

# Gasifikasi Batubara dan Limbah Pertanian Guna Mendapatkan Bahan Bakar Gas Alternatif

Agus Nugroho<sup>1</sup>, Joko Rochmadi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Mesin, Akademi Teknologi AUB Surakarta

<sup>1</sup>anugroho58@ymail.com

<sup>2</sup>jokorochmadi@yahoo.com

---

*Now, along with the price of kerosene is expensive, hence the idea of the use of coal briquettes in ground water reappears. Even the government has planned to make coal briquette stove 10 million to help the poor who can not afford to buy kerosene. However, it is still lacking in the community response including the small and medium enterprises (SMEs) who are currently looking for confusion cheap fuel substitute for oil, coal briquettes because it still contains some weaknesses include air pollution, especially smell and smoke, in side need time (5-10 minutes, depending on the quality of the coal briquettes) to lit it, after a great fire was lit a little difficult to manage. Gasification system has several advantages over direct combustion of coal. Because the form of gas, combustion gas through the gasification of coal is much more easily controlled than direct combustion of coal, gas coal gasification process results can be used for various purposes, among others, to cook, drive the gas turbine, motor fuel moving in, as fuel in boilers, as well as for lighting. Utilization of biomass gas for cooking purposes using a reactor or a device called a gasification furnace. However, for me - gasification of coal gasification furnace required a special design so that the process of gasification and combustion can take place more efficiently and more clean.*

**Keywords:** Alternative Energy, Coal, Gasification Furnace

## I. PENDAHULUAN

Permasalahan krisis energi Bahan Bakar Minyak (BBM) dan Gas Bumi yang sedang melanda Indonesia dan dunia saat ini seharusnya tidak terjadi pada Indonesia yang kaya akan sumber daya alam. Produksi minyak Indonesia kini sekitar satu juta barel per hari, tetapi kebutuhannya mencapai 1,3 juta barel sehingga kekurangan 300.000 barel harus dipenuhi dari impor menjadikan Indonesia sebagai *net oil importer*. Cadangan minyak Indonesia tinggal sekitar 0,5 persen dari cadangan minyak dunia, sedangkan cadangan gas Indonesia sekitar 1,7 persen dari cadangan dunia. Diperkirakan sekitar 18 tahun yang akan datang cadangan minyak akan habis dan 50 tahun kemudian cadangan gas juga akan habis apabila tidak segera ditemukan sumber energi alternatif baru.

Salah satu sumber energi alternatif yang yang besar peluangnya untuk dikembangkan di Indonesia adalah batubara. Batubara adalah jawaban untuk alternatif energi masa depan Indonesia. Menurut Theo Matasak, dosen Teknik Geologi Institut Teknologi Bandung, sumber daya alam terbesar yang terkandung di seantero bumi Nusantara adalah batu bara. Diperkirakan terdapat sumber daya batu bara sebanyak 36 miliar ton lebih. Penyebaran bahan baku dari fosil tumbuhan yang membatu sejak 30 juta tahun lalu ini hampir merata di Tanah Air. Di antaranya yang menjadi pulau utama adalah Sumatera dan Kalimantan, sedangkan di Sulawesi, Jawa, dan Irian Jaya juga ada, walau tidak banyak. Hal tersebut menempatkan Indonesia sebagai negara dengan cadangan batu bara terbesar ke-16 sedunia. Oleh karena itulah maka Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) melalui "Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-

2025”, telah menata kembali *energy-mix* nasional dengan menempatkan batu bara sebagai salah satu sumber energi andalan. Jika peran batubara hanya 14% pada tahun 2005, maka akan dinaikkan menjadi 33% pada tahun 2025. Sebaliknya, peran BBM diturunkan dari 54% (2005) menjadi 33% (2025). Namun saat ini baru sekitar 40% dari kemampuan produksi nasional (setara 28 juta ton pertahun) yang dimanfaatkan untuk keperluan pembangkit listrik sedangkan untuk bahan bakar primer, persentasi penggunaan batubara lebih kecil lagi, yakni sekitar 32 juta ton pertahun, atau 15% dari total *energy-mix* nasional. Untuk pemakaian didalam negeri, batubara merupakan bahan bakar utama selain solar (diesel fuel) yang telah umum digunakan pada banyak industri, dari segi ekonomis batubara jauh lebih hemat dibandingkan solar, dengan perbandingan sebagai berikut: solar Rp 0,74/kilokalori sedangkan batubara hanya Rp 0,09/kilokalori, (berdasarkan harga solar industri Rp. 6.200/liter).

