keseimbangan. Sebagian CO yang terbentuk dalam reaktor bereaksi dengan uap air dan membentuk CO₂ dan H₂. Reaksi kimia yang terjadi pada tahap ini adalah:



Saat proses gasifikasi terus dipertahankan, maka akan terjadi reaksi pembentukan CH₄. Hal ini terjadi ketika C bereaksi dengan H₂. Sesuai reaksi berikut:



2.4 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Gasifikasi

Proses gasifikasi memiliki beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses dan kandungan *syngas* yang dihasilkannya. faktor-faktor tersebut adalah:

1. *Properties Biomass*

Apabila ada anggapan bahwa semua jenis biomass dapat dijadikan bahan baku gasifikasi, anggapan tersebut merupakan hal yang kurang tepat. Nyatanya tidak semua biomass dapat dikonversikan dengan proses gasifikasi karena ada beberapa klarifikasi dalam mendefinisikan bahan baku yang dipakai pada sistem gasifikasi berdasarkan kandungan dan sifat yang dimilikinya. Pendefinisian bahan baku gasifikasi ini dimaksudkan untuk membedakan antara bahan baku yang baik dan yang kurang baik. Adapun beberapa parameter yang dipakai untuk mengklarifikasinya, yaitu :

a. kandungan energi

Semakin tinggi kandungan energi yang dimiliki biomass maka *syngas* hasil gasifikasi biomass tersebut semakin tinggi karena energi yang dapat dikonversi juga semakin tinggi.

b. *Moisture*

Bahan baku yang digunakan untuk proses gasifikasi umumnya diharapkan *moisture* akan rendah. Karena kandungan *moisture* yang tinggi menyebabkan *heat loss* yang berlebihan. Selain itu kandungan *moisture* yang tinggi juga menyebabkan beban pendinginan semakin tinggi karena *pressure drop* yang terjadi meningkat. Idealnya kandungan *moisture* yang sesuai untuk bahan baku gasifikasi kurang dari 20 %.

c. Debu

Semua bahan baku gasifikasi menghasilkan *dust* (debu). Adanya *dust* ini sangat mengganggu karena berpotensi menyumbat saluran sehingga membutuhkan *maintenance* lebih. Desain *gasifier* yang baik setidaknya menghasilkan kandungan *dust* yang tidak lebih dari 2 – 6 g/m³.

d. Tar

Tar merupakan salah satu kandungan yang paling merugikan dan harus

dihindari karena sifatnya yang korosif. Sesungguhnya tar adalah cairan hitam kental yang terbentuk dari destilasi destruktif pada material organik. Selain itu, tar memiliki bau yang tajam dan dapat mengganggu pernapasan. Pada reaktor gasifikasi terbentuknya tar, yang memiliki bentuk approximate atomic $\text{CH}_{1.2}\text{O}_{0.5}$, terjadi pada temperatur pirolisis yang kemudian terkondensasi dalam bentuk asap, namun pada beberapa kejadian tar dapat berupa zat cair pada temperatur yang lebih rendah. Apabila hasil gas yang mengandung tar relatif tinggi dipakai pada kendaraan bermotor, dapat menimbulkan deposit pada karburator dan *intake valve* sehingga menyebabkan gangguan. Desain *gasifier* yang baik setidaknya menghasilkan tar tidak lebih dari 1 g/m^3 .

e. *Ash* dan *Slagging*

Ash adalah kandungan mineral yang terdapat pada bahan baku yang tetap berupa oksida setelah proses pembakaran. Sedangkan *slag* adalah kumpulan *ash* yang lebih tebal. Pengaruh adanya *ash* dan *slag* pada *gasifier* adalah :

- Menimbulkan penyumbatan pada *gasifier*
- Pada titik tertentu mengurangi respon pereaksian bahan baku

2. Desain Reaktor

Terdapat berbagai macam bentuk *gasifier* yang pernah dibuat untuk proses gasifikasi. Untuk *gasifier* bertipe *imbort* yang memiliki *neck* di dalam reaktornya, ukuran dan dimensi *neck* amat mempengaruhi proses pirolisis, pencampuran, *heatloss* dan nantinya akan mempengaruhi kandungan gas yang dihasilkannya

