



## Uji Dan Analisa Pembakaran Pada Ruang Bakar (*Combustor*) Reaktor Fluidisasi Biomassa Yang Tidak Terisolasi Menggunakan Bahan Bakar Biomassa

Muhtadin<sup>1\*</sup>, Mohd. Isa. T. Ibrahim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Program studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Abulyatama, Jl. Blang Bintang Lama Km.8,5  
Lampoh Keudee Aceh Besar 23372, Indonesia.

\* Email korespondensi : [muhtadin\\_mesin@abulyatama.ac.id](mailto:muhtadin_mesin@abulyatama.ac.id)

Diterima 1 November 2018; Disetujui 17 Januari 2019; Dipublikasi 31 Januari 2019

**Abstrak:** Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan temperatur fluida dan temperatur dinding ruang bakar (*combustor*) pada reaktor fluidisasi biomassa dengan bahan bakar serpihan ketam kayu, tandan kosong kelapa sawit, serbuk ketam kayu, sabut pinang, sekam padi dan serbuk gergaji. Penelitian ini mengacu pada metode eksperimen dimana pengujian yang dilakukan adalah langsung pada reaktor fluidisasi biomassa pada bagian ruang bakar (*combustor*). Adapun hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa, pada pembakara serpihan ketam kayu, kehilangan panas terjadi pada detik ke 15 dengan nilai  $(q)=16777.68$  W/m dan juga menunjukkan tingkat tertinggi kehilangan panas pada detik ke 30 dengan nilai  $(q) = 26813.33$  W/m. Pada pembakaran tandan kosong kelapa sawit, panas mulai meningkat pada detik ke 30 dengan temperatur  $300^{\circ}\text{C}$  dan pada detik ke 40 dengan temperature  $494^{\circ}\text{C}$ , antara detik ke 30 dan 40 terjadi peningkatan temperatur yang tidak rata-rata akibat adanya kehilangan panas. Pada pembakaran biomassa serbuk ketam kayu, kehilangan panas pada *combustor* terjadi pada menit (5:10) dengan temperatur  $469^{\circ}\text{C}$  dengan menit (5:20) dengan temperatur  $800^{\circ}\text{C}$ , peningkatan terjadi secara tidak rata-rata. Pada pembakaran sabut pinang, kehilangan panas pada *combustor* terjadi pada waktu (2:20) dan (2:30) dimana pada waktu tersebut dapat dilihat pada tabel maupun grafik terjadi peningkatan yang tidak rata-rata. kehilangan panas yang terjadi pada pembakaran biomassa sekam padi terjadi pada waktu (1:30) dengan temperatur  $309^{\circ}\text{C}$  dan pada waktu (1:40) dengan temperatur  $500^{\circ}\text{C}$ , disini juga terjadi perbedaan yang sangat signifikan terhadap rata-rata peningkatan temperatur. Pada pembakaran serbuk gergaji, peningkatan yang tidak rata-rata terjadi pada waktu (0:20) dengan temperatur  $280^{\circ}\text{C}$  dan pada (0:30) dengan temperatur  $533^{\circ}\text{C}$ , hal tersebut juga terjadi peningkatan yang tidak rata-rata. Hal tersebut terjadi akibat ruang bakar (*combustor*) tidak terisolasi. Dengan terjadinya kehilangan panas tersebut sangat berdampak terhadap kinerja reaktor fluidisasi biomassa, untuk itu dapat dilakukan pengisolasian terhadap *combustor* dapat menggunakan semen yang di campur dengan batu bata yang telah dihaluskan, dengan ketebalan isolasi 5 cm pada dinding bagian dalam dari *combustor*, namun volume ruang *combustor* berkurang menjadi  $26780\text{ cm}^3$  (26.8 liter) dari  $44588\text{ cm}^3$  (44,6 liter) sebelumnya.

**Kata Kunci :** kehilangan panas, *combustor*, biomassa, temperatur, tak terisolasi

Saat ini sebagian besar energi yang digunakan oleh rakyat Indonesia berasal dari bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, gas alam dan batu bara. Selain dampak yang kurang baik terhadap lingkungan, bahan bakar jenis ini juga tidak dapat diperbaharui (*nonrenewable*). Penggunaan bahan bakar fosil yang terus-menerus dapat mengakibatkan ketersediaan energi ini semakin menipis, sehingga dalam kurun waktu mendatang dapat dipastikan ketersediaan energi fosil akan terus berkurang.

