

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Dasar Teori

##### a. Krisis Energi

Krisis energi telah melanda dunia, pada tahun 2012 ini mencapai 105 \$/barrel. Hal ini berdampak pada berbagai sektor, khususnya perekonomian tidak terkecuali Indonesia. Krisis ini terjadi akibat semakin langkanya bahan bakar minyak (BBM) yang berasal dari bahan-bahan yang bersifat *non renewable* atau tidak dapat diperbarui. Hal ini tidak dapat dibiarkan begitu saja, karena semakin lama cadangan minyak dunia khususnya Indonesia, akan semakin menipis. Hal tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan bahan bakar minyak yang berasal dari bahan yang dapat diperbarui (*renewable*) yaitu dengan memanfaatkan tanaman penghasil biodiesel. Beberapa tanaman yang berpotensi untuk menghasilkan biodiesel antara lain kelapa sawit, kelapa, ketela, kedelai, dan jarak pagar. Dari contoh tersebut, jarak pagar merupakan tanaman yang mempunyai potensi tertinggi karena jarak pagar tidak termasuk minyak makan (*edible oil*) seperti bahan yang lain, sehingga pemanfaatan jarak pagar tidak akan mengganggu pemenuhan kebutuhan minyak makan di Indonesia. Selain itu, kadar biodiesel buah jarak bisa mencapai 80% (B-80), lebih tinggi dari kelapa sawit yang hanya 40% (Saptoadi. H., 2004).

Kelangkaan bahan bakar minyak, yang disebabkan oleh kenaikan harga minyak dunia yang signifikan, telah mendorong pemerintah untuk mengajak masyarakat mengatasi masalah energi bersama-sama. Penghematan bahan bakar sebetulnya harus telah digerakkan sejak dahulu karena pasokan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi adalah sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable*), sedangkan permintaan naik terus, demikian pula harganya sehingga tidak ada stabilitas keseimbangan permintaan dan penawaran.

Kebutuhan bahan bakar bagi penduduk berpendapatan rendah maupun miskin, terutama di pedesaan, sebagian besar dipenuhi oleh kayu bakar yang memang dirasakan terjangkau karena disubsidi oleh pemerintah terbatas. Namun karena digunakan untuk industri atau usaha lainnya, kadang-kadang terjadi kelangkaan persediaan minyak bakar di pasar. Selain itu masyarakat yang tinggal di

dekat kawasan hutan berusaha mencari kayu bakar, baik dari ranting kering dan tidak jarang pula menebangi pohon di hutan yang terlarang untuk ditebangi, sehingga lambat laun mengancam kelestarian alam di sekitar kawasan hutan.

Ketergantungan energi Indonesia kepada bahan bakar minyak dan gas sangat tinggi, akibatnya ketika Pemerintah Pusat memutuskan kenaikan harga BBM dan gas baru-baru ini, dampaknya bukan hanya dirasakan oleh rakyat saja, akan tetapi juga dirasakan oleh Pemerintah Daerah yang terpaksa harus merevisi APBD-nya untuk menyesuaikan asumsi dasar belanja daerah (**Sopian. T., 2005**).

Energi dianggap sebagai salah satu prasarana dalam mencapai kesejahteraan sebuah daerah mengingat energi dibutuhkan untuk keperluan transportasi, industri dan rumah tangga. Masalah energi alternatif kini menjadi perbincangan yang ramai di masyarakat. Krisis bahan bakar minyak (BBM) telah menggugah masyarakat Indonesia untuk tidak bergantung pada energi minyak bumi.

Krisis selain sebagai batu ujian, juga telah memunculkan ide-ide besar dan kreatif mengatasi masa-masa sulit. Selain itu, krisis energi menjadi momentum bagi pemerintah untuk menyiapkan kebijakan yang mendukung penggunaan biodiesel. Bahan bakar minyak dari fosil makin sulit ditemukan sehingga harganya terus naik. Padahal, Indonesia memiliki potensi alam untuk dikembangkan menjadi bahan bakar alternatif yang produksinya bisa dilakukan rakyat karena proses sederhana.