3. Jenis *Gasifying Agent*

Jenis *gasifying agent* yang digunakan dalam gasifikasi umumnya adalah udara dan kombinasi oksigen dan uap. Penggunaan jenis *gasifying agent* mempengaruhi kandungan gas yang dimiliki oleh *syngas*. Berdasarkan penelitian, perbedaan kandungan *syngas* yang mencolok terlihat pada kandungan nitrogen pada *syngas* dan mempengaruhi besar nilai kalor yang dikandungnya. Penggunaan udara bebas menghasilkan senyawa nitrogen yang pekat di dalam *syngas*, berlawanan dengan penggunaan oksigen/uap yang memiliki kandungan nitrogen yang relatif sedikit.

Sehingga penggunaan *gasifying agent* oksigen/uap memiliki nilai kalor *syngas* yang lebih baik dibandingkan *gasifying agent* udara.

4. Rasio Bahan Bakar dan Udara

Perbandingan bahan bakar dan udara dalam proses gasifikasi mempengaruhi reaksi yang terjadi dan tentu saja pada kandungan *syngas* yang dihasilkan. Kebutuhan udara pada proses gasifikasi berada di antara batas konversi energi *pyrolysis* dan pembakaran. Karena itu dibutuhkan rasio yang tepat jika menginginkan hasil *syngas* yang maksimal. Pada gasifikasi biomass rasio yang tepat untuk proses gasifikasi berkisar pada angka 1,25 - 1,5 cmH₂O.

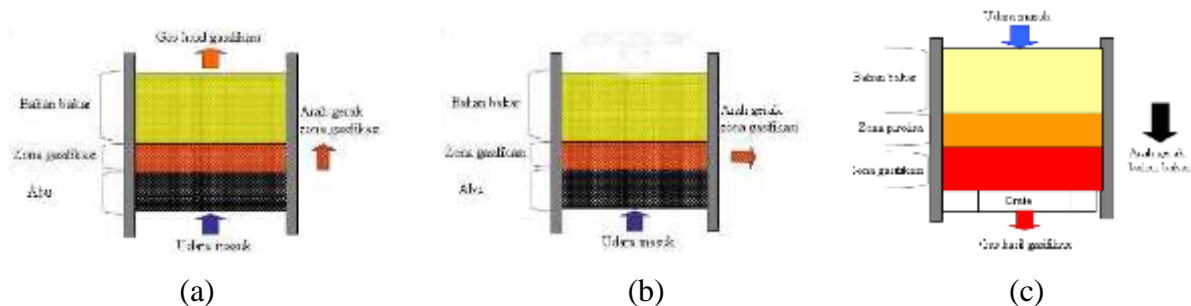
2.5 Jenis Reaktor

Berdasarkan mode fluidisasinya, menurut Reed dan Das, 1988. *gasifier* dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu:

- 1) mode gasifikasi unggun tetap (*fixed bed gasification*), pada unggun tetap selama proses gasifikasi tersusun oleh tumpukan padatan berada pada posisi tetap selama reaksi oksidasi dengan udara terbatas dan juga berpotensi memerlukan energi berlebih karena adanya tumpukan padatan yang menyebabkan hilang tekanan dan berpengaruh pada proses pengaliran.
- 2) Pada mode gasifikasi unggun terfluidisasi (*fluidized bed gasification*), proses gasifikasi tersusun oleh padatan terfluidisasi sehingga padatan bergerak seiring dengan gerakan fluida.
- 3) Sedangkan untuk mode gasifikasi *entrained flow*. Sampai saat ini yang digunakan untuk skala proses gasifikasi skala kecil adalah mode *gasifier* unggun tetap.

