

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Sebelum penelitian ini, ada beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan analisis perbandingan biomassa sebagai sumber energi alternatif dalam perancangan alat kompor biomassa baik secara terbatas maupun secara keseluruhan pada bagian tertentu.

T. Iskandar, dkk (2012), melakukan penelitian yang diterbitkan pada jurnal teknik kimia, fakultas teknik, Universitas Tribbuwana Tungadewi, dengan penelitian “Pemanfaatan limbah pertanian sebagai energi alternatif melalui konversi thermal, dengan menggunakan teknologi gasifikasi”. Kesimpulan “Gaifikasi biomassa menawarkan sistem energi alternatif yang paling menarik untuk dikembangkan dengan sistem jenis gasifikasi *downdraft*, karena gas yang dihasilkan lebih bersih”.

Arhamsyah (2010), melakukan penelitian tentang “Pemanfaatan biomassa kayu sebagai sumber energi terbarukan, dengan menggunakan konversi energi dengan teknologi gasifikasi”. Kesimpulan “Dengan mengetahui tentang biomassa dari kayu dan pengolahannya sebagai sumber energi terbarukan maka kita dapat mengembangkan industri di Indonesia khususnya dalam rangka mengatasi krisis bahan bakar minyak”.

Lailun Najib, dkk (2012), melakukan penelitian yang diterbitkan pada jurnal teknik, fakultas teknologi industri, ITS, dengan penelitian “Karakterisasi proses gasifikasi biomassa menggunakan sistem *downdraft* kontinyu dengan

melakukan perbandingan variasi udara bahan bakar”. Kesimpulan “Dari penelitian gasifikasi tempurung kelapa dengan jenis downdraft sistem kontinyu mampu menghasilkan nyala api yang stabil. Semakin besar AFR, semakin kecil komposisi flammable gas dan LHV syngas. Ukuran tempurung kelapa lebih kecil mempunyai efisiensi gasifikasi lebih besar.

Nodali Ndraha (2009), melakukan penelitian yang diterbitkan pada jurnal pertanian, fakultas pertanian, Universitas Sumatra Utara, dengan penelitian uji komposisi bahan pembuat briket bioarang terhadap mutu yang dihasilkan dengan hasil kadar air rata-rata 4,74% dan kadar abu rata-rata 5,61%. Dengan kata lain belum memenuhi standar mutu briket buatan inggris dan jepang.

Masih banyak lagi penelitian yang berkaitan dengan analisis perbandingan biomassa sebagai sumber energi alternatif dalam perancangan alat kompor biomassa dan pada beberapa penelitian khusus yang membahas pada satu bidang namun membantu memberikan informasi untuk penelitian ini. Pada penelitian ini akan difokuskan pada perbedaan perbandingan antara beberapa limbah biomassa kering untuk mengetahui bagaimana hasil kinerja pembakaran dan bagaimana efisiensi bahan bakar yang dihasilkan.

2.2 Landasan Teori

2.1.1 Pengertian Biomassa

Biomassa ialah salah satu sumber energi yang telah digunakan orang sejak dari jaman dahulu kala: orang telah membakar kayu untuk memasak selama ribuan tahun. Biomassa adalah semua benda organik (misal: ranting

kayu, tanaman pangan, limbah hewan dan manusia). Sumber energi ini bersifat terbarukan karena tanaman pangan akan selalu tumbuh dan akan selalu ada limbah tanaman (Buku Panduan Energi yang Terbarukan).

Biomassa ialah sumber energi terbarukan yang berasal dari makhluk hidup (non-fosil) maupun tumbuhan (Kong, 2010).

Secara umum biomassa merupakan bahan yang diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi (*Asian Biomassa Handbook*).

Biomassa merupakan sumber energi alternatif yang sangat potensial untuk pengganti bahan bakar fosil, tetapi belum saat ini belum cukup layak karena membutuhkan biaya yang tidak sedikit. Hal tersebut menunjukkan perlunya pengembangan lebih jauh untuk pemanfaatan di sektor energi biomassa untuk bekal dimassa depan (Arief Tajalli, 2015).