Disamping itu, ketergantungan terhadap minyak bumi tidak dapat dipertahankan lagi untuk jangka panjang sehingga diperlukan upaya untuk mensubsitusikan minyak bumi melalui pengembangan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan, yaitu tenaga surya, angin, biomassa dan sebagainya. Salah satu energi alternatif yang dapat dikembangkan di Indonesia pada saat ini maupun pada masa mendatang adalah biomassa. Biomassa merupakan segala material biologis yang berasal dari tanaman atau hewan yang bisa digunakan untuk memproduksi panas dan/atau tenaga termasuk bahan bakar transportasi atau sebagai pengganti produk dan material berbasis fosil.

Biomassa dapat menghasilkan energi melalui proses konversi energi sesuai dengan karakteristik dari biomassa itu sendiri[1]. Biomassa yang bersumber dari produk ataupun

limbah pertanian dan perkebunan dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar reaktor fluidisasi biomassa. Untuk memanfaatkan *biomasa lokal* (serpihan ketam kayu, tandan kosong kelapa sawit, serbuk ketam kayu, sabut pinang, sekam padi dan serbuk gergaji) dapat dijadikan sebagai penghasil energi termal melalui suatu proses pengkonversian yaitu proses pembakaran.

Sistim ruang bakar (combustor) pada reaktor fluidisasi biomassa yang terisolasi dapat memproses pembakaran dari reaksi pirolisis sampai dengan terbentuknya proses fluidisasi sebagai energi termal. Boiler yang terdapat pada reaktor fluidisasi tersebut merupakan penghasil uap yang bertekanan sehingga dapat dimanfaatkan. Untuk itu perlu di lakukan uji dan analisa pembakarannya pada ruang bakar (combustor) yang tak terisolasi pada reaktor fluidisasi biomassa yang dilengkapi dengan boiler pipa api skala kecil hasil rancang bangun sederhana untuk mengetahui panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa *lokal* tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan temperatur fluida dan temperatur dinding ruang bakar (combustor) pada reaktor fluidisasi biomassa dengan bahan bakar serpihan ketam kayu, tandan kosong kelapa sawit, serbuk ketam kayu, sabut pinang, sekam padi dan serbuk gergaji

### Ruang Bakar (Combustor)

Ruang bakar (combustor) adalah alat atau instalasi yang dirancang sebagai tempat pembakaran sehingga dapat digunakan untuk memanaskan sesuatu. Ruang bakar sederhana tersusun dari batu yang diatur sedemikian rupa dengan panas yang dihasilkan dapat diarahkan sesuai yang diharapkan serta api atau panas yang dihasilkan tidak terlalu membahayakan terhadap pengguna. Ruang bakar yang digunakan untuk menguji dan analisa ini adalah jenis ruang bakar yang tertutup yang diletakkan pada Pada reaktor fluidisasi biomassa sehingga dapat diketahui hasil (panas) yang dihasilkan melalui alat ukur. Ruang bakar (combustor) yaitu suatu komponen yang berfungsi sebagai pendukung terjadinya proses pembakaran, maka ruang bakar (combustor) pada Reaktor fluidisasi biomassa, dilengkapi dengan beberapa bagian, yang antara lain:

1. *Perforated plate* atau plat berlubang adalah plat yang letaknya di bagian bawah ruang bakar (combustor) yang berfungsi sebagai penahan debu sisa pembakaran agar tidak masuk ke dalam ruang penghembus udara dan juga berfungsi untuk menahan bahan bakar biomassa yang belum dilakukan pembakaran, *Perforated plate* juga memiliki pengarah udara ke ruang bakar (*combustor*), pengarah udara ini diharapkan terjadinya aliran udara turbulen yang difungsikan

untuk membentuk “olakan” pada bahan bakar biomassa pada saat pembakaran.

2. Lubang Pemantik, yaitu lubang yang terdapat pada dinding ruang bakar (*combustor*) yang berfungsi untuk menyalakan api atau pembakaran awal pada bahan bakar.
3. Lubang Buang, yaitu lubang yang terdapat pada bagian dinding ruang bakar (*combustor*) yang berfungsi sebagai pintu untuk membuang residu sisa pembakaran.
4. Termokopel, merupakan salah satu jenis termometer yang digunakan sebagai alat pengukur suhu. Pada termokopel terdapat dua sambungan (*junction*), dimana salah satu ujung dari termokopel tersebut diberi perlakuan suhu yang berbeda dan sambungan yang lainnya dihubungkan dengan media digital pembaca hasil panas yang dituangkan dalam bentuk angka [9].