Beberapa alasan mengapa penggunaan BBM alternatif menjadi penting. Pertama, menurut data Pertamina, kebutuhan konsumsi BBM dalam negeri kini mencapai 1,15 juta barel per hari. Sementara itu, kemampuan produksi Indonesia hanya 950.000 barel per hari. Dengan kondisi ini, tak heran jika ketergantungan terhadap impor BBM terus meningkat. Kedua, makin menurunnya investasi pencarian karena cadangan minyak bumi kian menipis dan diperkirakan habis dalam waktu 10 tahun ke depan. Ketiga, harga minyak dunia terus melambung mencapai US\$60-US\$70 per barel.

Sebetulnya sumber energi alternatif cukup tersedia. Misalnya, energi matahari di musim kemarau atau musim kering, energi angin dan air. Tenaga air memang paling banyak dimanfaatkan dalam bentuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA), namun bagi sumber energi lain belum kelihatan secara signifikan. Energi terbarukan lain yang dapat dihasilkan dengan teknologi tepat guna yang relatif lebih sederhana dan sesuai untuk daerah pedesaan adalah jarak pagar.

## **b. Limbah Jarak Pagar**

Pengembangan tanaman jarak pagar (*Jatropha Curcas L*) sebagai bahan bakar alternatif mempunyai potensi yang sangat besar, selain menghasilkan minyak dengan produktivitas tinggi, dapat juga dijadikan bahan untuk pembuatan biobriket. Pengolahan biji jarak menghasilkan randemen minyak sebesar 30%, dengan randemen yang besar tersebut, maka akan diperoleh 70% limbah atau bungkil biji jarak pagar yang masih mengandung sisa minyak yang cukup tinggi. Sampai saat ini limbah tersebut belum banyak dimanfaatkan. Bungkil jarak pagar merupakan bahan paling tepat dalam membuat biobriket (**Budiman. S dkk, 2008**).

## **c. Limbah Pertanian**

### 1) Arang Sekam Padi

Limbah sering diartikan sebagai bahan buangan/bahan sisa dari proses pengolahan hasil pertanian. Proses penghancuran limbah secara alami berlangsung lambat, sehingga limbah tidak saja mengganggu lingkungan sekitarnya tetapi juga mengganggu kesehatan manusia. Pada setiap penggilingan padi akan selalu terlihat tumpukan bahkan gunungan sekam yang semakin lama semakin tinggi. Saat ini pemanfaatan sekam padi masih sangat sedikit, sehingga sekam tetap menjadi bahan limbah yang mengganggu lingkungan.

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi *kariopsis* yang terdiri dari dua belahan yang disebut *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar. Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30% dari bobot gabah. Penggunaan energi sekam bertujuan untuk menekan biaya pengeluaran untuk bahan bakar bagi rumah tangga petani. Penggunaan Bahan Bakar minyak yang harganya terus meningkat akan berpengaruh terhadap biaya rumah tangga yang harus dikeluarkan setiap harinya (**Balitbang Pertanian, 2007**).

Dari proses penggilingan padi biasanya diperoleh sekam sekitar 20-30%, dedak antara 8- 12% dan beras giling antara 50-63,5% data bobot awal gabah. Sekam dengan persentase yang tinggi tersebut dapat menimbulkan problem

lingkungan. Ditinjau data komposisi kimiawi, sekam mengandung beberapa unsur kimia penting. Sekam dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan di antaranya: (a) sebagai bahan baku pada industri kimia, terutama kandungan zat kimia furfural yang dapat digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai industri kimia, (b) sebagai bahan baku pada industri bahan bangunan, terutama kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang dapat digunakan untuk campuran pada pembuatan semen portland, bahan isolasi, *husk-board* dan campuran pada industri bata merah, (c) sebagai sumber energi panas pada berbagai keperluan manusia, kadar selulosa yang cukup tinggi dapat memberikan pembakaran yang merata dan stabil. Sekam memiliki kerapatan jenis (*bulk densil*) 125 kg/m<sup>3</sup>, dengan nilai kalori 1 kg sekam sebesar 3300 k. kalori. Menurut Houston (1972) sekam memiliki *bulk density* 0,100 g/ ml, nilai kalori antara 3300 -3600 k. kalori/kg sekam dengan konduktivitas panas 0,271 BTU (**Balitbang Pertanian, 2007**).