Biomassa merupakan bahan yang ditemukan di sebagian besar makhluk hidup. Hal tersebut dapat berupa hewan, bakteri, atau bahan tanaman. Contoh yang kita miliki dari energi biomassa saat ini adalah limbah kayu, dimana kita dapat membakar untuk menghasilkan panas dan menciptakan uap yang karenanya, menghasilkan energi. (Hikmat, 2015).

Berdasarkan dari beberapa pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa biomassa adalah salah satu energi alternatif yang berasal dari makhluk hidup yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bahan bakar alternatif.

2.1.2 Pengertian Energi Biomassa

Energi biomassa merupakan energi yang dibuat untuk bahan bakar yang didapatkan dari sumber alami yang dapat diperbarui. Jadi, energi biomassa ini bisa menjadi salah satu jalan keluar dari bahan bakar yang selama ini tidak dapat diperbaharui dan banyak mencemari lingkungan hidup (*Binergi.com*).

Energi biomassa adalah jenis bahan bakar yang dibuat dengan mengkonversi bahan biologis seperti tanaman ataupun bahan organik yang dapat diperoleh dari hewan dan mikroorganisme (Yokoyama, Shinya 2008).

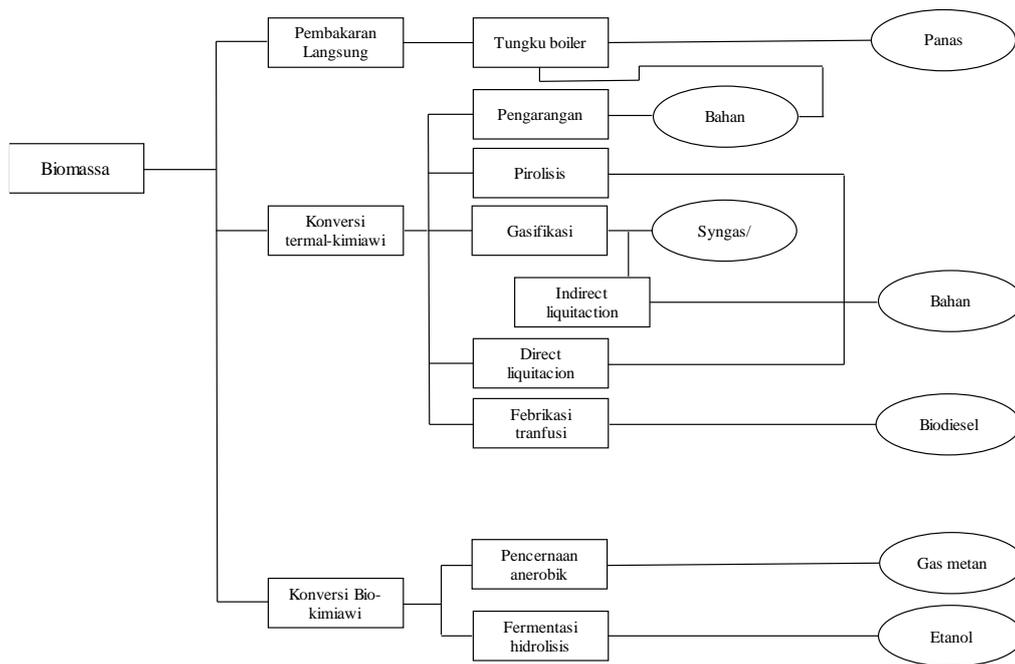
Energi biomassa sudah ada sejak lama sebelum orang berbicara tentang energi alternatif atau energi terbarukan. Pada zaman dahulu kayu adalah bahan bakar utama untuk memasak dan pemanas di seluruh dunia. Hal tersebut sampai saat ini masih berlaku di beberapa negara seperti Indonesia, meskipun sudah mulai sedikit lagi penggunaannya.