### Klasifikasi Pembakaran

Dalam ensiklopedi sains dan kehidupan disebutkan bahwa Pembakaran umumnya merupakan reaksi *eksoterm* antara suatu bahan dengan gas oksigen [6]. Selain itu pembakaran dapat pula melibatkan gas lain seperti klorin. Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas dan cahaya. Pembakaran sempurna dapat terjadi jika adanya pasokan oksigen yang

cukup[4]. Berdasarkan kondisinya, pembakaran dibagi menjadi tiga[7], yaitu;

1. Pembakaran spontan, yaitu pembakaran dimana bahan bakar mengalami oksidasi perlahan-lahan sehingga kalor yang dihasilkan tidak dilepaskan, akan tetapi dipakai untuk menaikkan suhu bahan secara pelan-pelan sampai mencapai suhu nyala.
2. Pembakaran sempurna, yaitu 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 bakar yang tersisa.
3. Pembakaran parsial, yaitu pembakaran yang terjadi jika proses pembakaran bahan bakar menghasilkan *intermediate combustion product* seperti CO, H<sub>2</sub>, aldehyd, disamping CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Jika oksidatornya udara, gas hasil pembakaran juga mengandung N<sub>2</sub>. Pembakaran parsial dapat terjadi karena pasokan oksidatornya terbatas atau kurang dari jumlah yang diperlukan, nyala ditiup (diembus) dan nyala didinginkan dengan dikenai benda (permukaan dingin).

### **Pembakaran biomassa**

Pada proses pembakaran biomassa, 80% energi yang dilepaskan dalam bentuk gas yang mudah terbakar dan sisanya dalam bentuk karbon. Oleh karena itu, selama proses pembakaran sangat penting untuk mempertahankan agar oksigen dapat selalu

dijaga untuk bercampur dengan bahan bakar. Peencampuran yang baik antara bahan bakar dengan oksigen akan menghasilkan proses pembakaran secara cepat dan komplit sehingga diperoleh efisiensi pembakaran yang relatif tinggi[7]. Jika bahan bakar dalam bentuk gas, maka pencampuran (oksigen dan bahan bakar) dapat dicapai secara optimal karena substansi gas-gas tersebut dapat dengan mudah dicampur secara cepat dan tepat sesuai dengan rasio kebutuhan udara yang diperlukan. Proses pembakarannya pun mungkin dapat terjadi secara cepat dan kemudian pengontrolannya juga lebih tepat terutama dalam penambahan atau pengurangan bahan bakar maupun oksigen yang diperlukan agar proses pembakaran bahan bakar biomassa mengalami hal yang serupa dengan proses pembakaran gas alam, maka bahan bakar biomassa yang dioksidasi perlu direduksi ukurannya menjadi partikel-partikel lebih kecil dari kondisi awalnya. Proses pembakaran pada bahan bakar biomassa dibagi menjadi 3 reaksi, yaitu;

1. Proses pengeringan
2. Proses devolatilisasi
3. Proses pembakaran karbon

Pada saat biomassa dipanaskan, kandungan air dalam bahan bakar sedikit demi sedikit mulai menguap pada suhu antara 90 – 100 °C. Kandungan air yang dilepaskan dari bahan bakar biomassa tersebut kemudian mengalir keluar bersama dengan gas buang

melalui cerobong. Pada suhu antara 140 – 400 °C terjadi proses devolatilisasi yang akan melepaskan gas-gas pembentuk unsur biomassa. Gas-gas tersebut kemudian dioksidasi dengan udara sekunder dan akan melepaskan kalor hingga suhunya mencapai 800°C - 1.026°C, proses pembakaran tersebut terjadi secara berkesinambungan dengan mengikuti ketiga reaksi tersebut[5].

### **Bahan Bakar dan Proses Pembakaran Biomassa**

Unsur-unsur kimia yang terkandung dalam bahan bakar biomassa dapat menghasilkan energi panas adalah karbon (C), hidrogen (H<sub>2</sub>) dan belerang (S). Unsur-unsur tersebut akan teroksidasi di ruang bakar dan membentuk gas-gas yang disebut gas asap. Pada umumnya, bahan bakar biomassa juga mengandung oksigen (O<sub>2</sub>) yang bereaksi terlebih dahulu dengan hidrogen. Adanya hidrogen merupakan kerugian energi panas karena jumlah hidrogen yang seharusnya menghasilkan energi panas di ruang bakar seluruhnya, sebagian telah diambil oleh oksigen[3].

