

## Pengujian Alat Pengolah Limbah Sekam Padi Menjadi Bahan Bakar Alternatif

\*Wildan Bashari<sup>1</sup>, Arijanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: wildanbashari12@gmail.com

### Abstrak

Pirolisis merupakan *thermo-chemical* dekomposisi material organik pada temperatur yang ditingkatkan dalam lingkungan bebas atau sedikit oksigen (*anaerob*). Tujuan penelitian untuk menguji alat pengolah limbah sekam padi menjadi bahan bakar alternatif, mengetahui jumlah minyak yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* dengan metode *counter flow* dan *parallel flow* pada kondensor, mengetahui nilai kalor yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* dengan metode *counter flow* dan *parallel flow* pada kondensor. Penelitian dilakukan dengan pengujian menggunakan alat pirolisis yang terdiri dari reaktor, pipa distribusi, dan kondensor. Metode penelitian dengan melakukan proses pirolisis pada temperatur 350°C selama 60 menit dengan metode pendinginan *counter flow* dan *parallel flow*. Pengujian pirolisator diperoleh data massa bahan bakar sebesar 42 gr digunakan dalam proses pirolisis dengan bahan baku sekam padi dengan massa 1000 gr, sehingga menghasilkan minyak pirolisis sebesar 209 gr (*counter flow*) dan 173 gr (*parallel flow*). Metode *counter flow* dapat menyerap kalor sebesar 1276,67 kJ dan hilang pada gas sebesar 368,84 kJ, sedangkan *parallel flow* hanya menyerap kalor sebesar 1118,66 kJ dan hilang pada gas sebesar 583,73 kJ

**Kata Kunci :** pirolisis, sekam padi, kalor.

### Abstract

*Pyrolysis is a thermo-chemical which decomposition of organic material through heating process with absent or little oxygen (anaerobic). The purposes of study are design pyrolyzer of rice husk being to alternative fuels, knowing factor and conditions which influences process in conversion of rice husk being to alternative fuels from consumption of gas fuels to raw material, knowing much of oil from pyrolysis process with method of counter flow and parallel flow, and knowing heat value or caloric value which was produced from pyrolysis process with method of counter flow and parallel flow in condenser. The research with through experiments the pyrolyzer which includes reactor, distribution pipe, and condenser. Research methods are the experiment of pyrolysis process at temperature 350°C during 60 minutes with condensation method, counter flow and parallel flow. Results of experiments are data of gas fuels mass obtained 42 gr which used pyrolysis process of coconut shell in the amount of 1000 gr, until produces pyrolysis oil as 209 gr (counter flow) and 173 gr (parallel flow). Counter flow method can absorb a heat as 1276,67 kJ and heat loss through gasses as 368,84 kJ, even though parallel flow no more than absorb as 1118,66 kJ and heat loss through gasses as 583,73 kJ.*