## 2) Arang Jerami

Jerami kering, secara alamiah adalah batang kering yang di dalamnya berisi udara. Secara individual atau satu persatu, batang jerami tidak akan mampu memenuhi tugasnya sebagai bahan dengan tingkat insulasi yang tinggi, namun penggabungan beberapa batang jerami menjadi satu ikatan misalnya, akan menghasilkan suatu elemen yang tebal dan memiliki rongga udara di dalamnya secara otomatis. Pemilihan jerami sebagai objek yang diujikan didasarkan pada alasan bahwa limbah ini tersedia melimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan adanya limbah jerami ini, maka kebutuhan akan bahan bakar alternatif biobriket dapat dipenuhi dengan harga yang lebih rendah (**Lacinski & Bergeron 2006**).

### **d. Biobriket**

Produk utama dari tanaman jarak pagar adalah minyak. Namun, kadar minyak dalam biji jarak pagar hanya 25-35%. Dengan demikian masih terdapat potensi sebesar 75%-65% yang dapat dimanfaatkan dari buah jarak. Sisa bahan berupa bungkil dan *sludge* dapat dimanfaatkan untuk membuat produk yang bernilai ekonomi tinggi. Produk yang dihasilkan dari sisa produk utama lazim disebut produk sampingan (biobriket) yaitu bahan bakar berujud padat.

Untuk membuat biobriket, bungkil dan *sludge* jarak dicampurkan dengan bahan tambahan berupa arang sekam, arang jerami atau jerami dan bahan perekat berupa lem kanji singkong (tapioka). Dapat pula dicampur tempurung biji jarak dan ranting-ranting tanaman pagar jarak. Jika memungkinkan, biobriket ini juga bisa diperkaya dengan tempurung kelapa.

Sekam juga dapat digunakan sebagai bahan campuran biobriket. Sekam ini dipilih dengan pertimbangan bahwa, sekam padi tersedia cukup banyak dan mampu menghasilkan energi panas mencapai 400°C. Sebagai bahan pencampur biobriket, sekam padi dapat langsung dicampurkan. Namun, akan lebih baik jika sekam dibakar terlebih dahulu hingga menjadi arang atau sudah dikarbonisasi. Jika sekam dijadikan arang, biobriket yang dihasilkan nantinya akan mengeluarkan asap relatif lebih sedikit ketika dibakar.

#### 1) Bahan pembuatan biobriket

Dalam pembuatan biobriket, agar dihasilkan briket yang berkualitas, komposisi bahan untuk membuat briket adalah bungkil jarak pagar, *sludge*, daun, ranting, sekam padi, jerami dan lem kanji. Menurut penelitian, kalori biobriket adalah 5.500 kal, sebanding dengan briket batu bara (muda). Kualitas briket yang dihasilkan tergantung pada perbandingan bungkil dan arang sekam, konsentrasi pati yang digunakan, kekuatan pengepresan, dan tingkat kekeringan briket. Semakin banyak arang sekam yang digunakan, briket yang dihasilkan akan semakin rapuh dan jumlah lem kanji yang dibutuhkan juga semakin banyak. Hal ini disebabkan arang cenderung menyerap air lebih banyak.

#### 2) Proses pembuatan biobriket

Pembuatan biobriket dilakukan dengan tahapan seperti berikut :

##### a) Persiapan bahan

- (1) Sekam padi dan jerami dikarbonisasi dalam wadah tertutup selama 45-60 menit, dihaluskan, dan diayak sehingga diperoleh ukuran yang seragam. Dengan proses karbonisasi, sekam tidak akan langsung menjadi abu, tetapi akan menjadi kristal berwarna hitam pekat yang mengandung unsur karbon (C) tinggi. Komposisi sekam padi dan jerami rata-rata 25%.

(2) Bungkil jarak dan *sludge* dikeringkan, dihaluskan, dan diayak sehingga diperoleh ukuran yang seragam.