### **Isolasi Termal**

Isolasi termal adalah metode atau proses yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas/kalor. Panas atau energi panas (kalor) bisa dipindahkan dengan cara

konduksi, konveksi dan radiasi atau ketika terjadi perubahan wujud. Mengenai isolasi termal, hanya dibicarakan pada perpindahan panas secara konduksi, konveksi dan radiasi. Aliran panas dapat dikendalikan dengan proses ini, tergantung pada sifat material yang dipergunakan. Bahan yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas disebut isolator atau insulator. Panas dapat lolos meskipun ada upaya untuk menutupinya, tapi isolator mengurangi panas yang lolos tersebut. Isolasi termal dapat menjaga lokasi tertutup seperti bangunan atau tubuh agar terasa hangat lebih lama dari yang sewajarnya, tetapi itu tidak mencegah hasil akhirnya, yaitu masuknya dingin dan keluarnya panas. Isolator juga dapat bekerja sebaliknya, yaitu menjaga bagian dalam suatu wadah terasa dingin lebih lama dari biasanya. Insulator digunakan untuk memperkecil perpindahan energi panas. Bahan dengan konduktivitas termal ( $k$ ) rendah menurunkan laju aliran panas. Jika nilai  $k$  lebih kecil (value), maka nilai resistansi termal yang berkaitan ( $R$ ) akan lebih besar. Konduktivitas termal diukur dengan satuan watt-per-meter per Kelvin ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ), dilambangkan dengan  $k$ . Semakin tebal bahan insulator semakin tinggi pula resistansi termal atau nilai  $R$  bahan itu [8]. Untuk suatu tabung, resistansi termal konvektif berbanding terbalik dengan luas permukaan dan karenanya juga berbanding terbalik dengan jari-jari (radius) tabung, sedangkan resistansi

termal kulit tabung (lapisan isolasi) tergantung dari rasio jari-jari luar dan dalam, bukan pada jari-jari itu sendiri. Misalnya jari-jari luar tabung dilipat gandakan dengan menambah lapisan insulator, berarti ditambahkan sejumlah tertentu resistansi konduktif (sama dengan  $\ln(2)/(2\pi kL)$ ) tetapi pada saat yang sama resistansi konvektif dikurangi setengahnya. Karena resistansi konvektif cenderung mendekati nilai tak terhingga jika jari-jari mendekati nol, maka pada jari-jari yang kecil, penurunan resistansi konvektif akan lebih besar daripada penambahan resistansi konduktif, sehingga menghasilkan total resistansi yang lebih rendah. Dengan demikian tersirat bahwa ada nilai jari-jari kritis ( $r_{critical}$ ; *critical radius*) di mana transfer kalor mencapai maksimum. Di atas jari-jari kritis ini, penambahan isolasi menurunkan transfer kalor [1]. Untuk tabung terisolasi, jari-jari kritis dihitung dengan persamaan:

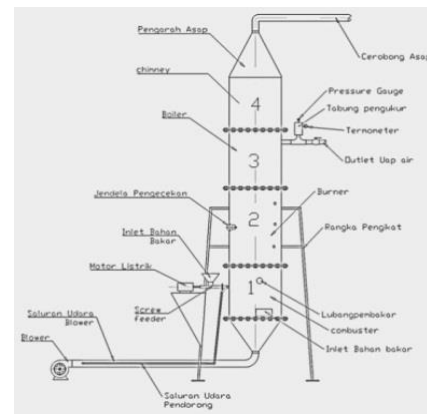
$$r_{critical} = \frac{k}{h}$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa jari-jari kritis tergantung hanya pada koefisien transfer panas dan konduktivitas termal dari isolasi. Jika jari-jari tabung yang tidak terisolasi lebih besar dari jari-jari kritis insulator, penambahan insulator dalam jumlah apapun akan menurunkan transfer panas. Aliran panas dapat dikurangi dengan menangani satu atau lebih dari tiga mekanisme transfer panas (perpindahan kalor) dan

tergantung pada sifat fisik bahan yang digunakan untuk melakukan hal ini.

### Peralatan Pengujian

Pengujian ini dilakukan pada reaktor dengan ruang bakar tipe fluidisasi. Secara lengkap unit uji dapat dilihat pada gambar berikut ini;



**Gambar 1.** unit reaktor dengan ruang bakar tipe fluidisasi

Gambar tersebut menunjukkan profil unit keseluruhan dari reaktor gasifikasi biomassa yang terbagi atas 4 (empat) bagian utama seperti pada keterangan gambar. Dalam penelitian ini penulis akan memaparkan hasil penelitian pada bagian 1 yaitu pada bagian *combustor* sebagai ruang bakar biomassa pada unit reaktor fluidisasi biomassa.