**Keywords :** *pyrolysis, rice husk, caloric*

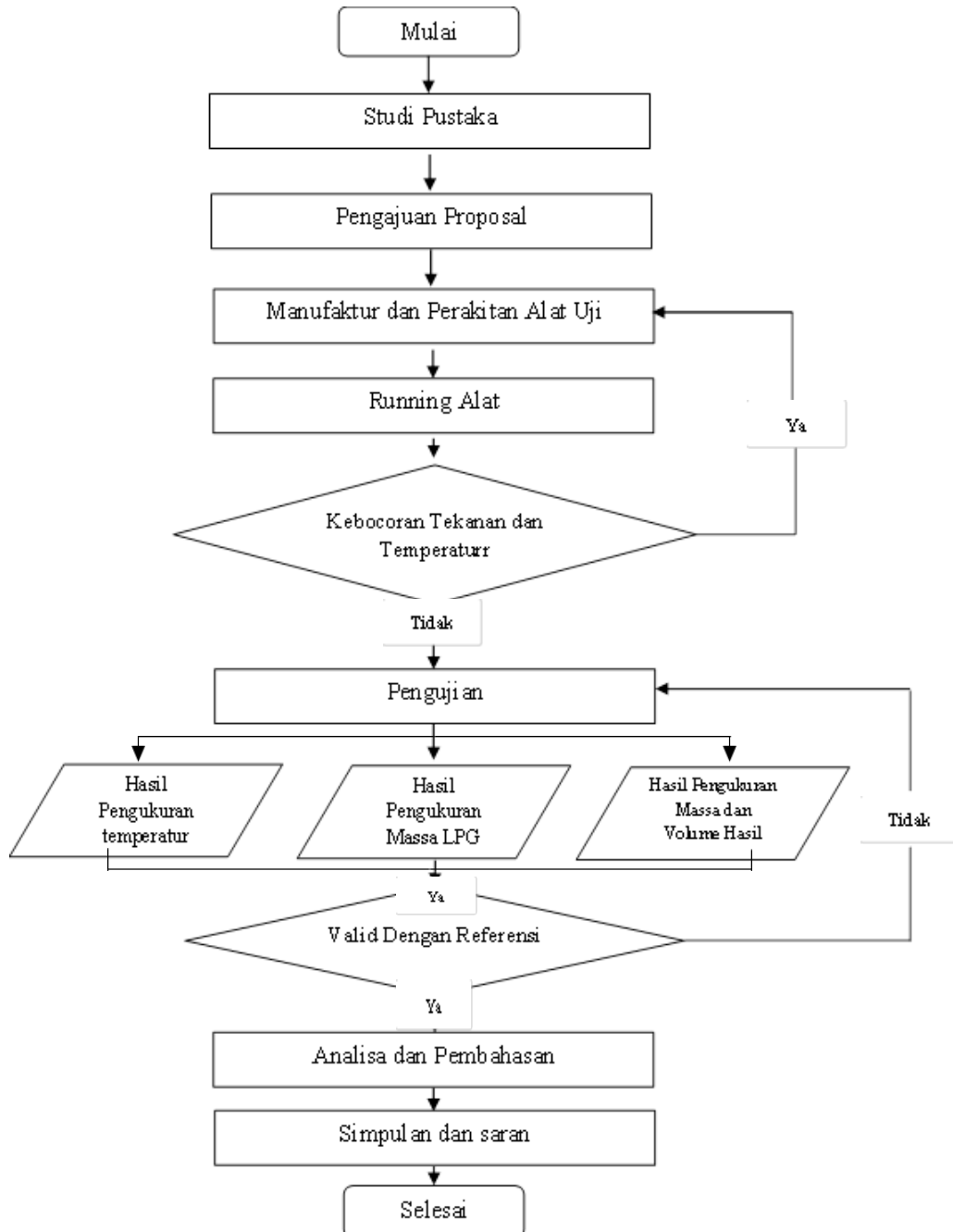
### 1. Pendahuluan

Sampai saat ini, Indonesia masih menghadapi persoalan dalam mencapai target pembangunan bidang energi. *Pyrolysis* merupakan *thermo-chemical* dekomposisi material organik pada temperatur yang ditingkatkan dalam lingkungan bebas atau sedikit oksigen (*anaerob*). Proses tersebut merupakan metode untuk mengurai bagian utama dari biomassa berupa *polimeric* kompleks (selulosa, hemiselulosa, dan lignin) agar menjadi fragmen molekuler yang lebih sederhana [1]. Senyawa dengan berat molekul yang ringan berupa gas pada temperatur ambien, ketika senyawa tersebut dikondensasikan akan berubah menjadi cair yang dinamakan asap cair. Jika asap cair dilanjutkan dengan transifikasi menggunakan katalis (NaOH) dan metanol (reaktan), maka akan menghasilkan *bio-fuel* [2]. Data Biro Pusat Statistik tahun 2008 menunjukkan bahwa produksi padi di Indonesia seluruhnya sekitar 55 juta ton padi. Dari total produksi padi tersebut, 50% nya diproduksi di Jawa Timur, Jawa Barat dan Jawa Tengah [3]. Aktivitas untuk memproses limbah sekam padi menjadi bahan bakar alternatif melalui proses pirolisis masih terbatas dilakukan di Indonesia [4]. Penelitian mengenai pirolisis sekam padi yang dilakukan oleh W.T.Tsai menggunakan *fix bed reactor* dengan metode *fast pyrolysis* [5]. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan Chen-pei Hsu menggunakan metode *fast pyrolysis* dengan *fluidized bed reactor* [6]. Jadi penelitian ini akan difokuskan pada masalah pengujian alat pengolah limbah sekam padi menjadi bahan bakar alternatif. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui uji alat konversi sekam padi

menjadi bahan bakar alternatif yang efisien, mengetahui jumlah minyak yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* dengan metode *counter flow* dan *parallel flow* pada kondensor, mengetahui nilai kalor yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* dengan metode *counter flow* dan *parallel flow* pada kondensor.