Berdasarkan arah aliran, *fixed bed gasifier* dapat dibedakan menjadi: reaktor aliran berlawanan (*updraft gasifier*), reaktor aliran searah (*downdraft gasifier*) dan reaktor aliran menyilang (*crossdraft gasifier*). Pada *updraft gasifier*, arah aliran padatan ke bawah sedangkan arah aliran gas ke atas. Pada *downdraft gasifier*, arah aliran gas dan arah aliran padatan adalah sama-sama ke bawah. Sedangkan

gasifikasi *crossdraft* arah aliran gas dijaga mengalir mendatar dengan aliran padatan ke bawah (Rajvanshi, 1986).



Gambar 2.1 Tipe Gasifier Berdasarkan Arah Aliran, (a) *updraft*, (b) *crossdraft* dan, (c) *downdraft*

Penelitian ini dilakukan menggunakan *updraft gasifier* karena kemampuan dan kelebihanannya, meskipun masih memiliki beberapa kekurangan dan penelitian dengan menggunakan sistem *updraft* pernah dilakukan oleh Prihambodo tahun 2008 dan menyimpulkan bahwa sistem *updraft* memiliki kelebihan pada zona reduksi yang lebih maksimal. Kelebihan dan kekurangan *updraft gasifier* dapat dilihat pada Tabel 2.4

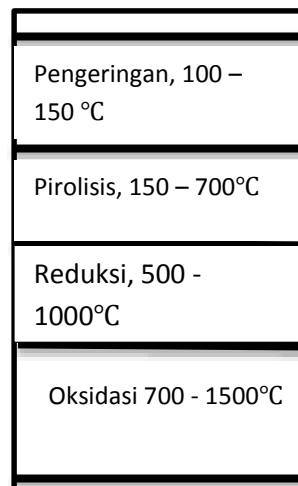
TABEL 2.6 Kelebihan dan Kekurangan Gasifier

Tipe Gasifier	Kelebihan	Kekurangan
<i>Updraft</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mekanismenya sederhana - Hilang tekan rendah - Efisiensi panas baik - Proses Reduksi lebih maksimal - Arang (<i>charcoal</i>) habis terbakar 	<ul style="list-style-type: none"> - Sensitif terhadap tar dan uap bahan bakar - Memerlukan waktu <i>start up</i> yang cukup lama untuk mesin <i>internal combustion</i>.
<i>Downdraft</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak sensitif terhadap tar - Mudah bereaksi dengan umpan 	<ul style="list-style-type: none"> - Desain <i>gasifier</i> tinggi - Tidak cocok untuk beberapa jenis biomassa
<i>Crossdraft</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Desain <i>Gasifier</i> pendek - Responsif saat diisi umpan - Produksi gas fleksibel 	<ul style="list-style-type: none"> - Sangat sensitif membentuk terak - Mudah kehilangan tekanan tinggi

(Sumber : Zobia dan Bansal, 2011)

Gasifikasi udara adalah metode dimana gas yang digunakan untuk proses

gasifikasi adalah udara. Sedangkan pada gasifikasi uap, gas yang digunakan pada proses yang terjadi adalah uap.



Gambar 2.2 Zona reaksi pada reaktor gasifikasi

2.6 Filter

2.6.1 Teknologi Filter

Secara umum pemisahan tar dapat dilakukan dengan beberapa teknologi berikut :

1. *Wet scrubber* akan mengumpulkan tar dengan cara melewatkan material tersebut ke dalam tetesan air. Tar dan cairan mengalir ke dalam *demister* atau *decanter* untuk kemudian dipisahkan. Penggunaan air di dalam *scrubber* ini menyebabkan aliran gas harus berada pada temperatur 35-60°C. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mencari pengganti air seperti berbagai jenis minyak, namun penelitian-penelitian tersebut masih dalam tahap eksperimen.
2. *Wet electrostatic precipitator* juga dapat digunakan untuk memisahkan tar dari aliran gas produk. Pemisahan tar dilakukan menggunakan prinsip yang sama dengan pemisahan partikulat. Jenis teknologi pemisahan ini sangat efisien untuk memisahkan tar dan partikulat dari aliran gas dan dapat menyingkirkan hingga 99% material berdiameter < 0,1 µm. Teknologi ini merupakan teknologi yang sudah matang dan tersedia secara komersial untuk berbagai jenis aplikasi.