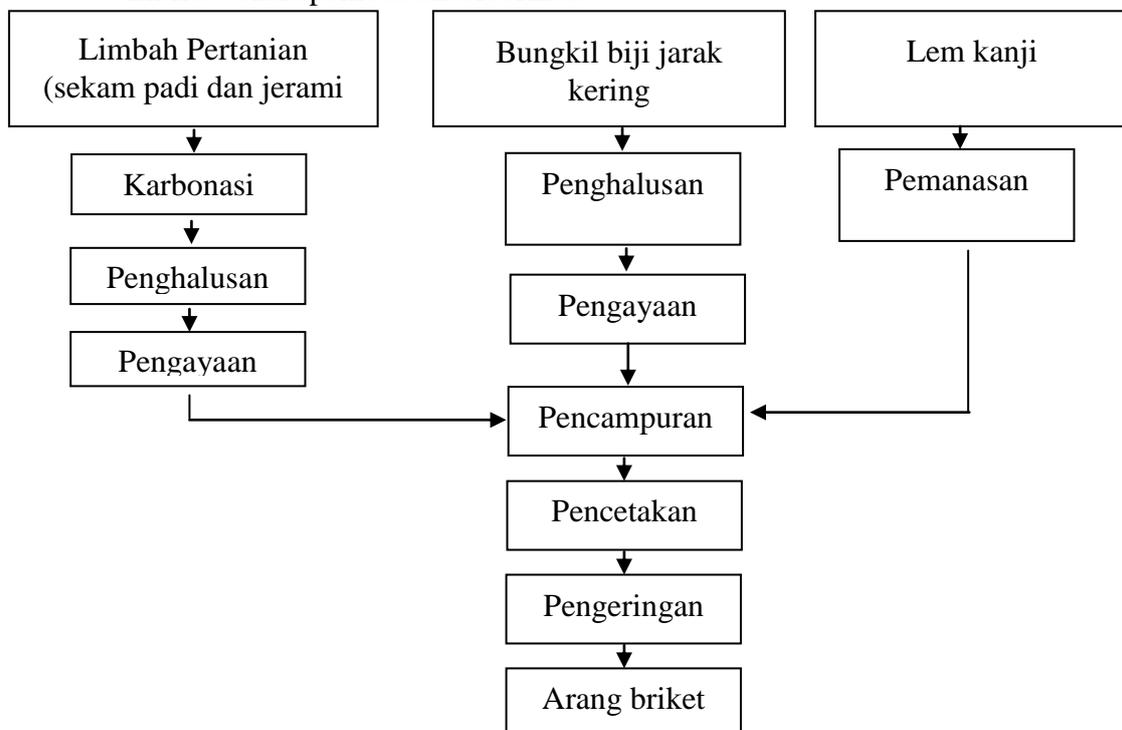
(3) Lem kanji singkong 1% sampai dengan 17% dipanaskan pada suhu 75°C selama 30 menit. Selama pemanasan, lem kanji diaduk secara kontinu agar panas merata dan tidak terjadi pengumpulan di bawah.

b) Pencampuran dan Pencetakan

Pencampuran dapat dilakukan secara manual dengan peralatan sederhana seperti cangkul. Pencetakan dapat dilakukan menggunakan mesin press atau secara manual menggunakan pralon dengan diameter dan panjang tertentu. Campuran bahan briket dimasukan ke dalam cetakan hingga merata pada permukaan. Dalam pengepresan ini dilakukan penahanan agar briket yang dihasilkan benar-benar padat.

c) Pengeringan

Pengeringan biobriket dilakukan dengan cara menjemurnya dibawah sinar matahari langsung selama 2 sampai 3 hari hingga briket terasa ringan bila diangkat. Briket juga bisa dikeringkan dalam oven yang dipanaskan dengan minyak jarak. Berat rata-rata briket basah adalah 30 gram dan saat kering akan berat rata-rata setelah kering adalah 22 gram. Gambar 1 berikut ini flow chart pembuatan biobriket.