## 2. Pembuatan dan Manufaktur Alat Pirolisis Sekam Padi

### 2.1 Diagram Alir



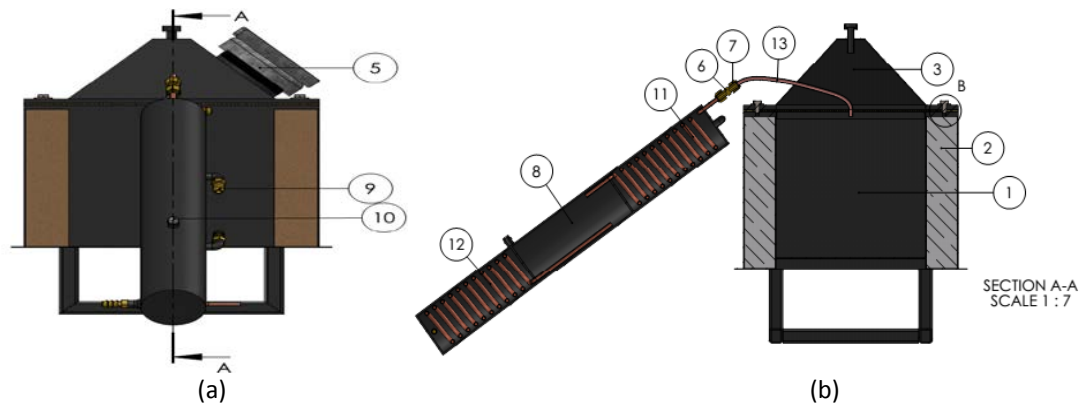
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahapan awal untuk melakukan penelitian ini adalah mencari data pustaka sebagai dasar pengujian alat pirolisis, kemudian pengujian alat pirolisis dengan bahan baku sekam padi dengan massa 1000 gr. Hasil dari pengujian yaitu diperoleh data massa LPG yang digunakan, massa minyak pirolisis, energi kalor selama pirolisis.

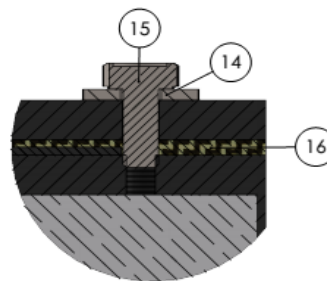
### 2.2 Alat Pirolisis Sekam Padi

Pirolisator merupakan unit reaktor untuk memproduksi gas asap cair, dengan prinsip kerja utama adalah mengubah fase gas asap yang dihasilkan dari pembakaran biomassa menjadi fase cair asap tersebut. Pirolisator didesain *fix bed*

karena bertujuan untuk penelitian skala kecil, memiliki tiga komponen utama yaitu reaktor, pipa distribusi, dan kondensor. Pada Gambar 2 dan 3 merupakan bagian – bagian dari pirolisator dengan keterangan sesuai Tabel 1.



**Gambar 2.** (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping



DETAIL B  
 SCALE 1 : 1

**Gambar 3.** Detail B Desain Pirolisator

**Tabel 1.** Spesifikasi Pirolisator

Nomor Bagian	Keterangan
1	Reaktor
2	Bata tahan api
3	Kubah reaktor
5	Penutup reaktor
6	<i>Double nipple</i>
7	<i>Pipe fitting nut</i>
8	Kondenser
9	<i>Hose nipple</i>
10	<i>Pipe dop</i>
11	Pipa tembaga spiral kondenser 1
12	Pipa tembaga spiral kondenser 2
13	Pipa distribusi
14	<i>Flat washer</i>
15	<i>Nut M10</i>
16	<i>Sealer</i>

### 2.3 Manufaktur Alat Pirolisis Sekam Padi

#### a. Reaktor

Perakitan reaktor dari komponen reaktor, penyangga reaktor, kubah reaktor, penutup reaktor dan bata tahan api seperti Gambar 4.



**Gambar 4.** *Assembly* Reaktor

b. Pipa distribusi

Pipa distribusi dibuat tidak permanen agar memudahkan dalam melepas dan merakit kondenser, dan membongkar reaktor dalam pengantian bahan baku. Perakitan pipa distribusi pada alat pirolisator seperti Gambar 5.



**Gambar 5.** *Assembly* Pipa Distribusi

c. Kondensor

Kondensor dirakit seperti Gambar 6. dengan pengabungan kondenser pertama dan kondensor kedua menjadi satu dengan dipisahkan ruang penampung minyak pirolisis dari kondenser pertama. Ruang penampung tersebut dibuat tertutup agar suhu dan tekanan uap dari kondenser pertama tidak hilang, sehingga uap dapat masuk ke dalam kondensor kedua.



