

## Studi Gasifikasi Pengembangan Tongkol Jagung dan Jerami Padi Menggunakan Reaktor *Downdraft* dengan Dua Masukan Udara Tekan

Ibnu Irawan<sup>1</sup>, Achmad Kusairi<sup>1</sup>, Hairil Budiarto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang No 02 Kamal Bangkalan Madura

\*[ibnu.irawan@trunojoyo.ac.id](mailto:ibnu.irawan@trunojoyo.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i1.12895>

### ABSTRACT

The production of corn and rice produced by farmers in East Java has the potential to cause agricultural waste, therefore corn cobs are waste that requires special processing in order to be used optimally. Agricultural waste corn cobs and rice straw can be converted into gas fuel (*Syngas*). The purpose of this study was to determine the performance of gasification seen from the temperature distribution and composition of combustible gases such as CO, H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>. The *downdraft* gasifier type is used and applies the AR and E.R ratio to the temperature. For the pyrolysis and oxidation regions, the intake air varies (*AR<sub>pir-oxi</sub>*) 80%; 70%; and 0% at 14.5 air intake; 19.3; and 24.1 Nm<sup>3</sup>/hour from E.R 0.3, 0.4, and 0.5. Air intake in the adjust area using a valve. Temperature measurement using the type K thermocouple. The results show that the maximum temperature using *AR<sub>pir-oks</sub>* = 80%, the drying zone temperature is 187°C, the pyrolysis zone is 488°C, the oxidation zone is 895°C and the reduction zone is 585°C. Meanwhile, the highest production of CO gas is 20.50% and H<sub>2</sub> gas is 14.55% using an ER of 0.4. Meanwhile, CH<sub>4</sub> decreased for all ER values using *AR<sub>pir-oks</sub>* = 80%

**Key words** : corn cobs, rice straw, *downdraft* reactor, compressed air intakes, *syngas*

### PENDAHULUAN

Produksi jagung dan padi yang dihasilkan oleh petani di Jawa Timur berpotensi menimbulkan limbah pertanian, seperti pembakaran jerami padi di lahan persawahan, akan menghilangkan unsur hara yang terdapat pada tanah dan unsur hara pada jerami itu juga akan musnah, sehingga akan mengurangi kesuburan tanah (Husnain, 2010). Dampak buruk juga pada pembakaran jerami dan tongkol jagung ini akan mengakibatkan asap yang bisa berdampak terhadap polusi udara. Oleh sebab itu tongkol jagung merupakan limbah yang butuh pengolahan khusus agar dapat digunakan secara maksimal.

Pengolahan sumber biomassa tongkol jagung dan jerami setelah masa panen pada tanaman jagung sebagian dimanfaatkan sebagai produk pembakaran dan pupuk untuk kebutuhan masyarakat luas, karena cara yang paling sederhana untuk mengurangi sampah tersebut yaitu dengan menimbun dan membakar bahan tersebut. Proses pembakaran ini akan menjadi masalah bagi

atmosfer, paling utama adalah prosesnya akan menimbulkan masalah polusi dan juga membahayakan proses pernafasan pada manusia. Sampah tongkol jagung pada dasarnya sangat banyak, akan tetapi proses pengolahannya belum banyak dimanfaatkan. Tanaman Jagung setelah diambil bijinya, maka akan, menghasilkan banyak sampah berupa tongkol jagung yang kering dan bisa dipakai sebagai alternatif baru untuk bahan bakar.

Gasifikasi merupakan reaksi kimia panas yang mengubah unsur karbon (C) pada biomassa menjadi sebuah gas yang bisa dibakar atau menjadi gas yang bisa dibakar melalui proses pembakaran secara parsial dengan pemasukan udara (Basu, 2010). Gasifikasi dalam prosesnya dibagi menjadi empat daerah : (1) Pengeringan bahan bakar (*Drying*); (2) Pirolisis; (3) Pembakaran Bahan Bakar (Oksidasi), dan (4). Pengurangan Bahan Bakar (*Reduction*) (Šulc et al., 2012). Bahan bakar gas atau *syngas* yang dihasilkan pada proses gasifikasi ini

#### Cite this as:

Irawan, I., Kusairi, A & Budiarto, K. (2022). *Studi Gasifikasi Tongkol Jagung dan Jerami Padi Menggunakan Reaktor Downdraft dengan Dua Masukan Udara Tekan*. *Rekayasa* 15 (1). 1-7 pp

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i1.12895>

#### Article History:

**Received:** Dec, 13<sup>th</sup> 2021; **Accepted:** February, 4<sup>th</sup> 2022

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

terdiri dari senyawa karbon monoksida (CO), senyawa hidrogen (H<sub>2</sub>), senyawa metana (CH<sub>4</sub>) dan senyawa karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) juga senyawa hidrokarbon lainnya, berupa propana dan etana, dan hidrokarbon hitam berupa tar dan gas-gas lain, misalnya (H<sub>2</sub>S) sulphidric, (HCl) asam chloridric atau (N<sub>2</sub>) nitrogen. Gas mengandung kotoran pada proses gasifikasi ini berupa tar, nitrogen, dan sulfur (H<sub>2</sub>S,CO,S) (Molino *et al.*, 2016). Reaktor tipe *downdraft* merupakan pilihan peneliti gasifikasi yang digunakan untuk menurunkan jumlah tar. Keuntungan reaktor tipe *downdraft* ini memiliki efisiensi konversi yang lebih baik, dengan jumlah partikulat dan tar yang sedikit pada kandungan syngasnya jika dibandingkan tipe reaktor yang lain (Li & Xue, 2015).