Seperti telah dijelaskan diatas, dari segi kuantitas batubara termasuk cadangan energi fosil terpenting bagi Indonesia, jumlahnya sangat berlimpah, mencapai puluhan miliar ton. Jumlah ini sebenarnya cukup untuk memasok kebutuhan energi listrik hingga ratusan tahun ke depan. Sayangnya, Indonesia tidak mungkin membakar habis batubara dan mengubahnya menjadi energi listrik melalui PLTU. Selain mengotori lingkungan melalui polutan CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dan C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> cara ini dinilai kurang efisien dan kurang memberi nilai tambah tinggi, di mana hal ini menjadi sorotan tersendiri terutama dengan adanya isu “*global warming*”.

Beberapa upaya telah dilakukan pemerintah untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satu upaya tersebut adalah munculnya produk briket batu bara. Pengenalan briket batu bara di Indonesia sudah sejak tahun 1993. Namun karena waktu itu harga minyak tanah, sebagai kompetitor briket batu bara, masih rendah karena disubsidi, maka pemakaian briket batu bara kurang mendapatkan responss. Kini, seiring dengan harga minyak tanah yang mahal, maka ide penggunaan briket batu bara

di tanah air muncul kembali. Bahkan pemerintah telah merencanakan untuk membuat 10 juta tungku briket batubara guna membantu masyarakat miskin yang tidak mampu membeli minyak tanah. Namun hal ini masih juga kurang mendapatkan responss masyarakat termasuk di dalamnya kalangan usaha kecil menengah (UKM) yang pada saat ini kebingungan mencari bahan bakar murah pengganti minyak tanah, karena briket batu bara masih mengandung beberapa kelemahan antara lain adanya polusi udara terutama bau dan asap, di samping perlu waktu (5-10 menit, tergantung kualitas briket batu bara) untuk menyulutnya, setelah menyala pun besar api agak sulit diatur

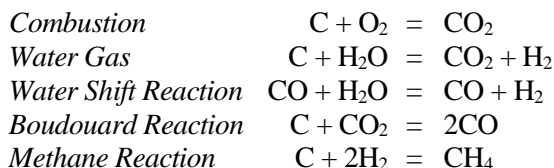
Cara mengatasi hal tersebut salah satunya adalah dengan memperkenalkan teknologi gasifikasi batubara. Sistem gasifikasi memiliki beberapa kelebihan dibanding pembakaran batubara secara langsung. Karena berbentuk gas, pembakaran gas batubara melalui gasifikasi jauh lebih mudah dikontrol dibanding pembakaran batubara secara langsung, Gas batubara hasil proses gasifikasi dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan antara lain untuk memasak, menggerakkan turbin gas, menggerakkan motor bakar dalam, sebagai bahan bakar pada ketel uap, serta untuk penerangan. Pemanfaatan gas biomassa untuk keperluan memasak menggunakan suatu reaktor atau alat yang disebut dengan tungku gasifikasi. Namun demikian untuk meng-gasifikasi batubara diperlukan satu desain tungku gasifikasi yang khusus sehingga proses gasifikasi dan pembakaran dapat berlangsung secara lebih efisien dan lebih ‘bersih’.

Dari pemaparan di atas, maka dapat dirumuskan pertanyaan mendasar yang akan dipecahkan dalam penelitian ini, yaitu

- d. bagaimanakah pengaruh ukuran partikel batubara terhadap performa gasifikasi batubara
- e. bagaimanakah pengaruh injeksi *secondary air* terhadap performa gasifikasi batubara

## A. Teori Gasifikasi

Proses gasifikasi merupakan proses konversi secara termokimia bahan bakar padat menjadi gas. Gas yang dihasilkan selama proses gasifikasi terdiri dari : (a) karbon monoksida, (b) hidrogen, (c) metana, (d) karbon dioksida, dan (e) uap air. Persamaan reaksi kimia selama proses gasifikasi dapat dituliskan sebagai berikut:



Karbon monoksida, hidrogen, dan metana adalah gas yang dapat dibakar, sedangkan karbon dioksida dan uap air tidak dapat dibakar. Gas hasil proses gasifikasi dinamakan *producer gas* untuk membedakan dengan istilah biogas, yaitu gas hasil fermentasi anaerob (*anaerobic digestion*) biomassa. Sedang alat atau ruang yang digunakan untuk menggasifikasi dinamakan *gasifier* atau reaktor gasifikasi.