**Gambar 6.** *Assembly* Kondensor

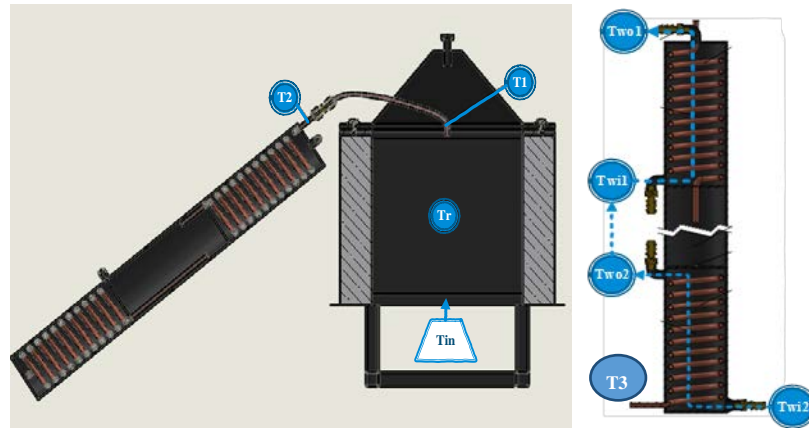
## 2.4 Data Pengukuran

Pada proses pirolisis pada pengujian ini diperoleh data temperatur dan massa penggunaan bahan bakar LPG. Selain itu, data massa dan volume hasil minyak pirolisis diperoleh setelah pengujian dan massa air pendingin selama proses pirolisis. Massa bahan bakar LPG yang digunakan sebesar 42 gr dan laju massa air pendingin pada kondensor sebesar 1,4 gr/s. Pengujian ini dilakukan selama 1 jam atau 60 menit sehingga massa air pendinginan yang digunakan sebesar 5,04 kg. Massa air pendingin yang digunakan selama proses pengujian didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$\text{.massa}_{\text{air pendinginan}} = \text{laju massa} \times \text{durasi waktu} \quad (1)$$

a. *Counter Flow*

Pengukuran temperatur dilakukan sesuai Gambar 7. untuk mengetahui kesetimbangan kalor, sehingga hasil pengukuran temperatur sesuai Tabel 3.



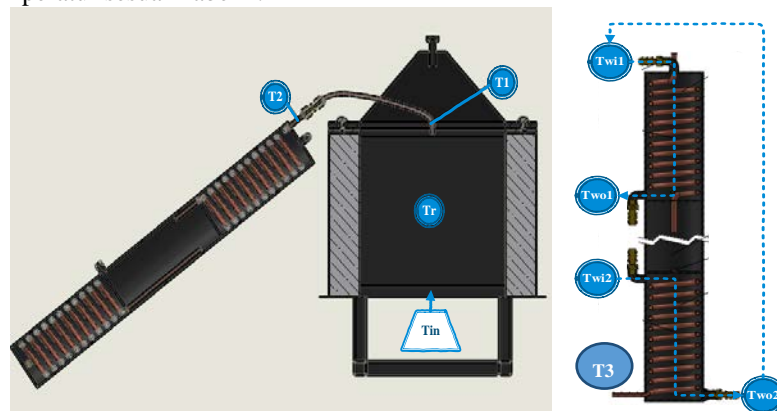
Gambar 7. Titik Pengukuran Temperatur

Tabel 3. Hasil Pengukuran Temperatur

Parameter	Pengukuran (°C)			rata-rata (°C)
	1	2	3	
$T_{in}$	316,3	315,5	314,8	315,5
$T_{reaktor}$	301,4	302,3	301,8	301,8
$T_1$	280,8	286,5	283,4	283,5
$T_2$	255,3	256,5	256,1	255,9
$T_{wi2}$	27,1	27,2	27,1	27,1
$T_{wi1, wo2}$	32,2	32,4	32,3	32,3
$T_{wo1}$	93,1	93,4	92,2	92,9
$T_3$	105,4	106,7	105,5	105,8

b. *Parallel Flow*

Pengukuran temperatur dilakukan sesuai Gambar 8 untuk mengetahui kesetimbangan kalor, sehingga hasil pengukuran temperatur sesuai Tabel 4.