3. *Barrier filter* sudah banyak digunakan untuk pemisahan tar dalam sistem gasifikasi biomassa. Tar ditangkap dengan cara melewati aerosol terkondensasi ke permukaan filter. Karena terdapat dalam bentuk cairan, tar menjadi lebih sulit dipisahkan dari permukaan filter dibandingkan partikulat kering. Permasalahan pemisahan tar dari permukaan filter menjadi lebih kompleks apabila partikulat juga terdeposit karena *filter cake* yang dihasilkan tidak dapat langsung dipisahkan dari permukaan filter. Oleh karena itu *barrier filter* kurang cocok untuk digunakan sebagai teknologi pemisahan tar.
4. Filter biomassa unit pemisahan berbasis gaya sentrifugal lainnya juga dapat digunakan untuk memisahkan tar. Teknologi ini dapat dioperasikan menggunakan prinsip yang sama dengan pemisahan partikulat dan penyaringan, menggunakan gaya sentrifugal untuk memisahkan padatan dan cairan dari aliran gas. Teknologi ini cocok untuk memisahkan material yang sudah terkondensasi, pemisahan berbasis gaya sentrifugal lainnya tidak terlalu efektif digunakan untuk memisahkan tar dalam sistem gasifikasi biomassa. Kombinasi partikulat dan tar lengket di dalam aliran gas dapat membentuk endapan sehingga penggunaan filter biomassa dalam penyaringan dapat berlangsung lebih efektif.
5. Penghancuran tar menggunakan proses berkatalis. Proses ini menggunakan katalis untuk membantu mempercepat proses perengkahan dan penghancuran tar. Berbagai penelitian dan pengembangan telah dilaksanakan menggunakan berbagai katalis berbasis logam maupun non logam di dalam *gasifier* ataupun di luar *gasifier*. Penelitian katalis yang dapat digunakan untuk merengkahkan ataupun menghancurkan tar berpusat pada penggunaan dolomit yang harganya murah. Tar direnkahkan menjadi molekul yang lebih kecil di permukaan katalis. Konsep utama dari proses ini adalah penghancuran tar segera setelah tar terbentuk sehingga tidak menimbulkan permasalahan di sisi hilir. Aliran turbulen dan temperatur tinggi pada penggunaan *gasifier fluidized bed* menyebabkan katalis

mengalami pengikisan dan deaktivasi. Di dalam *gasifier fixed bed*, kontak antara katalis dengan tar seringkali tidak maksimal sehingga penghancuran tar menjadi tidak sempurna.

6. Penghancuran tar menggunakan proses *thermal*. Tar juga dapat direngkahkan secara termal tanpa katalis pada temperatur 1200°C atau lebih. Kesulitan utama pelaksanaan perengkakan termal berada pada pengoperasian dan pertimbangan ekonomi, sehingga *thermal cracking* menjadi kurang menarik untuk digunakan.

2.6.2 Jerami Padi

Jerami padi merupakan biomassa yang secara kimia merupakan senyawa berlignoselulosa. Menurut Halili (2014) komponen terbesar penyusun jerami padi adalah selulosa ($36,87\% \pm 1,54$), hemiselulosa ($18,01\% \pm 0,73$), lignin ($13,28\% \pm 1,17$) dan zat lain penyusun jerami padi. Selulosa dan hemiselulosa merupakan senyawa yang bernilai ekonomis jika dikonversi. Jerami padi juga bagian dari batang padi tanpa akar yang tertinggal setelah diambil bulir buahnya dan merupakan limbah pertanian yang cukup besar dengan jumlah 20 juta ton per tahun. sebagian besar limbah tersebut dibakar setelah proses pemanenan dan dibiarkan disawah.