**Gambar 1. Flow chart pembuatan BioBriket**

### **e. Pengertian Bahan Bakar**

Bahan bakar padat yang terdapat di bumi kita ini berasal dari zat – zat organik. Bahan bakar padat mengandung unsur – unsur antara lain : zat arang atau karbon (C), Hidrogen (H), zat asam atau Oksigen (O), zat lemas atau Nitrogen (N), Belerang (S), Abu dan air, yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia. Pembakaran bahan bakar padat memerlukan tahapan tertentu sebelum terjadi proses pembakaran. Adapun beberapa tahapan dalam pembakaran bahan bakar padat adalah pengeringan, devolatilisasi dan pembakaran arang. Ditinjau dari sudut teknis dan ekonomis, bahan bakar diartikan sebagai bahan yang dikonsumsi untuk menghasilkan energi berupa kalor. Bahan bakar dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok :

- 1) Bahan yang dikonsumsi dalam proses pembakaran reaksi kimia.
- 2) Bahan yang digunakan pada reaktor nuklir - reaksi inti.
- 3) Bahan yang dikonsumsi oleh makhluk hidup untuk metabolisme.

### **f. Pengertian Pembakaran**

Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar, disertai timbulnya cahaya dan menghasilkan kalor. Pembakaran sempurna adalah pembakaran dimana semua konstituen yang dapat terbakar di dalam bahan bakar membentuk gas CO<sub>2</sub>, air (H<sub>2</sub>O), dan gas SO<sub>2</sub>, sehingga tak ada lagi bahan yang dapat terbakar tersisa.

### **g. Analisis Proximate**

Analisis *Proximate* adalah analisa pendekatan dari suatu bahan bakar yang dilaksanakan dengan cara memanaskannya dan memperhitungkan hasil-hasil pemanasannya, yaitu diantaranya adalah kandungan air (*moisture*), *volatile matter*, *fixed carbon*, dan kadar abu.

#### 1). Kandungan Air (*Moisture*)

Bahan bakar padat pada umumnya memiliki kandungan air dalam jumlah tertentu. Kandungan air ini akan mempengaruhi mutu dari bahan bakar tersebut. Bahan bakar yang mempunyai kandungan air yang tinggi akan sulit untuk menyala dan terbakar, karena dengan tingginya kandungan air ini akan menghambat proses pelepasan *volatile*-nya. Untuk bahan bakar padat yang berasal dari bahan biomassa yang dibriketkan, maka tingginya kandungan air

ditentukan oleh proses pengolahan dan pengerjaan biomassa. Kadar air ini merupakan kandungan air pada bahan bakar padat. Semakin besar kadar air yang terdapat pada bahan bakar padat, maka nilai kalornya semakin kecil, begitu juga sebaliknya.

Prosedur pengujian kadar air dilakukan dengan mengambil sebagian dari sampel uji briket, selanjutnya ditimbang dengan berat 2 gram sebagai berat awal  $X_A$ . Sampel uji dikeringkan dalam oven pada suhu tertentu sampai beratnya konstan. Kemudian didinginkan atau dimasukkan ke dalam desikator dan dilakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan ( $X_B$ ). Kadar air briket dihitung menggunakan standar ASTM D-3173 dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Kadar Air} = \left[ \frac{X_A - X_B}{X_A} \right] \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

2). *Volatile Matter* (Zat Terbang)

*Volatile Matter* merupakan hasil dekomposisi pada waktu pemanasan bahan bakar yang terdiri dari gas-gas yang mudah terbakar seperti hidrogen ( $H_2$ ), karbon monoksida (CO), hidro karbon ( $CH_4$ ), dan gas yang tak terbakar seperti karbon dioksida ( $CO_2$ ), dan juga uap air.

3). *Fixed Carbon* (Karbon Tetap)

*Fixed carbon* merupakan jumlah kandungan karbon tetap yang terdapat dalam suatu bahan bakar. Kandungan karbon ini diperoleh dari pengurangan kandungan kadar karbon bahan bakar tersebut yang dikurangi dengan kadar air, *volatile matter*, dan kadar abu.

4). Kadar Abu

Abu merupakan bahan mineral yang tak dapat terbakar pada bahan bakar padat yang tertinggal setelah proses pembakaran. Abu pada bahan bakar akan menurunkan mutu pembakaran bahan bakar tersebut, karena akan menurunkan nilai kalornya. Partikel abu yang terbentuk bermacam-macam tergantung dari jenis bahan bakarnya.