Gambar 8. Titik Pengukuran Temperatur

Tabel 4. Hasil Pengukuran Temperatur

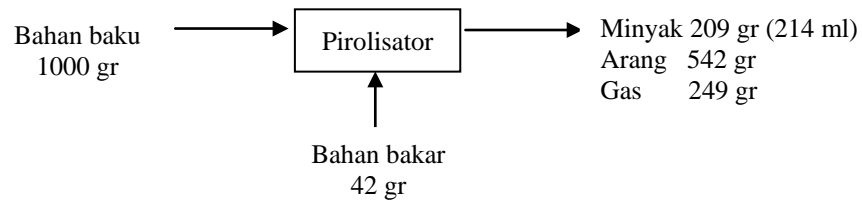
Parameter	Pengukuran (°C)			rata-rata (°C)
	1	2	3	
$T_{in}$	330,2	331,4	332,3	331,3
$T_{reaktor}$	320,4	321,3	320,8	320,8
$T_1$	295,2	294,5	295,4	295,1
$T_2$	275,3	273,5	274,1	274,3
$T_{wi1}$	27,1	27,2	27,1	27,1
$T_{wo1, wi2}$	80,1	80,4	80,2	80,2
$T_{wo2}$	82,2	82,4	82,3	82,3
$T_3$	130,8	131,2	131,6	131,2

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil

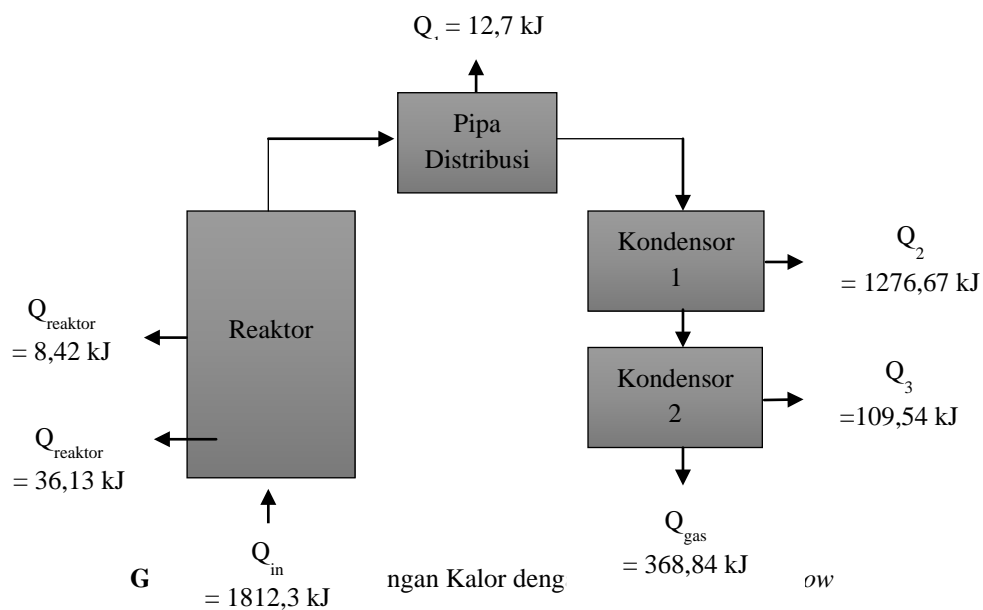
##### a. Counter Flow

Metode pendinginan pada kondensator dengan *counter flow* diperoleh diagram alir proses pirolisis seperti Gambar 9.



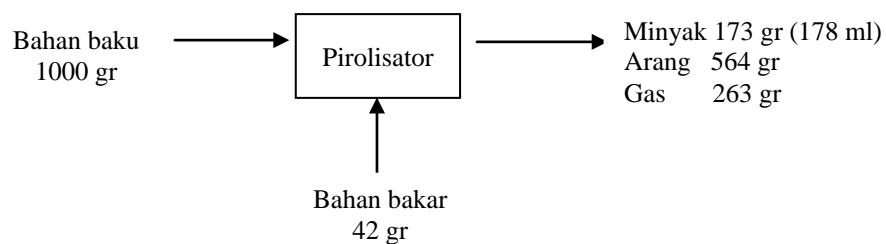
**Gambar 9.** Diagram Alir Pirolisis dengan Metode *Counter Flow*

Jika proses pirolisis membutuhkan kalor atau panas sebagai dekomposisi, maka kalor yang masuk harus sebanding dengan kalor yang hilang atau kalor yang diserap pada kondensor seperti Gambar 10.