Beberapa faktor yang menyebabkan peternak tidak menggunakan limbah jerami padi (Haryo dan Setiarto, 2013)

- 1) Umumnya petani membakar limbah tanaman pangan terutama jerami padi karena secepatnya akan dilakukan pengolahan tanah.
- 2) Limbah tanaman jerami padi bersifat *amba* sehingga menyulitkan peternak untuk mengangkut dalam jumlah banyak untuk diberikan kepada ternak, dan umumnya lahan pertanian jauh dari pemukiman peternak sehingga membutuhkan biaya dalam pengangkutan.
- 3) Tidak tersedianya tempat penyimpanan limbah jerami padi, dan peternak tidak bersedia menyimpan/menumpuk limbah di sekitar rumah/kolong rumah karena takut akan bahaya kebakaran.

- 4) Peternak menganggap bahwa ketersediaan hijauan di lahan pekarangan, kebun, sawah masih mencukupi sebagai pakan ternak.

Nilai ekonomis dari bahan yang dianggap limbah tersebut dapat ditingkatkan dengan memberikan masukan ilmu sehingga dapat lebih bermanfaat. Dengan melihat dari bentuk jerami yang memiliki serat-serat batang yang dapat dimanfaatkan sebagai filter dan menjadi salah satu alat pembersih gas hasil gasifikasi.

2.6.3 Filter Jerami

Filter atau saringan untuk memisahkan partikel padat dari suatu cairan atau gas. Filter semacam ini digunakan dalam berbagai alat seperti AC, cerobong dapur, motor bakar, alat pengedaran udara, sistem pemurnian air dan pengendali pencemaran udara. Filter dirancang untuk beroperasi yang berkesinambungan, namun banyak filter modern saat ini memiliki harga yang cukup mahal, terutama filter yang digunakan untuk menyaring gas dari partikulat, dan hanya digunakan untuk beberapa kali saja, filter gas merupakan penyaring yang didesain secara khusus yang dimana memiliki pori tergantung pada jenis dan penggunaan filter tersebut.

Dengan memanfaatkan ilmu pengetahuan dalam pemanfaatan biomassa jerami padi yang sebagian besar tidak memiliki nilai ekonomis, jerami padi dapat digunakan sebagai filter, dengan bentuk yang memiliki serat batang dan dipadatkan sehingga menyerupai filter yang berpori membuat jerami padi dapat dimanfaatkan sebagai filter gasifikasi, dimana gas hasil gasifikasi akan melewati filter jerami padi untuk mengikat tar, bentuk tar yang pekat dan lengket membuat tar tersebut dapat tertahan pada serat-serat jerami yang tertumpuk.

Filter jerami padi ini merupakan filter yang didesain berpori yang memungkinkan gas untuk menembus filter namun dapat menahan partikel yang ada pada gas tersebut. Filter ini bertujuan secara efektif menghilangkan partikel terutama tar yang terdapat pada aliran *syngas*. Filter ini juga dapat disesuaikan kepadatannya.

Jerami padi yang digunakan sebagai bahan baku filter secara berkala diganti dengan bahan baku yang baru dengan kepadatan yang ditentukan, filter jerami padi ini cukup cocok digunakan untuk partikel basah atau kontaminan yang mudah lengket seperti tar. Tar yang terbawak akan menempel pada permukaan jerami padi dan menyebabkan penumpukan dan penyumbatan pori-pori dari filter.

2.7 Pembentukan Tar

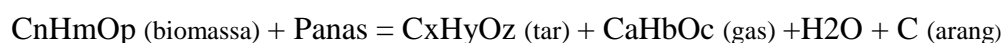
Tar didefinisikan sebagai molekul organik yang memiliki berat molekul lebih besar dari benzene yaitu 78 (Stevens, 2001). Dengan ciri fisik sangat kental jika dalam bentuk cair dan berwarna hitam. Dalam proses gasifikasi polutan utama yang harus ditreatment agar gas memenuhi batas kandungan polutan khususnya partikulat dan tar. Tar juga merupakan bentuk resin yang terdiri dari berbagai macam senyawa kompleks dari komponen ringan seperti *benzene* hingga *poly aromatic hydrocarbon*. Senyawa ini seering menyebabkan *fouling* dan penyumbatan. Berikut merupakan proses suhu pembentukan tar :