Komposisi gas yang dihasilkan selama proses perubahan menjadi gas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi gas hasil proses gasifikasi

No.	Gas Yang Dihasilkan	Komposisi
1.	Nitrogen (N <sub>2</sub> )	45-60 %
2.	Karbon monoksida (CO)	15-30 %
3.	Hidrogen (H <sub>2</sub> )	10-20 %
4.	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	5-15 %
5.	Air (H <sub>2</sub> O)	6-8 %
6.	Metana	2-4 %

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses gasifikasi di antaranya adalah sebagai berikut:

- Energi yang dikandung oleh bahan bakar.  
Bahan bakar dengan kandungan energi yang tinggi akan menghasilkan pembakaran yang lebih baik.
- Kandungan air dalam bahan bakar.  
Kandungan air di dalam bahan bakar juga akan mempengaruhi proses gasifikasi.
- Bentuk dan ukuran bahan bakar.

Serbuk akan lebih susah digasifikasi karena ruang distribusi udara lebih rapat sehingga memerlukan tekanan kipas yang lebih besar.

## B. Desain Tungku Gasifikasi

Tungku gasifikasi ini terdiri dari tiga bagian pokok, yaitu *burner*, *gasifier* dan ruang tempat abu. Keuntungan dari tungku ini di antaranya adalah :

- Dengan nyala api yang biru, dapat menggantikan kompor LPG sebagai alat memasak rumah tangga.
- Dapat menghemat pengeluaran rumah tangga seperti biaya listrik, minyak tanah, gas LPG, dan sebagainya.
- Dapat mengurangi emisi karbon dioksida di udara, karena pembakaran secara langsung dapat menyebabkan penipisan ozon akibat adanya efek rumah kaca.

Adapun bagian-bagian tungku gasifikasi adalah sebagai berikut:

- Pembakar (*Burner*)**  
Befungsi untuk mengubah gas yang keluar dari reaktor melalui *burner* menjadi nyala api. Pada bagian dalam terdapat plat besi yang memiliki beberapa lubang berdiameter kecil sebagai tempat keluarnya gas dan untuk menyalakan api. Pada bagian atasnya terdapat besi untuk penyanggah alat masak yang akan digunakan.
- Gasifier Stove Reactor***  
Bagian dari tungku tempat bahan bakar diletakkan dan dibakar. Reaktor ini berbentuk silinder yang terbuat dari plat besi galvanis.
- Ruang Abu**  
Sebagai ruang untuk tempat penyimpanan abu yang dihasilkan. Ruangan ini berbentuk kotak berbahan plat besi galvanis.
- Tempat Pemasangan Kipas**  
Tempat ini digunakan untuk pemasangan kipas yang menyediakan udara untuk pembakaran. Tempat ini berukuran 12 cm x 12 cm.

## C. Prinsip Kerja Tungku Gasifikasi

Prinsip kerja tungku gasifikasi ini adalah dengan meletakkan dan membakar bahan yang

akan digasifikasi di dalam reaktor dengan bantuan api dari pembakaran beberapa potongan kertas atau dengan cara menggunakan minyak tanah. Lapisan bahan bakar yang terbakar atau *combustion zone* akan bergerak ke bagian bawah reaktor dengan kecepatan rata-rata 1 cm sampai dengan 2 cm per menit tergantung jumlah udara yang diberikan oleh kipas. Semakin banyak jumlah udara yang diberikan, maka akan semakin cepat pergerakan bahan bakar di dalam reaktor. Akibat adanya pembakaran di dalam reaktor, bahan bakar akan berubah menjadi arang atau karbon. Karbon yang dihasilkan akan bereaksi dengan udara yang diberikan oleh kipas menghasilkan gas yang mudah terbakar. Gas tersebut akan keluar dari reaktor melewati lubang pada *burner* dan bercampur dengan udara yang masuk melalui *secondary holes* sehingga apabila dibakar akan menghasilkan nyala api dengan warna yang biru seperti kompor gas LPG. Besar kecilnya api yang dihasilkan dapat diatur dengan menggunakan pengatur kecepatan putaran kipas. Semakin besar kecepatan putaran kipas, maka semakin besar nyala api yang dihasilkan.