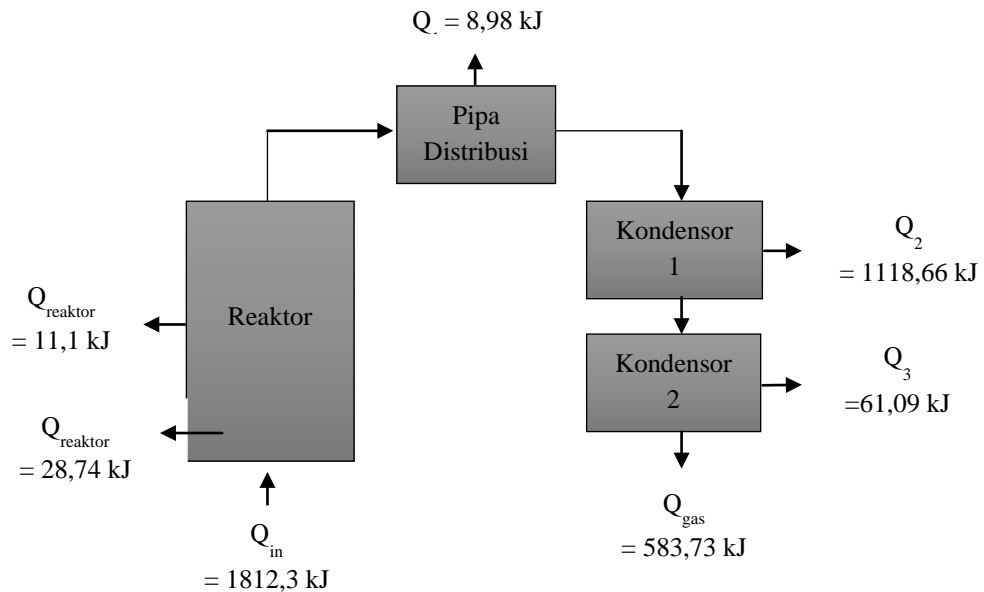
##### b. Parallel Flow

Metode pendinginan pada kondensator dengan *parallel flow* diperoleh diagram alir proses pirolisis seperti Gambar 11.



**Gambar 11.** Diagram Alir Pirolisis dengan Metode *Parallel Flow*

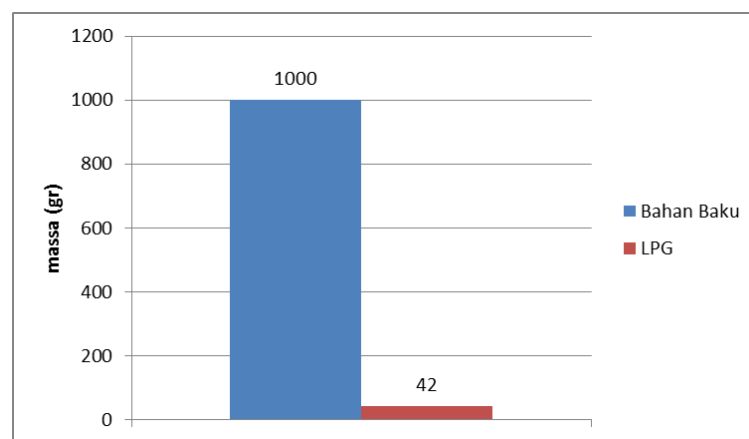
Jika proses pirolisis membutuhkan kalor atau panas sebagai dekomposisi, maka kalor yang masuk harus sebanding dengan kalor yang hilang atau kalor yang diserap pada kondensor seperti Gambar 12.