### Metode Pengujian

Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan bakar biomassa lokal yaitu; serpihan ketam kayu, tandan kosong kelapa sawit, serbuk ketam kayu, sabut pinang sekam padi dan serbuk gergaji. Adapun

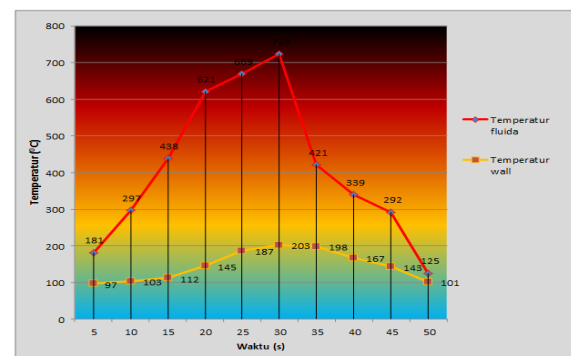
tahapan pada pengujian ini adalah menghaluskan bahan bakar sampai berukuran 2-3 mm, selanjutnya bahan bakar tersebut masing-masing ditimbang sebanyak 2 kg/biomassa untuk sekali pengujian. Pengujian dilakukan dengan waktu dan biomassa yang berbeda. Masing-masing bahan bakar dimasukkan kedalam feeder, selanjutnya dilakukan penyalaan awal dengan membuka katup udara dari blower yang dialirkan kedalam ruang bakar. Akibat adanya udara yang dihembus ke ruang bakar dari blower, maka pembakaran terjadi dengan cepat sehingga temperatur didalam ruang bakar meningkat dengan cepat pula. Pada penelitian ini tidak dilakukan feeding (penambahan) bahan bakar sehingga perlahan-lahan temperatur diruang bakar akan turun karena bahan bakar habis terbakar.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

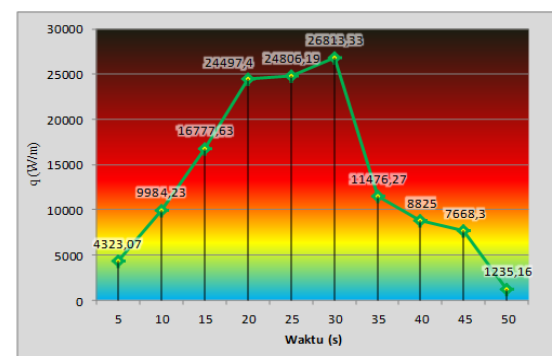
Setelah dilakukan pembakaran biomassa lokal berupa serpihan ketam kayu, tandan kosong kelapa sawit, serbuk ketam kayu, sabut pinang sekam padi dan serbuk gergaji, dilakukan pengukuran temperatur pada dinding combustor yang sebelumnya telah dipasang sensor termokopel yang berfungsi sebagai pengukur temperatur. Data pengukuran yang didapatkan pada bagian combustor diperoleh kehilangan panas ( $q$ ) seperti terlihat pada tabel berikut:

**Tabel 1. Kehilangan Panas Pada Dinding Combustor dengan biomassa serpihan ketam kayu**

Waktu (s)	$T_{\text{fluida}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{wall}} (^{\circ}\text{C})$	Tingkat kehilangan panas (W/m)
5	181	97	4323.07
10	297	103	9984.23
15	438	112	16777.63
20	621	145	24497.40
25	669	187	24806.19
30	724	203	26813.33
35	421	198	11476.27
40	339	167	8825.00
45	292	143	7668.30
50	125	101	1235.16



**Gambar 2.** Temperatur fluida dan temperatur dinding combustor terhadap waktu



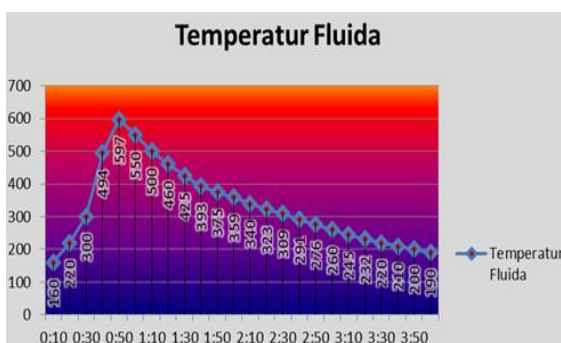
**Gambar 3.** Kehilangan Panas Terhadap Waktu Pembakaran Pada Dinding Combustor