Ketika berbicara tentang energi biomassa saat ini, pada dasarnya kita berbicara tentang beberapa aplikasi yang berbeda, yaitu:

1. Pembakaran langsung: ini adalah metode tradisional seperti pembakaran ranting kayu, daun kering, bongkol jagung dll, untuk memanaskan dan memasak. Hal ini masih banyak digunakan di Indonesia yang umumnya dapat menyebabkan dalam banyak penyakit pernapasan dan kematian.
2. Gasifikasi: metode ini dilakukan dengan biomassa dipanaskan dalam lingkungan dimana ia terurai menjadi gas yang mudah terbakar. Setelah gas disaring dan dibersihkan, kemudian dapat digunakan sebagai gas

alam. Bahan baku yang digunakan terutama meliputi hasil pertanian dan perkebunan. Dan masih banyak lagi pengaplikasian biomassa yang diterapkan (*Penabulu Alliance, 2015*).

Pemanfaatan energi biomassa ini dapat digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversi biomassa tersebut. Ada beberapa teknologi untuk mengkonversi biomassa. Lihat pada gambar 2.1 dibawah. Dalam teknologi konversi biomassa tentu saja membutuhkan perbedaan pada alat yang akan digunakan untuk mengkonversi biomassa dan tentu menghasilkan perbedaan pada bahan bakar yang dihasilkan.



Gambar 2.1 Teknologi Konversi Biomassa, Sumber (Anonim, 2006)

2.1.3 Pengertian Biofuel

Biofuel adalah bahan bakar terbarukan yang cukup menjanjikan. Biofuel dapat secara luas didefinisikan sebagai cairan, padatan atau gas bakar yang mengandung atau diturunkan dari biomassa (Karna Wijaya, 2011).

Tabel 2.1 Potensi Biofuel di Indonesia (Diolah Dari Blue Print Pengelolaan Energi Nasional Tahun 2005-2025, Lampiran B, Jakarta, 2005)

NO	Jenis	Potensi
1	Bioetanol	240 juta liter/tahun
2	Bioalkohol generasi 2	Belum teridentifikasi
3	Biodiesel	2 juta ton/tahun
4	Biogas	Belum teridentifikasi
5	Biomassa	Melimpah

Biofuel merupakan salah satu jenis sumber daya energi yang dapat diperbaharui, yang wujudnya dapat berupa padatan, cairan atau gas yang dihasilkan dari suatu bahan-bahan organik. Biofuel bisa dihasilkan secara langsung dari sebuah tanaman atau secara tidak langsung dari limbah industri, komersial, domestik atau pertanian (Samhis Setiawan, 2016).

Biofuel adalah bahan bakar terbarukan yang berasal dari makhluk hidup atau bagian makhluk hidup, material biologi (biomassa). Biofuel dapat berbentuk padat (solid), cair (liquid), atau gas dan dapat dimanfaatkan secara langsung. Biomassa dapat diubah menjadi biofuel melalui proses panas (thermal), kimia, biologi, atau fisika (Case, 2006).

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut, dapat disimpulkan bahwa biofuel adalah bahan bakar terbarukan yang berasal dari makhluk hidup yang wujudnya berbentuk padat, cair dan gas.

2.1.4 Pengertian Briket

Briket merupakan arang yang diubah ukuran, bentuk, maupun kerapatannya dengan cara mengempa campuran serbuk arang yang sudah dihaluskan tersebut dengan bahan perekat (Hartoyo dan Roliandi, 1978).

Briket merupakan gumpalan-gumpalan atau batangan-batangan arang yang terbuat dari bioarang (bahan lunak). Bioarang yang sebenarnya termasuk bahan lunak yang dengan proses tertentu diolah menjadi bahan arang keras dengan bentuk tertentu (Josep dan Hislop, 1981).

Briket merupakan arang yang diolah lebih lanjut menjadi bentuk batangan (penampilan atau kemasan yang lebih menarik) yang dapat digunakan untuk keperluan energi bahan bakar sehari-hari (Pari, 2002).

Arang dalam bentuk briket memiliki kelebihan dibandingkan dalam bentuk arang biasa, keuntungan dari briket arang adalah sebagai berikut (Menurut Hendra, 1999) *dalam* Capah (2007):

1. Memperbesar rendemen pada pembuatan arang karena arang yang diperoleh dapat dipergunakan dalam pembuatan briket arang.
2. Bentuknya berbagai jenis batangan dan lebih padat atau memperkecil tempat penyimpanan dan transportasi.
3. Kualitas pembakaran lebih baik dan mengurangi asap saat pembakaran.