#### D. Performa Tungku Gasifikasi

Parameter-parameter yang digunakan dalam menentukan performa dari tungku gasifikasi adalah sebagai berikut:

1. *Startup time* adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyalakan bahan bakar sehingga menghasilkan gas yang mudah terbakar. Parameter ini diukur dari dari nyala bahan bakar di reaktor.
2. Waktu pembakaran pertama kali di atas reaktor, sampai keluar gas yang dihasilkan di *burner*.
3. Waktu operasi adalah di mana *gasifier* menghasilkan gas yang terbakar, sampai tidak ada lagi gas yang diperoleh Total waktu operasi adalah waktu dari awal bahan bakar yang dinyalakan, sampai tidak ada lagi gas terbakar yang dihasilkan di dalam tungku.
4. Tingkat pemakaian bahan bakar (*Fuel Consumption Rate*), jumlah bahan bakar yang

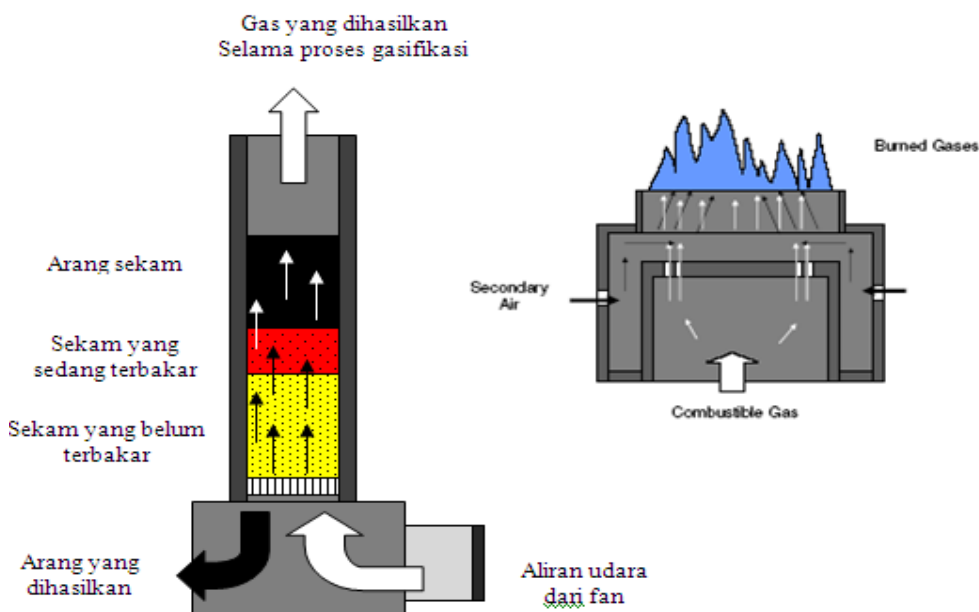
digunakan di dalam tungku, dibagi dengan waktu operasi.

5. Proses perubahan menjadi gas spesifik (*Specific Gasification Rate*), jumlah bahan bakar padi yang dipergunakan per unit waktu dikali dengan bidang dari reaktor.
6. Tingkat zona api (*Fire Zonr Rate*), waktu yang diperlukan daerah api untuk bergerak melalui reaktor.
7. Waktu pendidihan (*Boiling Time*), waktu yang diperlukan air pada awal diletakkan di atas *burner*, sampai suhu air mencapai 100°C.
8. Panas sensibel (*Sensible Heat*), jumlah dari energi panas yang diperlukan untuk menaikkan suhu air.
9. Panas Laten (*Latent Heat*), jumlah energi kalor yang digunakan di dalam menguapkan air.
10. Energi yang tersedia di bahan bakar, jumlah dari energi kalor yang tersedia di bahan bakar.
11. Efisiensi termal (*Thermal Efficiency*), perbandingan tenaga yang digunakan dalam mendidihkan dan menguapkan air dengan energi panas yang tersedia di bahan bakar.
12. Daya masuk (*Power Input*), jumlah tenaga yang tersedia dalam tungku dengan batas waktu dari bahan bakar itu.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah:

- a. menemukan desain dan merekayasa serta menguji coba tungku gasifikasi batubara yang efisien baik secara termal maupun secara ekonomi
- b. memecahkan permasalahan kebutuhan sumber energi alternatif yang murah bagi kalangan UKM.