**h. Penerapan Metode Taguchi**

Dalam pengendalian kualitas Taguchi telah menggabungkan falsafah-falsafah besar pada industri manufaktur. Pendekatan Taguchi pada rancangan eksperimen diharapkan mampu menghasilkan pengembangan kualitas yang kokoh (*robust*) terhadap faktor *noise* (Thomas et al., 2011).

Hasil eksperimen konfirmasi akan menentukan apakah level faktor optimal yang diperoleh bisa diperluas ke skala industri. Menurut Ross (1998), fungsi kerugian dibedakan menjadi tiga jenis yaitu :

1) *Smaller the better* :  $L(y) = k (y-m)^2$  .....(2)

2) *Nominal the better* :  $L(y) = k(y)^2$  .....(3)

3) *Larger the better* :  $L(y) = k(1/y)^2$  .....(4)

Di dalam *analysis of variance* (ANOVA), derajat bebas, jumlah kuadrat, rata-rata kuadrat dan sebagainya dihitung dan diorganisasikan dalam format tabel standar. Pada ANOVA dua arah ini data eksperimen terdiri dari dua faktor atau lebih dan dua level atau lebih. Menurut Montgomery (1996), beberapa formula di dalam ANOVA :

$$SS_T = \left[ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 \right] - CF \dots\dots\dots(5)$$

$$SS_A = \left[ \sum_{i=1}^k \left( \frac{A_i^2}{n_A} \right) \right] - CF \dots\dots\dots(6)$$

$$SS_B = \left[ \sum_{i=1}^k \left( \frac{B_i^2}{n_B} \right) \right] - CF \dots\dots\dots(7)$$

$$SS_{AXB} = \left[ \sum_{i=1}^c \left( \frac{AXB_i^2}{n_{AXB}} \right) - CF - SS_A - SS_B \right] \dots\dots\dots(8)$$

$$SSe = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AXB} \dots\dots\dots(9)$$

$$MS_A = SS_A/V_A \dots\dots\dots(10)$$

$$MS_B = SS_B/V_B \dots\dots\dots(11)$$

$$MS_{AXB} = SS_{AXB} / V_{AXB} \dots\dots\dots(12)$$

$$Mse = SSe/Ve \dots\dots\dots(13)$$

$$T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij} \dots\dots\dots(14)$$

## 2.2. Kajian Pustaka

Pemanfaatan *biomass* sebagai bahan bakar di Indonesia ternyata masih sangat kecil bila dibandingkan dengan negara lain. Riset menunjukkan pemanfaatan sekam padi sebagai briket ternyata kurang dari 10 % sedangkan di India pemanfaatan sekam padi menjadi bahan bakar mencapai 40 % (Werther, 2000).

Penelitian mengenai pembakaran antara jerami dan batu bara diteliti oleh Pedersen dkk. (1996) yang dalam risetnya menghasilkan kesimpulan bahwa dengan pembakaran antara batu bara Kanada, emisi NO dan SO<sub>2</sub> dapat direduksi bila dibandingkan dengan pembakaran batu bara saja, juga didapatkan hasil terjadi penurunan kadar asap dan abu.

Naruse dkk. (1999) melakukan penelitian perilaku pembakaran dan kontrol emisi pada pembakaran biobriket. Hasil penelitian ini, biobriket memiliki temperatur penyalaan yang lebih rendah dan waktu pembakaran yang lebih singkat dari pada batu bara normal. Hasil pengujian pada tungku api biasa menunjukkan bahwa dari pembakaran briket, emisi partikulat yang dihasilkan rendah.

Dujambi (1999) meneliti laju pembakaran briket batu bara produksi PT. Bukit Asam dengan variasi pembakaran, seperti ukuran briket, laju aliran udara, temperatur dinding tungku dan temperatur *preheat*. Laju pembakaran naik jika laju aliran udara naik tetapi terdapat suatu kondisi optimum dimana laju pembakaran menurun dengan kenaikan lebih lanjut dari laju aliran udara, karena pengaruh dari pendinginan yang terjadi secara konveksi. Laju pembakaran dipengaruhi temperatur dinding tungku, semakin besar ukuran partikel, maka laju pembakaran berkurang.