Berdasarkan beberapa pendapat tersebut dapat disimpulkan bahwa, briket adalah arang yang diubah ukuran, bentuk maupun kerapatannya, kemudian diolah menjadi bahan arang keras dengan menggunakan campuran perekat.

Komposisi yang terdapat pada briket sekam padi, briket serbuk dan briket bongkol jagung, yaitu:

1. Komposisi pada briket sekam padi

Pada briket sekam padi memiliki nilai kalori 1 kg sekam padi sebesar 3.300 k.kalor, sekam mengandung karbon (zat arang) 1,33%, hidrogen 1,54%, oksigen 33,645 dan silika (SiO_2) 16,98% (Sipahutar, 2016).

2. Komposisi pada briket serbuk kayu

Pada briket serbuk kayu memiliki 50% karbon, 6% hidrogen, 43% oksigen, kadar air 13,480%, kadar abu 2,489% dan nilai kalor 4138 k.kalor (Irawati, dkk 2013).

3. Komposisi pada briket bongkol jagung

Pada briket bongkol jagung memiliki kadar air sebesar 3,67%, kadar zat menguap 11,01%, kadar abu 4,83%, kadar karbon 80,52% dan nilai kalor yaitu 5663 k.kalor (Sulistyaningkart, 2017).

2.2.5 Pengertian Gasifikasi

1. Definisi Gasifikasi

Gasifikasi adalah proses pembakaran bahan bakar padat dalam wadah gasifier untuk menghasilkan bahan bakar gas (syngas). Pembakaran bahan bakar gas pada proses gasifikasi lebih mudah dalam pengontrolan laju atau suhu pembakaran dibanding pembakaran bahan bakar secara langsung. Disamping itu, hasil pembakaran bahan bakar gas lebih bersih (Anisa, dkk, 2010).

Gasifikasi merupakan suatu proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO , CH_4 , dan H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas (20% - 40% udara stoikiometri). Proses gasifikasi adalah suatu proses kimia untuk mengubah material yang mengandung karbon menjadi gas mampu bakar (Guswendar, 2012).

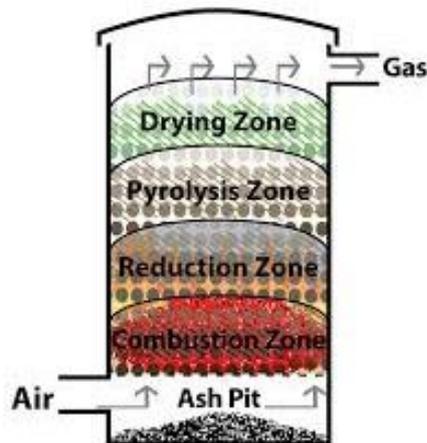
Gasifikasi adalah proses mengkonversi bahan bakar padat menjadi berwujud gas. Gas yang dihasilkan pada gasifikasi disebut gas produser yang kandungannya didominasi oleh gas CO , H_2 , dan CH_4 . Gasifikasi dilakukan dengan cara membakar biomassa pada kondisi kekurangan oksigen, sehingga yang terjadi adalah pembakaran yang tidak sempurna (Moonthree, 2011).

Gasifikasi merupakan suatu teknologi dengan proses yang mengubah bahan padat menjadi gas. Bahan padat yang dimaksud adalah bahan bakar yang didalamnya termasuk biomassa, arang, dan batubara dari proses *oil*

refinery. Gas yang dimaksud adalah gas-gas yang dihasilkan dari proses gasifikasi dan umumnya berbentuk CO, CO₂, H₂, dan CH₄ (Anis, 2008).