Rencana penelitian ini menjadi penting artinya terkait dengan kebutuhan riil masyarakat, termasuk para pengusaha kecil menengah akan adanya bahan bakar yang murah dan efisien. Dengan keberhasilan penelitian ini, diharapkan mampu mendorong kemajuan usaha para pengusaha kecil menengah tersebut, di samping memungkinkan munculnya bidang usaha baru berupa usaha pembuatan tungku gasifikasi batubara. Di samping itu, keberhasilan penelitian

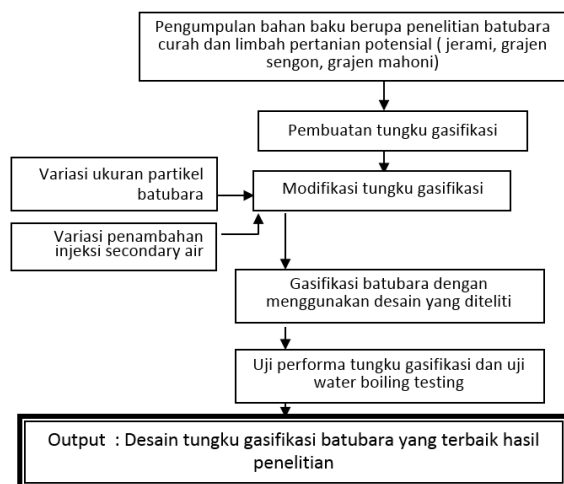


Gambar 1 Prinsip Kerja Tungku Gasifikasi

ini diharapkan mampu mengembangkan diversifikasi bahan bakar yang bersih.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Desain Penelitian



Gambar 2 Desain penelitian

### B. Cara Penelitian

#### 1) Tahap pengumpulan bahan baku

Tahap awal dari kegiatan penelitian ini adalah pengumpulan bahan baku yang berupa batubara curah dan limbah pertanian potensial yang berupa sekam padi, kulit kacang, jerami, sabut kelapa dan tongkol jagung. Pemilihan batubara curah didasari oleh satu pemikiran bahwa harga batubara curah relatif murah sehingga terjangkau oleh UKM, bila nantinya penelitian ini berhasil, sementara pertimbangan pemilihan jenis limbah pertanian didasarkan pada kemudahan limbah pertanian tersebut didapatkan mengingat limbah pertanian potensial tersebut, merupakan limbah dari tanaman pertanian potensial andalan Provinsi Jawa Tengah.

Preparasi sampel yang dilakukan adalah pengeringan batubara hingga kadar air maksimal 12%.

## 2) Uji efisiensi gasifikasi sampel tunggal (batubara saja dan limbah pertanian saja)

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat efisiensi proses gasifikasi sampel tunggal (batubara dan limbah pertanian potensial).

Cara pengambilan data dapat dijelaskan sebagai berikut, tungku gasifikasi yang telah disiapkan diisi oleh sampel uji sesuai dengan kapasitas gasifier, di mana 55 gram kayu sengon yang berfungsi sebagai *igniter* (pemicu terjadinya proses pembakaran) diletakkan di bagian yang paling atas. Kayu sengon yang berfungsi sebagai *igniter* awal seberat 10 gram direndam dalam 1 liter minyak tanah selama 10 menit.

Selanjutnya blower dihidupkan pada kecepatan tertinggi dan *igniter* dinyalakan sehingga proses pembakaran terjadi, setelah batubara yang terletak di permukaan atas terbakar semua, tutup/*burner* segera dipasang, lalu gas yang terbentuk dinyalakan dengan pemantik api hingga muncul nyala api. Data yang diambil dalam tahapan ini adalah distribusi temperatur pembakaran gas hasil gasifikasi pada *burner* selama selang waktu tertentu, data waktu, data tingkat polusi yang terjadi (kadar CO<sub>x</sub>, SO dan NO serta asap yang terjadi). Pengambilan data distribusi temperatur nyala api pada *burner* diambil pada 10 titik yang berbeda (5 arah horizontal dan 5 arah vertikal) dan dilakukan dengan menggunakan *thermocouple type K* yang dibaca dengan menggunakan *thermocouple reader* setiap 5 menit, data waktu diambil dengan menggunakan *stopwatch*, sementara data polutan yang terjadi diambil dengan menggunakan gas *analyzer*. Data berat batubara awal dan akhir serta abu setelah pembakaran selesai juga dicatat. Bila tahapan ini selesai, maka dilakukan unjuk kerja pembakaran gas hasil gasifikasi dengan menggunakan pengujian *water boiling testing*. Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan wadah berisi 2 liter air di atas *burner* dan pengambilan data temperatur air selama proses pendidihan dilakukan dengan meletakkan *thermocouple* dalam air tersebut, temperatur air diukur tiap menit hingga air mendidih.

Data-data yang didapatkan diolah sehingga didapatkan performa tungku gasifikasi seperti dijelaskan dalam landasan teori dan distribusi temperatur di atas permukaan *burner* seperti yang telah dilakukan dalam penelitian terdahulu.