Gambar 12. Kesetimbangan Kalor dengan Metode *Parallel Flow*

### 3.2 Pembahasan

#### a. Perbandingan Bahan Baku terhadap Bahan Bakar

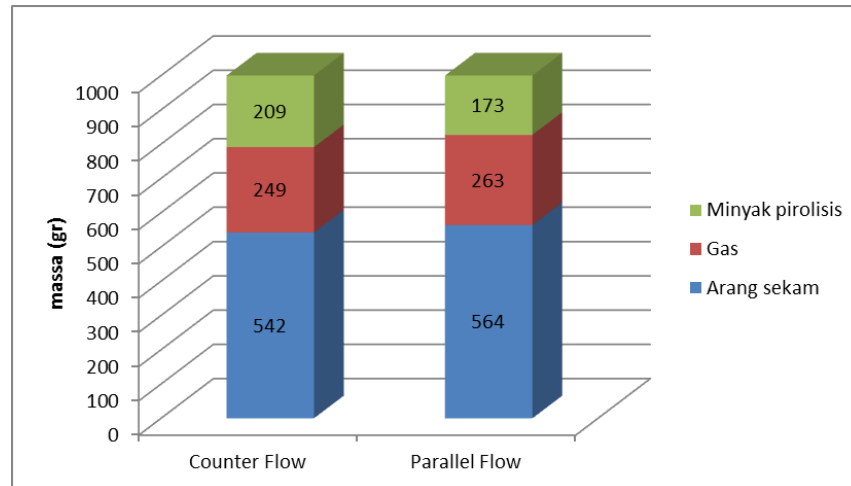


Gambar 13. Diagram Perbandingan Bahan Baku terhadap Bahan Bakar

Pada Gambar 14 dapat diketahui perbandingan massa bahan bakar terhadap massa bahan baku. Bahan bakar gas LPG yang digunakan dalam proses pirolisis memiliki massa 42 gr, sedangkan massa bahan baku berupa sekam padi 1000 gr. Jadi dari perbandingan massa bahan bakar terhadap massa bahan baku, diperoleh 1 : 23,81. Jika bahan baku sebanyak 23,81 gr dapat diproses pirolisis dengan menggunakan bahan bakar gas LPG sebanyak 1 gr.

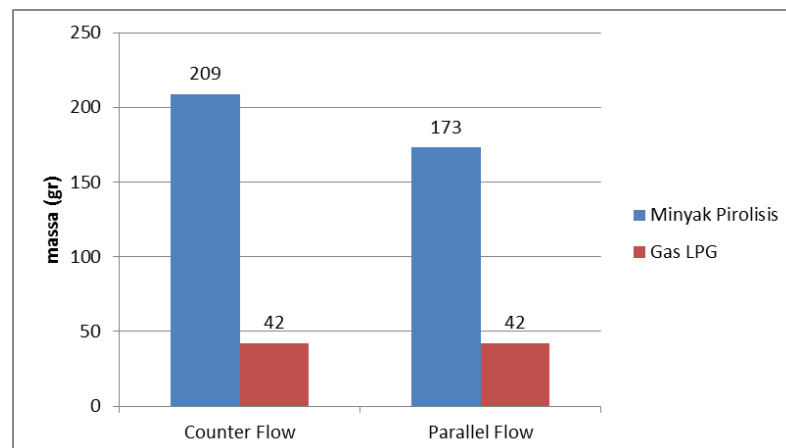
#### b. Perbandingan Hasil Pirolisis *Counter-Parallel Flow*

Pada Gambar 14 dapat diketahui perbedaan hasil proses pirolisis sekam padi sebesar 1000 gr dengan dua metode pendinginan pada kondensor berupa *counter flow* dan *parallel flow*. Metode pendinginan *counter flow* menghasilkan minyak pirolisis yang lebih banyak sebanyak 209 gr, dibandingkan dengan metode pendinginan *parallel flow* hanya menghasilkan minyak pirolisis sebanyak 173 gr. Uap gas yang dihasilkan juga berbeda, metode pendinginan *counter flow* menghasilkan gas yang lebih sedikit sebesar 249 gr, dibandingkan dengan metode pendinginan *parallel flow* menghasilkan gas pirolisis 263 gr. Begitu juga dengan arang, 542 gr dengan menggunakan metode *counter flow* dan 564 gr dengan menggunakan metode *parallel flow*. Jadi metode pendinginan pada kondensor berpengaruh pada hasil dari pirolisis.



**Gambar 14.** Diagram Perbandingan Hasil Pirolisis *Counter-Parallel Flow*

c. Perbandingan bahan bakar terhadap hasil minyak pirolisis



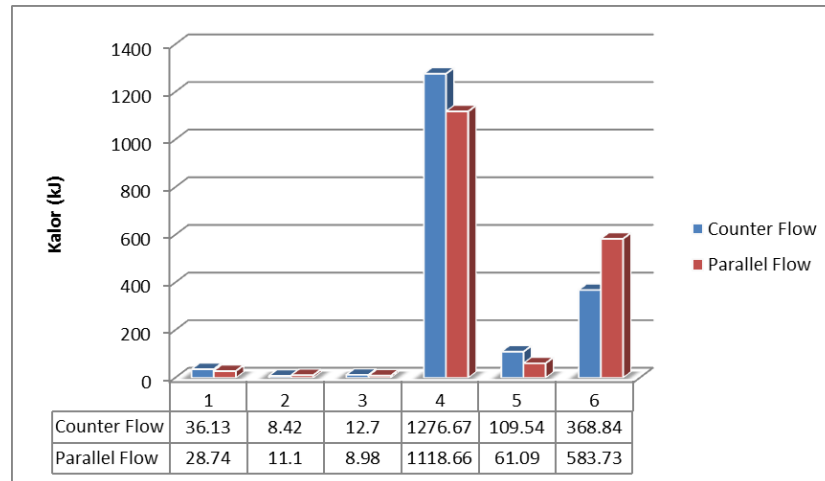
**Gambar 15.** Diagram Perbandingan Bahan Bakar terhadap Hasil Minyak Pirolisis