2. Tahapan Proses Gasifikasi

Ada beberapa tahapan pada proses gasifikasi yang harus dilalui oleh biomassa sebelum pada akhirnya menjadi gas pada output reaktor. Proses tersebut meliputi beberapa tahap yaitu, sebagai berikut (Putri G.A, 2009):



Gambar 2.2 Proses Gasifikasi

a. Proses Pengering

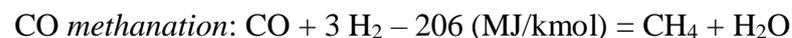
Proses pengering dilakukan bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung didalam limbah biomassa dan sebisa mungkin kandungan air tersebut harus hilang. Kadar air pada limbah biomassa dihilangkan melalui proses konveksi karna pada reaktor terjadi pemanasan dan udara bergerak mengeluarkan kandungan air dari biomassa. Semakin tinggi temperature yang dihasilkan untuk pemanasan maka akan semakin mempercepat proses difusi dari kadar air yang terkandung didalam biomassa sehingga proses pengeringan akan semakin cepat.

b. Proses Pirolisis

Proses pirolisis adalah proses pembakaran tanpa melibatkan oksigen. Produk yang dihasilkan oleh proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, tekanan, waktu, temperature dan *heat losses*. Pada proses ini biomassa mulai bereaksi dan kemudian membentuk tar dan senyawa gas. Proses pirolisis dimulai pada temperatur 300 °C saat komponen tidak stabil secara termal.

c. Proses Reduksi

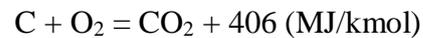
Proses reduksi ini merupakan proses reaksi penyerapan panas dimana temperatur keluar dari gas yang dihasilkan. Pada proses ini terjadi beberapa reaksi kimia, yang merupakan proses penting terbentuknya senyawa-senyawa yang berguna bagi gas, seperti *hydrogen* dan karbon monoksida. Berikut adalah beberapa reaksi kimia yang terjadi pada proses ini:



d. Proses Combustion

Proses Combustion merupakan proses menghasilkan panas yang memanaskan lapisan karbon dibawah. Pada temperatur tinggi pada gasifier, maka akan memecah substansi tar sehingga kandungan tar yang dihasilkan

rendah. Reaksi kimia yang akan terjadi pada proses ini adalah sebagai berikut:



Dapat dikatakan bahwa pada proses ini gas yang didapat mulai terbentuk, sehingga pada proses ini disebut *producer gas*.

3. Faktor yang Mempengaruhi Proses Gasifikasi

Dalam proses gasifikasi ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses dan kandungan gas yang dihasilkan yaitu, sebagai berikut (Sadaka, 2006):

a. Tekanan *Bed*

Tekanan *Bed* telah dilaporkan memiliki efek yang signifikan pada proses gasifikasi. Nandi dan Onischak (1985) menemukan penurunan berat badan selama devolatilization residu tanaman di N_2 suasana di 815°C , menurun dengan peningkatan tekanan.

b. Tinggi *Bed*

Pada suhu reaktor tertentu, waktu tinggal yang lebih lama (karena ketinggian *bed* yang lebih tinggi) meningkat berjumlah hasil gas. Dari menunjukkan bahwa ketinggian *bed* yang lebih tinggi menghasilkan lebih efisien konversi.

c. Suhu *Bed*

Tingkat gasifikasi serta kinerja dari keseluruhan gasifier adalah tergantung suhu. Semua reaksi gasifikasi biasanya reversible dan titik ekuilibrium dari setiap reaksi dapat digeser dengan mengubah suhu.

d. Rasio Kesetaraan

Rasio kesetaraan memiliki pengaruh yang kuat pada kinerja gasifier karena dapat mempengaruhi suhu *bed*, kualitas gas dan efisiensi termal.

e. Kecepatan Fluidasi

Kecepatan fluidasi ini sangat penting dalam pencampuran partikel *fluidized bed*. Dalam sistem gasifikasi udara, semakin tinggi kecepatan fluidasi semakin tinggi suhu *bed* dan jika semakin rendah menghasilkan nilai kalor gas akibat peningkatan suhu oksigen dan nitrogen dalam gas inlet ke sistem.