Hasil pengolahan data pada tahapan ini, akan menjadi pembandingan bagi performa tungku yang akan direkayasa dalam penelitian ini.

## 3) Pembuatan modifikasi gasifier tungku gasifikasi

Dalam tahapan ini, dilakukan modifikasi gasifier tungku gasifikasi dengan mendasarkan pada desain tungku gasifikasi yang telah digunakan. Adapun modifikasi yang dilakukan adalah modifikasi penambahan distributor udara, variabel ini dipilih untuk dimodifikasi dengan satu pertimbangan bahwa dengan distribusi udara yang lebih merata di sepanjang gasifier, maka proses gasifikasi dapat berjalan secara lebih sempurna sehingga gas yang dihasilkan lebih banyak yang pada akhirnya akan membuat proses gasifikasi berjalan lebih efisien. **Penambahan distributor udara dilakukan dengan menambahkan distributor udara berdiameter 2 inchi yang diletakkan pada  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  dan  $\frac{3}{4}$  tinggi gasifier**

Setelah pembuatan modifikasi gasifier dilakukan, maka dilaksanakan uji efisiensi gasifikasi sampel tunggal dan uji *water boiling testing* menggunakan gasifier hasil modifikasi dengan langkah seperti dijelaskan dalam tahap ke-2.

## 4) Uji gasifikasi sampel campuran

Dalam tahapan ini, dilakukan uji gasifikasi campuran dengan perbandingan 50 % berat batubara – 50 % berat limbah pertanian, pengujian dilakukan untuk semua sampel komposisi campuran dengan tahapan seperti tahap 2 dan 3.

## 5) Penentuan desain gasifier dan kondisi kerja gasifikasi optimum untuk setiap sampel yang diuji

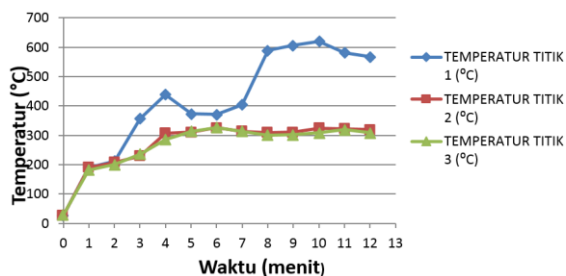
Pada tahapan ini, dilakukan penentuan desain gasifier modifikasi yang terbaik dan kondisi gasifikasi optimum, desain gasifier hasil modifikasi dan kondisi gasifikasi optimum

tercapai bila *startup time* lebih singkat, waktu operasi lebih lama, total waktu operasi lebih lama tingkat pemakaian bahan bakar lebih kecil, waktu pendidihan lebih cepat, efisiensi termal lebih kecil dan memiliki distribusi temperatur *burner* yang lebih tinggi dan lebih merata. Desain gasifier dan kondisi gasifikasi optimum adalah yang paling banyak memenuhi kriteria di atas.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 Gasifikasi briket batubara

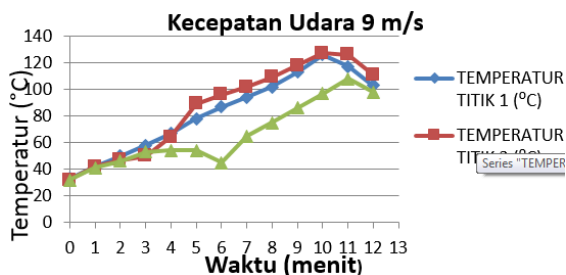
MENIT	TEMP TITIK 1 (°C)	TEMP TITIK 2 (°C)	TEMP TITIK 3 (°C)	KEC. UDARA (m/s)
0	26	27	29	0,00
1	190	190	181	9,53
2	211	207	200	9,48
3	357	228	235	9,49
4	438	306	286	9,47
5	373	311	314	9,42
6	371	326	327	9,47
7	404	314	314	9,47
8	589	309	301	9,45
9	606	310	302	9,43
10	621	324	308	9,47
11	581	322	319	9,44
12	568	319	308	9,47
13	649	345	319	9,49
14	631	329	316	9,47
15	623	335	326	9,5
16	575	327	316	9,5
17	581	340	328	9,53
18	547	329	321	9,49
19	525	322	311	9,52
20	475	311	305	9,47
21	457	308	301	9,44
22	450	297	290	9,47
23	453	295	288	9,52
24	437	296	288	9,44
25	436	297	289	9,53
26	426	298	289	9,5
27	458	284	277	9,84
28	482	289	274	9,85
29	445	267	262	9,87