Pada grafik diatas terlihat bahwa kehilangan panas mulai meningkat cepat pada

waktu ( $t$ ) 15 dengan nilai ( $q$ )= 16777.68 W/m , dan juga menunjukkan tingkat tertinggi kehilangan panas pada waktu ( $t$ ) 30 s dengan nilai ( $q$ ) = 26813.33 W/m . Hasil tersebut menunjukkan bahwa terjadinya kehilangan panas yang sangat besar sehingga diperlukan pengisolasian pada dinding combustor.

**Tabel 2. Kehilangan Panas Pada Dinding Combustor dengan biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit**

Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	T <sub>wall</sub> (°C)
0:10	160	2:10	340	
0:20	220	2:20	323	
0:30	300	2:30	309	
0:40	494	2:40	291	
0:50	597	2:50	276	
1:00	550	3:00	260	65
1:10	500	3:10	245	
1:20	460	3:20	232	
1:30	425	3:30	220	
1:40	393	3:40	210	
1:50	375	3:50	200	
2:00	359	4:00	190	



**Gambar 4.** Temperatur fluida combustor terhadap waktu

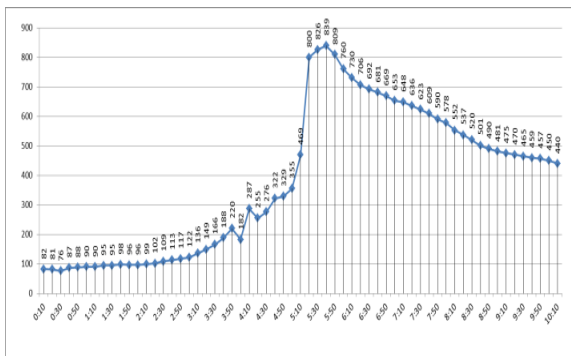
Demikian pula halnya dengan penggunaan biomassa Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai bahan bakar pada combustor, dimana

panas mulai meningkat pada detik ke 30 dengan temperatur 300°C dan pada detik ke 40 dengan temperature 494°C, antara detik ke 30 dan 40 terjadi peningkatan temperatur yang tidak rata-rata akibat adanya kehilangan panas. Sementara waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan bahan bakar sejumlah 2 Kg hanya 1 menit 10 detik.

**Tabel 3. Kehilangan Panas Pada Dinding Combustor dengan biomassa serbuk ketam kayu**

Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	T <sub>Wal</sub> (°C)
0:10	82	3:30	166	6:50	669	
0:20	81	3:40	188	7:00	653	
0:30	76	3:50	220	7:10	648	
0:40	87	4:00	182	7:20	636	
0:50	88	4:10	287	7:30	623	
1:00	90	4:20	255	7:40	609	
1:10	90	4:30	276	7:50	590	
1:20	95	4:40	322	8:00	578	
1:30	95	4:50	329	8:10	552	
1:40	98	5:00	355	8:20	537	43
1:50	96	5:10	469	8:30	520	
2:00	96	5:20	800	8:40	501	
2:10	99	5:30	826	8:50	490	
2:20	102	5:40	839	9:00	481	
2:30	109	5:50	809	9:10	475	
2:40	113	6:00	760	9:20	470	
2:50	117	6:10	730	9:30	465	
3:00	122	6:20	706	9:40	459	
3:10	136	6:30	692	9:50	457	
3:20	149	6:40	681	10:00	450	
				10:10	440	





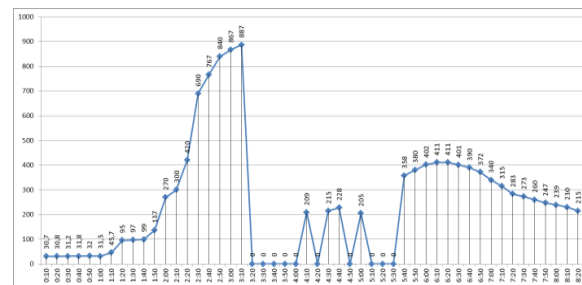
**Gambar 5.** Kehilangan Panas Pada Dinding Combuster dengan biomassa serbuk ketam kayu

Penggunaan biomassa serbuk ketam kayu sejumlah 2 Kg membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan biomassa tandan kosong kelapa sawit, dimana waktu yang dibutuhkan untuk membakar seluruh biomassa pada penelitian ini adalah 10 menit 10 detik dengan suhu terendah yang turun secara perlahan lahan sebesar 440<sup>0</sup>C, kehilangan panas pada combuster saat pembakaran biomassa ini terjadi antara menit ke 5 (5:10) dengan temperatur 469<sup>0</sup>C dengan menit (5:20) dengan temperatur 800<sup>0</sup>C, peningkatan terjadi secara tidak rata-rata akibat adanya kehilangan panas.