f. Kadar air

Kadar air dari bahan dapat mempengaruhi suhu reaksi karena energi diperlukan untuk menguapkan air dalam bahan bakar. Oleh karena itu, proses gasifikasi berlangsung pada suhu rendah.

g. Rasio Udara dan Uap

Meningkatkan rasio udara dan uap akan meningkatkan nilai kalor sampai memuncak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh rasio udara dan uap pada arang terutama pada rasio yang lebih rendah karena akan memberikan kontribusi terhadap proses gasifikasi.

h. Ukuran Partikel

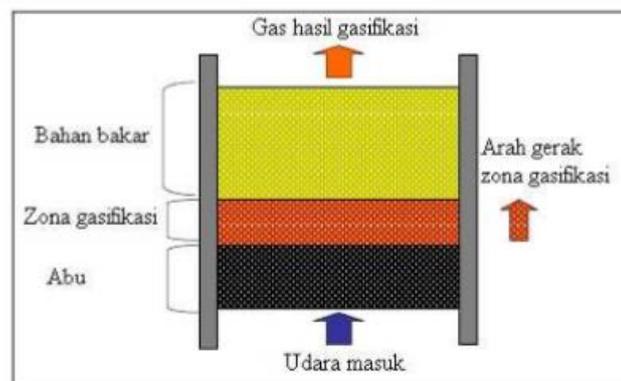
Ukuran partikel sangat mempengaruhi akan hasil proses gasifikasi. Ukuran partikel kasar akan menghasilkan banyak char dan kurang tar yang dihasilkan. Tingkat difusi termal dalam partikel menurun dengan peningkatan partikel, sehingga mengakibatkan tingkat pemanasan yang lebih rendah.

4. Reaktor Gasifikasi

Reaktor gasifikasi biomassa dapat dibagi dalam beberapa kategori berdasarkan sumber panas dan arah aliran gas yang terjadi yaitu, sebagai berikut (Menurut C.E Bauekal, 2009):

a. Reaktor Gasifikasi Tipe *Updraft*

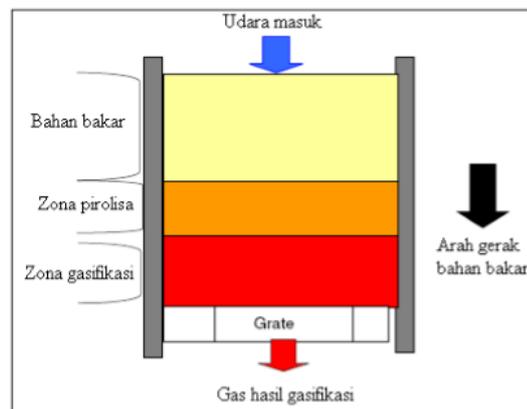
Pada reaktor gasifikasi tipe ini, sumber panas terletak dibawah bahan bakar dan bergerak keatas. Pada gas panas yang dihasilkan mengalir keatas melewati bahan bakar yang belum terbakar sementara bahan bakar akan terus jatuh ke bawah.



Gambar 2.3 Skema Reaktor Gasifikasi Tipe *Updraft*

b. Reaktor Gasifikasi Tipe *Downdraft*

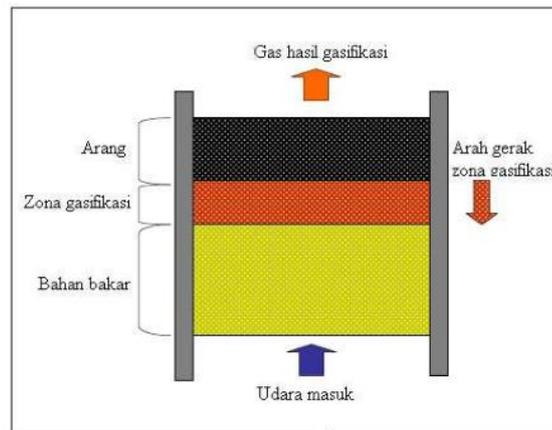
Pada tipe ini sumber panas terletak dibawah bahan bakar. Dalam gambar dibawah ini terlihat aliran udara bergerak ke zona gasifikasi dibagian bawah yang menyebabkan asap pirolisa yang dihasilkan melewati zona gasifikasi yang panas. Hal ini membuat tar yang terkandung dalam asap terbakar, sehingga gas yang dihasilkan reaktor ini lebih bersih.