Gambar 3. Diagram gasifikasi briket batubara dengan isolator Semen

Tabel 3. Gasifikasi jerami

GASIFIKASI JERAMI KECEPATAN UDARA 5 m/s					
MENIT	TEMP TITIK 1 (°C)	TEMP TITIK 2 (°C)	TEMP TITIK 3 (°C)	KEC. UDARA (m/s)	TEMP UDARA (°C)
0	33	32	32	0	33,4
1	42	42	41	5,4	33,4
2	50	47	46	5,5	34,4
3	58	50	53	5,3	35,4
4	67	64	54	5,3	33,2
5	78	89	54	5,5	32,5
6	87	96	45	5,3	32,3
7	94	102	65	5,6	32,1
8	102	109	75	5,4	32,1
9	113	118	86	5,7	35,6
10	126	127	97	5,4	35,6
11	117	126	108	5,4	35,5
12	103	111	98	5,5	35,6
13	97	101	97	5,4	35,3
14	91	93	89	5,3	35,5
15	87	87	81	5,3	35,2
16	81	82	76	5,5	35,2
17	77	78	85	5,4	35,5
18	75	94	76	5,2	35,5



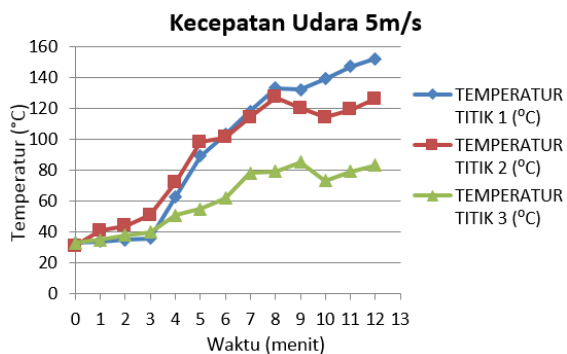
Gambar 4. Diagram gasifikasi jerami dengan isolator semen

Tabel 4. Gasifikasi grajen mahoni

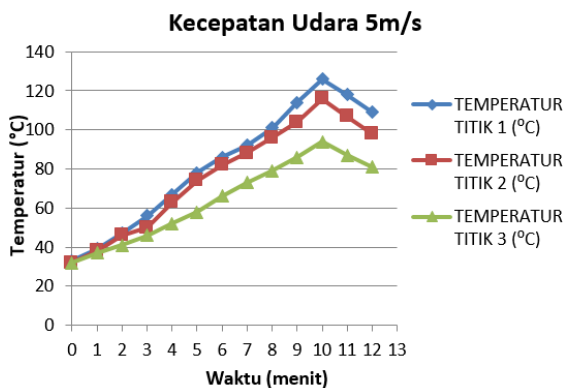
Gasifikasi Grajen Mahoni Kecepatan Udara 5 M/S					
MENIT	TEMP TITIK 1 (°C)	TEMP TITIK 2 (°C)	TEMP TITIK 3 (°C)	KEC. UDARA (m/s)	TEMP UDARA (°C)
0	33	31	33	0	33,5
1	34	41	35	5,7	33,5
2	35	44	38	5,6	34,4
3	36	51	40	5	35,4
4	63	72	51	5,4	33,1
5	89	98	55	5,5	32,2
6	103	101	62	5,3	32,4
7	118	114	78	5,4	32,1
8	133	127	79	5,1	32,3
9	132	120	85	5,5	31,6
10	139	114	73	5,4	31,9
11	147	119	79	5,4	31,2
12	152	126	83	5,5	32,3
13	159	132	89	5,4	33,4
14	160	134	93	5,3	32,5
15	157	126	83	5,3	33,8
16	143	118	74	5,5	34,1
17	131	109	66	5,4	32,7
18	122	101	59	5,2	35,6
19	114	94	51	5,3	34,4
20	103	87	48	5,7	33,9
21	95	78	43	5,4	32,7