Pada Gambar 15 dapat diketahui perbedaan hasil proses pirolisis sekam padi sebesar 1000 gr dengan dua metode pendinginan pada kondensor berupa *counter flow* dan *parallel flow*. Metode pendinginan *counter flow* menghasilkan minyak pirolisis yang lebih banyak 209 gr, dibandingkan dengan metode pendinginan *parallel flow* menghasilkan minyak pirolisis 173 gr. Bahan bakar gas LPG yang digunakan untuk proses pirolisis sekam padi sebesar 42 gr. Jadi perbandingan antara bahan bakar terhadap hasil minyak pirolisis yaitu 1 : 4,97 (metode *counter flow*) dan 1 : 4,11 (metode *parallel flow*). Jika bahan bakar sebanyak 1 gr dapat menghasilkan kalor untuk proses pirolisis sekam padi, akan memperoleh hasil minyak pirolisis sebanyak 4,97 gr (metode *counter flow*) dan 4,11 gr (metode *parallel flow*).

d. Perbandingan nilai kalor *counter-parallel flow*

Pada Gambar 16 merupakan perbandingan nilai kalor pada poin bagian utama pirolisator dengan metode pendinginan kondensor *counter flow* dan *parallel flow*. Poin 1 pada reaktor, 2 pada pipa distribusi, 3 pada kondensor 1 dan poin 4 pada kondensor 2, sedangkan poin 5 merupakan nilai kalor pada uap gas. Nilai kalor terbesar terjadi pada kondensor 1, berarti perpindahan panas atau kalor banyak terjadi di kondensor 1 karena kontak langsung dengan air. Berbeda dengan kondensor 2, nilai kalor lebih sedikit karena uap minyak yang terkondensasi pada kondensor 1. Selain itu, pada kondensor 2 tidak terjadi perpindahan panas atau kalor sebanyak kondensor 1, sehingga kalor atau panas banyak terbuang melalui gas. Pada kondensor 1, metode *counter flow* terjadi perpindahan kalor sebesar 1276,67 kJ lebih efektif dengan ditandai oleh penyerpan kalor yang lebih banyak dari pada *parallel flow* hanya sebesar 1118,66 kJ. Sedangkan kalor yang terbuang melalui uap gas, lebih besar pada metode *parallel flow* sebesar 583,73 kJ dari pada *counter flow* sebesar 368,84 kJ. Jadi perpindahan panas atau kalor yang efektif yaitu *counter flow* dari pada *parallel flow*.





**Gambar 16.** Diagram Perbandingan Nilai Kalor *Counter-Parallel Flow*

#### 4. Kesimpulan

Hasil Penelitian pirolisis sekam padi yaitu pengujian alat konversi sekam padi menjadi bahan bakar alternatif yang efisien yaitu menggunakan reaktor yang tertutup dan tidak ada kebocoran tekanan dan temperatur, menggunakan kondensor *shell and tube* berupa spiral, dan metode pendinginan dengan *counter flow*, jumlah minyak yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* dengan metode *counter flow* sebesar 209 gr lebih banyak dari pada *parallel flow* sebesar 173 gr, metode *counter flow* dapat menyerap kalor sebesar 1276,67 kJ dan hilang pada uap gas sebesar 368,84 kJ lebih efektif dari pada *parallel flow* hanya menyerap kalor sebesar 1118,66 kJ dan hilang pada uap gas sebesar 583,73 kJ.

#### Daftar Pustaka

- [1] T. K. Rout, *Pyrolysis of coconut shell*, Rourkela: National Institute of Technology, 2015.
- [2] E. Satuffer dan B. D., "Alternative fuels in fire debris analysis: Biodiesel basics," *J. Forensic Sci.*, p. 52(2): 371-379, 2007.
- [3] Hambali, E. 2007. *Produksi Padi dan Palajiw*.
- [4] Suyitno, *Pengolahan Sekam Padi Menjadi Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Pirolisis Lambat*, Jawa Tengah: Litbang Jawa Tengah, 2009.
- [5] W.T.Tsai dan Y.M Chang., "Fast pyrolysis of rice husk: Product yields and compositions," *Bioresource Technology*. 98 (2007) 22-28, 2006.
- [6] A.-N.Huang, et al., "Production and separation of rice husk pyrolysis bio-oils from a fractional distillation column connected fluidized bed reactor" *Powder Technology*, 2016.