Sedangkan karakter pembakaran limbah pertanian pernah diteliti oleh Werther (2000), yang menyatakan antara lain, limbah pertanian banyak sekali mengandung *volatile* sehingga menyebabkan pembakaran dimulai pada temperatur rendah, disamping itu konsentrasi polutan tertinggi yaitu abu, dan sangat penting untuk menganalisa komposisi abu karena sangat mempengaruhi proses pembakaran itu sendiri. Butiran *biomass* yang kecil dan kering memberikan penyalaan yang stabil. Apabila limbah pertanian dibakar bersama-sama dengan batu bara, maka tidak ada efek negatif yang muncul, terutama dari segi emisi polutan.

Von Raczeck dalam Werther (2000) mengadakan percobaan pembakaran dengan bahan bakar berupa kulit kopi, serpihan kayu, dan batubara bituminous. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa proses devolatilisasi kulit kopi dan serpihan kayu mulai terjadi pada suhu 160<sup>0</sup>C hingga 200<sup>0</sup>C. Pada saat suhu mencapai 200<sup>0</sup>C proses devolatilisasi berlangsung cepat dan kehilangan massa yang signifikan, ketika suhu di atas 500<sup>0</sup>C massa cenderung konstan.

Hart, Ward dan Biffes (2001) melakukan penelitian mengenai reaktivitas pembakaran dari briket multi komponen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

briket yang memiliki porositas yang lebih besar akan mengalami sedikit hambatan akan lajunya oksigen dan terjadinya pembakaran, artinya semakin porous maka bahan bakar semakin reaktif. Semakin halus ukuran partikel penyusun briket maka briket tersebut akan semakin reaktif.

Cai dan Zygouraks (2003) melakukan penelitian tentang model transien untuk menentukan karakteristik pembakaran arang yang memiliki porositas yang tinggi, dari hasil penelitian tersebut didapatkan bahwa porositas dan luasan area akan terkait dengan besarnya cavity yang akan mempengaruhi reaktivitas dan pembakaran partikel arang.

Biagini dan Tognotti (2004) melakukan penelitian mengenai pengaruh ukuran partikel dan variasi struktur kimia terhadap aspek dasar proses pembakaran bahan bakar biomassa dan batubara. Penelitian dilakukan dengan variasi laju pemanasan tungku pembakaran 5 °C/menit, 10 °C/menit, dan 20 °C/menit untuk bahan bakar yakni batubara Kema (kadar volatil yang tinggi), batubara Chang Cun dengan kadar zat volatil rendah, limbah tanaman zaitun, limbah lumpur kertas, dan butiran batubara (10 % berat).

Saptoadi (2004) melakukan penelitian mengenai karakteristik pembakaran briket dari jeramian dan lignit. Briket merupakan perpaduan komposisi antara jeramian dan lignit yaitu 100% lignit, 75% lignit 25% jeramian, 50% lignit 50% jeramian, 25% lignit 75% jeramian dan 100% jeramian. Temperatur dinding tungku setiap pembakaran diset pada 350 °C, massa briket sebesar 3 gram. Laju aliran udara yang digunakan 0,6 m/s, 0,8 m/s, 1,0 m/s dan 1,2 m/s.

Subroto; Himawanto; **Putro.S (2008)** menyatakan bahwa limbah pertanian (sekam padi dan jerami) potensial untuk diolah menjadi bahan bakar alternatif *biobriket* yaitu diolah bersama dengan batu bara. Hasil penelitian ini adalah *briket biobriket* dengan 60 % limbah pertanian 40 % batu bara dengan pengikat lem kayu sebesar 10 % berat yang ditekan dengan tekanan 300 kg/cm<sup>2</sup> dan dikeringkan pada temperatur 110 °C selama 90 menit. Dimana *briket biobriket* ini memiliki kisaran temperatur pembakaran antara 300 °C sampai dengan 439 °C, dengan kadar abu yang dihasilkan sekitar 20 % serta memiliki kekuatan tekan 67,39 kg/cm<sup>2</sup> dan memiliki pengurangan massa 64 % pada 3 kali jatuhan. Serta memiliki komposisi abu hasil pembakaran terdiri atas N sebesar 0,04 %, P sebesar 2,5 % serta memiliki kadar K sebesar 0,33 %.