Tabel 5. Gasifikasi grajen sengon

GASIFIKASI BRIKET KECEPATAN UDARA 5 m/s					
MENIT	TEMP TITIK 1 (°C)	TEMP TITIK 2 (°C)	TEMP TITIK 3 (°C)	KEC. UDARA (m/s)	TEMP UDARA (°C)
0	33	32	32	0	34,2
1	39	38	37	5,7	33,6
2	47	46	41	5,6	34,1
3	56	50	46	5,5	34,2
4	67	63	52	5,3	34,5
5	78	74	58	5,6	32,2
6	86	82	66	5,3	32,5
7	92	88	73	5,5	32,3
8	101	96	79	5,6	32,5
9	114	104	86	5,4	35,6
10	126	116	94	5,7	35,2
11	118	107	87	5,3	34,3
12	109	98	81	5,5	35,6
13	96	92	78	5,4	35,3
14	87	86	73	5,6	35,1
15	83	79	68	5,3	35,5
16	80	77	65	5,5	36,4



Gambar 5. Diagram gasifikasi grajen mahoni dengan isolator semen



Gambar 4. Diagram gasifikasi grajen sengon dengan isolator semen dengan isolator glasswool

#### IV. KESIMPULAN

##### A. Kesimpulan

1. Penambahan distributor udara dilakukan dengan menambahkan distributor udara berdiameter 2 inchi di tengah-tengah gasifier dengan variasi panjang distributor 60 cm, 45 cm, 30 cm dan 15 cm.
2. Berat 7 kg batu bara, suhu tertinggi yang dicapai dengan menggunakan isolator semen



- adalah 649 °C, dalam rentang waktu 29 menit, kecepatan udara 9,49 m/s
3. Dengan jerami berat 2 kg , Suhu tertinggi yang dicapai dengan menggunakan isolator semen adalah 126 °C, dalam rentang waktu 18 menit, kecepatan udara 5m/s
  4. Dengan grajen mahoni berat 2kg, Suhu tertinggi yang dicapai dengan menggunakan isolator semen adalah 160 °C, dalam rentang waktu 21 menit, kecepatan udara 5m/s
  5. Dengan grajen sengon berat 2kg, Suhu tertinggi yang dicapai dengan menggunakan isolator semen adalah 126 o C, dalam rentang waktu 16 menit, kecepatan udara 5m/s
  6. Dengan menggunakan isolator semen dan bahan bakar batu bara, waktu pembakaran bisa sampai 29 menit dan suhu tertinggi yang dicapai adalah 649 o C dengan kecepatan udara 9,49 m/s. Untuk limbah pertanian yang baik adalah dengan bahan bakar grajen mahoni dengan suhu tertinggi adalah 160o C dalam rentang waktu 21 menit, kecepatan udara 5m/s.

## B. Saran

Mengingat masih adanya kekurangan yang terjadi dalam penelitian ini, maka untuk kesempurnaan penelitian selanjutnya dapat dilakukan hal-hal berikut:

1. Peneliti selanjutnya memvariasikan ukuran saluran secondary supaya diperoleh gambaran pengaruh saluran secondary terhadap performa reactor
2. Peneliti selanjutnya dapat menggunakan variasi jenis bahan bakar untuk mendapat gambaran performa dari reaktor.

## REFERENSI

- Bateman, K.J., Germane, G.J., Smoot, L.D., Blackham, A.U., Eatough, C.N., 1994. *Effect of Pressure on Oxidation rate of Millimetre-Zised Char Particles*, Brigham Young University, Provo, USA.
- Belonio, A. T., 2005, *Rice Husk Gas Stove Handbook*, Department of Agricultural Engineering and Environmental Management College of

Agriculture, Central Philippine University, Iloilo City Philippines

- Blackham, A.U., Smoot, L.D., Yousefi, P., 1993. *Rates of Oxidation of Millimetre-Zised Char Particle : Simple Experiment*, Brigham Young University, Provo, USA.
- Borman, G.L, Ragland, K.W., 1998. *Combustion Engineering*, Mc Graw Hill Publishing Co, New York.
- Campbell, P.E., 2005. *Advanced Combustion and Gasification of Fuel Blends*, Northern Ireland Centre for Energy Research and Technology.
- Dassapa, S., Paul, P.J., 2001, *Gasification of Char Particle Beds : Analysis and Results*, Int.J.Eng.Res. 25, pp. 1053-1072
- Hase, K., Kori, Y., Ohgi, K., 1991, *Effect of The Air/Fuel Ratio Fluctuation on The Formation of Nitrogen Oxides*, Proceedings of the First International Conference, Vilamoura, Portugal, September 3-5, 1991
- Ito, Kenichi., Balingcongan, Romeo M., Fujita, Osamu., 1991, *Flameless Combustion of Premixed Gas Within Porous Radiant Burners using a Ceramic Fiber Mat as Burner Material*, Proceedings of the First International Conference, Vilamoura, Portugal, September 3-5, 1991