**Tabel 4. Kehilangan Panas Pada Dinding Combuster dengan biomassa Sabut pinang**

Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	T <sub>Wal</sub> (°C)
0:10	30.7	3:10	887	6:10	411	36
0:20	30.8	3:20		6:20	411	
0:30	31.2	3:30		6:30	401	
0:40	31.8	3:40		6:40	390	
0:50	32	3:50		6:50	372	
1:00	31.5	4:00		7:00	340	

Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	T <sub>Wal</sub> (°C)
1:10	45.7	4:10	209	7:10	315	
1:20	95	4:20		7:20	283	
1:30	97	4:30	215	7:30	273	
1:40	99	4:40	228	7:40	260	
1:50	137	4:50		7:50	247	
2:00	270	5:00	205	8:00	239	
2:10	300	5:10		8:10	230	
2:20	420	5:20		8:20	215	
2:30	690	5:30				
2:40	767	5:40	358			
2:50	840	5:50	380			
3:00	867	6:00	402			



**Gambar 6.** Kehilangan Panas Pada Dinding Combuster dengan biomassa Sabut pinang

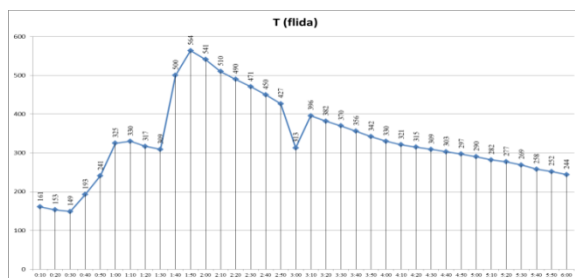
Pembakaran sabut pinang sebagai bahan bakar biomassa yang di uji pada penelitian ini, kehilangan panas pada combuster terjadi pada waktu (2: 20) dan (2:30) dimana pada waktu tersebut dapat dilihat pada tabel maupun grafik terjadi peningkatan yang tidak rata-rata.

**Tabel 5.** Kehilangan Panas Pada Dinding Combuster dengan biomassa sekam padi

Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	T <sub>Wal</sub> (°C)
0:10	161	2:10	510	4:10	321	43
0:20	153	2:20	490	4:20	315	

Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	T <sub>Wal</sub> (°C)
0:30	149	2:30	471	4:30	309	
0:40	193	2:40	450	4:40	303	
0:50	241	2:50	427	4:50	297	
1:00	325	3:00	313	5:00	290	
1:10	330	3:10	396	5:10	282	
1:20	317	3:20	382	5:20	277	
1:30	309	3:30	370	5:30	269	
1:40	500	3:40	356	5:40	258	
1:50	564	3:50	342	5:50	252	
2:00	541	4:00	330	6:00	244	

Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	T <sub>Wal</sub> (°C)
0:40	600	6:30	505	12:20	513	
0:50	516	6:40	533	12:40	500	
1:00	320	6:50	570	12:50	473	
1:10	355	7:00	598	13:00	450	
1:20	380	7:10	593	13:10	437	
1:30	302	7:20	583	13:20	414	
1:40	298	7:30	570	13:30	405	
1:50	296	7:40	556	13:40	394	
2:00	289	7:50	541	13:50	385	
2:10	287	8:00	560	14:00	376	
2:20	280	8:10	590	14:10	367	
2:30	287	8:20	605	14:20	354	
2:40	197	8:30	595	14:30	347	
2:50	258	8:40	591	14:40	340	
3:00	370	8:50	579	14:50	332	
3:10	551	9:00	571	15:00	325	
3:20	540	9:10	560	15:10	319	
3:30	523	9:20	572	15:20	317	
3:40	508	9:30	602	15:30	310	
3:50	493	9:40	615	15:40	305	
4:00	484	9:50	627	15:50	294	
4:10	473	10:00	664	16:00	292	
4:20	467	10:10	669	16:10	287	
4:30	460	10:20	666	16:20	284	
4:40	457	10:30	600	16:30	280	
4:50	456	10:40	560	16:40	275	
5:00	453	10:50	508	16:50	271	
5:10	467	11:00	467	17:00	260	
5:20	477	11:10	444	17:10	263	
5:30	467	11:20	428	17:20	259	
5:40	459	11:30	422	17:30	255	
5:50	475	11:40	421			