TABEL 2.7 Pembentukan Senyawa Tar

No	Senyawa	Temperature Pembentukan
1	<i>Mixed Oxygenates</i>	400 °C
2	<i>Phenolic Ethers</i>	500 °C
3	<i>Alkyl Phenolics</i>	600 °C
4	<i>Heterocyclic Ethers</i>	700 °C
5	<i>PAH</i>	800/900 °C

(Sumber : Stevens, 2001)

Pada gasifier jenis *updraft*, tingkat kandungan tar relatif tinggi. Tar yang dihasilkan oleh *updraft* bersifat *primary*, tar mulai terbentuk pada zona proses pirolisis dan merupakan produk samping dari proses gasifikasi. Secara kimia pembentukan tar didefinisikan sebagai berikut:



Proses pembentukan tar bergantung pada dua faktor. Faktor temperatur dan

tinggi reaktor. Saat temperatur rendah (dibawah 500°C) produksi tar awalnya akan terus meningkat, ketika *temperature* meningkat produksi tar akan menurun. Hal tersebut dikarenakan pada temperature tinggi, tar akan mengalami proses *cracking*. Proses *cracking* adalah proses dimana tar akan mengalami proses berubah menjadi gas O₂, CO, CO₂ dan H₂O.

2.8 Perhitungan

2.8.1 Menghitung Neraca Massa dan Neraca Energi

- 1) Menghitung massa analisa proksimat

Komposisi Moisture, Volatile, Fixed Carbon, Ash dalam %
 = % komposisi x massa bahan baku

- 2) Menghitung massa analisa ultimat

Komposisi C, H₂, O₂, N₂, dan S dalam %
 = % Komposisi x massa bahan baku
 = massa bahan baku : BM

- 3) Menghitung massa analisa ultimat

Komposisi CO₂, CO, O₂, N₂, CH₄, H₂ dalam %
 = % Komposisi x massa bahan baku
 = massa bahan baku : BM

- 4) Volume Syngas

$$V = \frac{nRT}{P}$$

- 5) Menghitung neraca karbon

Karbon di dalam bahan baku dan karbon pada syngas (CO₂, CO, CH₄)

C dalam syngas :

= % komposisi x total kmol komposisi syngas
 = Kmol komposisi x BM

$$\text{Mol kering} = \frac{C \text{ dalam BB}}{C \text{ dalam Syngas}}$$

- 6) Menghitung udara suplai

$$\text{Suply Udara Kering} = \frac{N_2 \text{ dari udara}}{0,79}$$

7) H₂O dari udara

0,023 kmol H₂O/kmol udara kering (Hougen

H₂O = 0,023 kmol (udara kering) x (kmol O₂ + N₂ kmol)

Neraca Energi

1) HHV tongkol jagung

HHV = m x LHV tongkol

2) Sensible Enthalpy BB masuk

Q = m Cp dT

3) Panas Sensible Udara

Cp = A + 1/2B (T + Tref) + 1/3 C (T² + Tref . T + Tref²)

4) Heating Value Syngas

= Kmole komposisi x HV (Kkal/kmole)

5) Sensible Enthalpy syngas

= Kmole komposisi x Cp x ΔT

6) Heat loss radiasi dan konveksi

Q = % kehilangan x Q total input

7) Heat Absorp Sistem

8) = Qinput - (Heating Value Syngas + Sensible Enthalpy Syngas + Heat Loss Radiasi dan Konveksi)

2.8.2 Densitas dan Kepadatan Filter

Langkah yang dilakukan mengukur massa zat. Volume zat dapat dihitung menggunakan rumus berdasarkan bentuknya misalnya, kubus, balok. Kemudian membagi massa zat dengan volume zat.

$$\rho_h = \frac{\text{massa bahan baku}}{\text{Volume bentuk filter}} \quad (\text{mafiaol, 2012})$$

$$V_a = \pi r^2 t$$

$$V_b = \frac{2}{3} \pi r^3$$

$$P_a = \frac{m}{A} \quad (\text{Rakhmatuloh, 2013})$$