Rosariastuti, Himawanto dan Supriyadi (2005), Limbah industri pati aren dan limbah pertanian memiliki nilai kalor yang potensial untuk diolah menjadi bahan bakar, limbah tepung onggok memiliki nilai kalor sebesar 3821,83 kal/gram, sekam padi memiliki nilai kalor sebesar 3731,671 kal/gram dan jerami memiliki nilai kalor sebesar 3752,237 kal/gram, briket batu bara dianggap sebagai bahan bakar alternatif pengganti kayu bakar memiliki nilai kalor sebesar 4.500 kal/gram.

**Tabel 1. Perbandingan Nilai Kalor Beberapa Limbah Pertanian**

Sifat	BatuBara Lignite	Arang Kayu	Limbah Pati Aren	Jerami	Sekam Padi	Ampas Tebu
Kadar air (%)	14,31	6,86	14,49	10,155	10,585	10,33
Kadar abu (%)	2,02	4,09	1,73	20,72	21,76	2,785
Fixed Carbon (%)	69,53	52,35	2,63	8,005	6,565	4,865
Volatile Matter (%)	14,14	36,69	81,15	61,12	61,09	82,02
Nilai kalor (kal/gr)	7101,093	7026,74	3821.83	3752,237	3731,671	4280,717

Himawanto, **Putro. S (2003)** melakukan penelitian mengenai pengolahan limbah pertanian menjadi biobriket, dan didapatkan bahwa nilai kalor yang dimiliki oleh limbah pertanian (sekam padi dan jerami) relatif cukup tinggi sehingga prospektif untuk dijadikan bahan bakar alternatif.

Teguh. Y dan **Musabbikhah (2010)**, meneliti tentang optimasi kualitas biobriket. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengoptimalkan kekuatan tekan biobriket diperlukan setting parameter A2B1C2D1E2F2, artinya komposisi limbah jarak 58%, komposisi arang sekam 35%, komposisi larutan pati 17%, tekanan pengepressan 200kg/cm<sup>2</sup>, waktu penahanan 60 menit dan waktu pengeringan 3 hari. Kondisi optimum dipilih untuk setiap level yang memberikan nilai rata-rata rasio S/N tertinggi. faktor-faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan tekan biobriket adalah komposisi limbah jarak (A), komposisi arang sekam (B), komposisi larutan pati (C), tekanan pengepressan (D), waktu penahanan (E) dan waktu pengeringan (F), memberikan persen kontribusi masing-masing sebesar 17.811%, 17.213%, 11.461%, 6.025%, 31.92% dan 15.521% .

**Musabbikhah, Himawanto, Taufiq.LAD (2011)**, meneliti tentang Rekayasa Tungku Pembakaran Genteng Berbahan Bakar Biocoal Optimal Guna Meningkatkan Produktivitas Genteng di Wiroko Wonogiri. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa komposisi dan proses pembuatan briket biocoal terbaik dengan komposisi 60 % limbah pertanian – 40 % batubara (yang secara teoritis nilai kalornya mendekati nilai kalor kayu bakar), dimana limbah pertanian tersebut memiliki komposisi 50 % sekam padi – 50 % jerami dengan perekat lem kanji seberat 50 % dari berat bahan baku yang dikeringkan pada kondisi temperatur pengeringan 100 °C (untuk menekan biaya produksi) selama 90 menit. Dengan satu catatan, kondisi ukuran partikel semua bahan penyusun adalah lolos ayakan dengan ukuran 20 mesh. Dengan kekuatan tekan sebesar 0,1123 MPa dan memiliki massa tersisa 78,5 % setelah 15 kali jatuhan. Briket terbaik hasil penelitian tersebut diatas mampu menghasilkan temperatur gas hasil pembakaran berkisar antara 303 °C – 451 °C selama rentang waktu 32 menit untuk pembakaran 10 gram sampel.