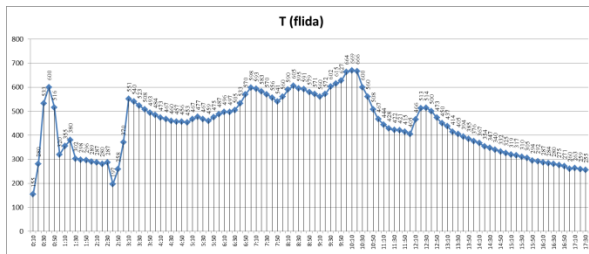


**Gambar 7.** Kehilangan Panas Pada Dinding Combustor dengan biomassa sekam padi

Pada uji pembakaran untuk mengetahui kehilangan panas pada combustor dengan menggunakan bahan bakar biomassa sekam padi, kehilangan panas terjadi pada waktu (1:30) dengan temperatur 309<sup>0</sup>C dan pada waktu (1:40) dengan temperatur 500<sup>0</sup>C, disini juga terjadi perbedaan yang sangat signifikan terhadap rata-rata peningkatan temperatur.

**Tabel 6.** Kehilangan Panas Pada Dinding Combustor dengan biomassa serbuk gergaji

Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	Waktu (m)	T <sub>fluida</sub> (°C)	T <sub>Wal</sub> (°C)
0:10	155	6:00	487	11:50	415	
0:20	280	6:10	496	12:00	405	73
0:30	533	6:20	497	12:10	466	



**Gambar 8.** Kehilangan Panas Pada Dinding Combustor dengan biomassa serbuk gergaji

Jenis biomassa yang terakhir di uji terhadap kehilangan panas pada combustor adalah pembakaran serbuk gergaji, dimana peningkatan yang tidak rata-rata terjadi pada waktu (0:20) dengan temperatur 280<sup>0</sup>C dan pada (0:30) dengan temperatur 533<sup>0</sup>C

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian terhadap pembakaran dengan jenis biomassa lokal berupa serpihan ketam kayu, tandan kosong kelapa sawit, serbuk ketam kayu, sabut pinang, sekam padi dan serbuk gergaji, secara keseluruhan terjadi kehilangan panas yang sangat besar sehingga kinerja dari reaktor fluidisasi biomassa menjadi kurang sempurna. Untuk itu pada bagian ruang bakar (combuster) dari reaktor tersebut harus di isolasi untuk mengatasi kehilangan panas yang terjadi. Isolasi terhadap combustor dapat menggunakan semen yang di campur dengan batu bata yang telah dihaluskan, dengan ketebalan isolasi 5 cm pada dinding bagian dalam dari combustor, namun volume ruang

combustor berkurang menjadi 26780 cm<sup>3</sup> (26.8 liter) dari 44588 cm<sup>3</sup> (44,6 liter) sebelumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Korhalliler, S. (2010), *The UK's biomass Energy Development Path*. IIED, London, UK.
- [2]. Frank Kreith (1986) *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Terjemahan Erlangga Jakarta
- [3]. Wahyudin, Sudrajat (2003) *Ensiklopedi sains dan kehidupan*. Tarity Samudra Berlian
- [4]. UNEP (2006) *report of the Methyl Bromide Technical Options Committee*, United Nations Environment Programme, Ozone Secretariat.
- [5]. Turare, C. (1997) ; *Biomass Gasification Technology and Utilisation*; [http : // members. Tripod .com /~cturare/bio.html](http://members.tripod.com/~cturare/bio.html)
- [6]. Marcio L. de Souza-Santos (2004) *Dekker Mechanical Engineering solid fuels combustion and gasification – modeling simulation and equipment operation* : CRC Press.
- [7]. Irvan n, (2007), *Perancangan Reaktor Gasifikasi Sekam Sistem Kontinu*, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Bandung.

- [8]. Holman, J.P (1994). *Perpindahan Kalor, Edisi Keenam, Alih Bahasa E. Jasjfi*, Erlangga, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [9]. Bergman, Lavine, Incropera and DeWitt (2011) *Introduction to Heat Transfer (sixth edition)*, Wiley.