Gambar 2.4 Skema Reaktor Gasifikasi Tipe *Downdraft*

c. Reaktor Gasifikasi Tipe *Inverted Downdraft*

Prinsip kerja reaktor gasifikasi tipe ini sama dengan prinsip kerja reaktor gasifikasi tipe *downdraft*, perbedaannya hanya terletak pada arah aliran udara dan zona pembakaran yang dibalik sehingga bahan bakar berada pada bagian bawah reaktor dengan zona pembakaran di atasnya. Aliran udara mengalir dari bagian bawah ke bagian atas reaktor.



Gambar 2.5 Skema Reaktor Gasifikasi Tipe *Inverted Downdraft*

d. Reaktor Gasifikasi Tipe *Crossdraft*

Pada reaktor ini, aliran udara mengalir tegak lurus dengan arah gerak zona pembakaran. Reaktor tipe ini memungkinkan operasi yang berkesinambungan apabila memiliki sistem pengeluaran abu yang baik.

e. Reaktor Gasifikasi Tipe *Fluidized Bed*

Berbeda dengan tipe-tipe reaktor gasifikasi sebelumnya, pada reaktor gasifikasi tipe ini bahan bakar bergerak didalam reaktor. Sebuah *fan* bertekanan tinggi diperlukan untuk menggerakkan bahan bakar yang sedang digasifikasi.

Pembakaran gas gasifikasi menghasilkan gas CO, H₂, CH₄ sebagai bahan bakat. Pada pembakaran gas hasil gasifikasi, reaksi yang di dapat adalah:

- $\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
- $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Pembakaran gas-gas tersebut harus dilakukan dengan perbandingan udara dan bahan bakar yang sesuai, tidak boleh terlalu berlebih ataupun kurang. Gas-gas hasil gasifikasi ini sangat bergantung dengan reaksi kimia pada keadaan stoikiometri.

Tabel 2.2 Perbandingan Teknologi Gasifikasi dan Pembakaran Langsung

(M.K Pengantar Teknologi Pertanian, Dr.Kiman Siregar, S.TP, M.Si)

Perbedaan	Gasifikasi	Pembakaran Langsung
Tujuan	Meningkatkan nilai tambah dan kegunaan dari limbah	Membangkitkan panas atau mendestruksi limbah
Jenis Proses	Konversi kimia dan thermal tanpa oksigen	Pembakaran sempurna dengan udara berlebih
Komposisi gas kotor	H ₂ , CO, H ₂ S, NH ₃ dan partikulat	CO ₂ , H ₂ O, SO ₂ , NO, dan partikulat
Komposisi gas bersih	H ₂ dan CO	CO ₂ Dan H ₂ O
Produk padatan	Arang dan kerak	Abu

Gasifikasi memiliki keuntungan lebih pada saat proses pembakaran, yaitu (Dony, 2013):

1. Kontrol emisi menjadi lebih sederhana dalam gasifikasi dibandingkan pembakaran konvensional, karena syngas yang diproduksi dalam gasifikasi menghasilkan suhu dan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan gas buang yang dihasilkan dalam pembakaran.

2. Suhu dan tekanan yang lebih tinggi memungkinkan untuk penghapusan yang lebih mudah bagi sulfur dan nitrogen oksida.
3. Sistem gasifikasi dapat mencapai tingkat emisi yang lebih rendah dibandingkan tingkat regulasi, menurunkan kandungan merkuri, dan biaya minimal.
4. Sistem gasifikasi memerlukan lebih sedikit air dibandingkan teknologi lainnya.

Selain memiliki keuntungan gasifikasi juga memiliki kelemahan pada saat proses pembakaran, yaitu (Dony, 2013):

1. Biaya modal yang terlalu mahal.
2. Perkembangan di beberapa bidang penelitian dapat meningkatkan prospek jangka panjang dan pangsa pasar potensial.