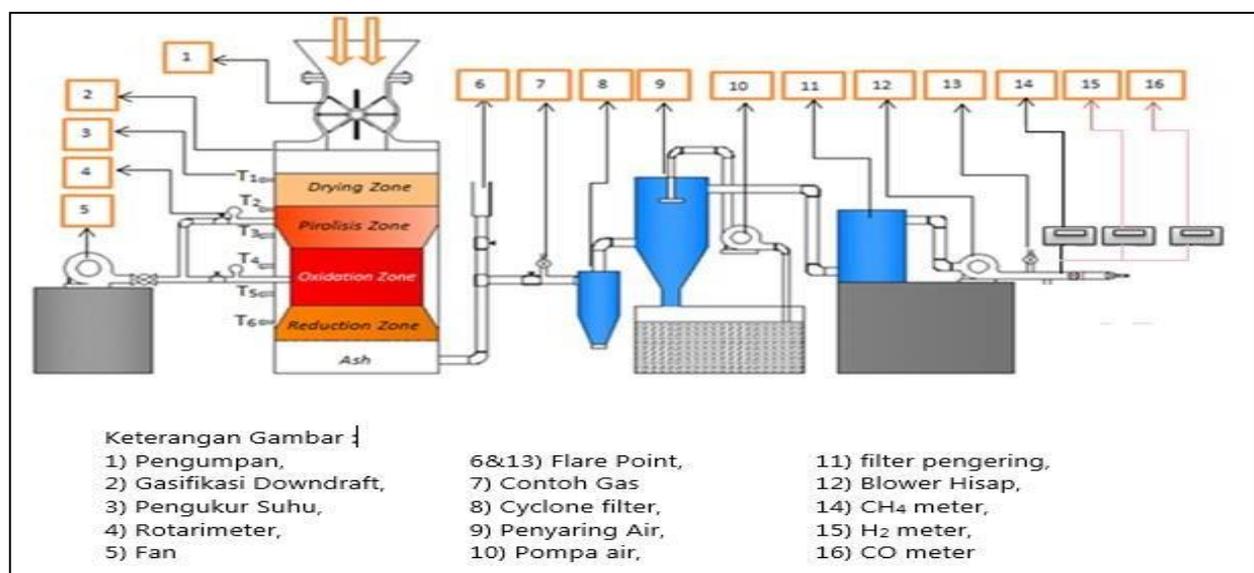
Produk hasil syngas yang terhalangi abu selama reaktor dihidupkan dapat menyebabkan turunnya kualitas syngas, utama pada senyawa karbon monoksida dan hidrogen (Khonde & Chaurasia, 2016). Penyebabnya karena senyawa-senyawa ini akan kembali bereaksi di zona reduksi atau zona oksidasi dapat terbentuk senyawa H<sub>2</sub>O dan karbondioksida. Simeoene dalam penelitiannya (Wang *et al.*, 2018) menerangkan bahwa gambar abu dan nilai yang diperoleh selama gasifikasi berlangsung pada biji bunga matahari dan serbuk gergaji kayu dapat mempengaruhi laju aliran massa syngas dan *pressure drop* ( $\Delta P$ ) (Surjosatyo *et al.*, 2010). Bentuk abu yang besar dan jumlahnya yang dihasilkan pada wilayah reduksi, maka parameter laju aliran massa syngas dan *pressure drop* ( $\Delta P$ ) akan bertambah naik. Penyebabnya karena adanya

perlambatan aliran syngas ke saluran luar reaktor akibat menumpuknya abu di atas *grate*. Dari penelitian dengan ditambahkan peralatan sapu abu yang bisa untuk meningkatkan keluarnya abu kebawah reaktor dengan kecepatan keluaran residu sebanyak 0,450 gr/s. Dalam penelitian disebutkan juga memaparkan data bahwa menumpuknya abu besar pada wilayah reduksi yang tidak dapat disring ketempat penampungan residu, akan signifikan pengaruhnya terhadap stabilnya suhu di wilayah reduksi dan wilayah oksidasi (Nhuchhen & Salam, 2012).

Enam sektor Universitas Trunojoyo Madura yang terdiri dari sektor garam dan tembakau, sektor pangan, sektor energi, sektor pendidikan, sektor sosial dan sektor pariwisata. Sesuai dengan *roadmap* peneliti, maka peneliti fokus di bidang Energi. Reaktor gasifikasi ini akan dapat digunakan sebagai teknologi tepat guna membantu mendapatkan data karakteristik syngas dari biomassa tongkol jagung, juga bisa digunakan para pengusaha atau petani jagung untuk mendapatkan bahan bakar alternatif pada mesin. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui tongkol jagung dan jerami padi terhadap performasi gasifikasi ditandai dengan distribusi suhu dan kandungan gas mudah dibakar seperti: CO, CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub> yang dihasilkan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian gasifikasi ini menggunakan metode eksperimental untuk proses uji reaktornya, bahan utama dari reaktor menggunakan drum tahan api



Gambar 1. Skema Peralatan Penelitian

dengan penambahan bahan semen didalamnya. Berikut adalah model unit reaktor tipe downdraft dengan dua udara masuk yang menggunakan bahan bakar tongkol jagung dengan jerami padi kering (Gambar 1).

**Persentase udara masuk wilayah pirolisis dan wilayah oksidasi**

AR<sub>Piro-Oksi</sub> atau rasio udara masuk untuk wilayah pirolisis dan wilayah oksidasi disajikan sebagai persentase perbandingan udara masuk total untuk wilayah oksidasi dan wilayah pirolisis (persamaan 1) (Bui *et al.*, 1994). Variabel penelitian ini menjadi empat macam yaitu, (AR<sub>Piro-Oksi</sub>) = 0%, 70%, 80% , dan 90%.

$$AR_{Piro-Oksi} = \frac{\dot{m}_{pirolisis}}{\dot{m}_{oksidasi}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\dot{m}_{tot.udara} = \dot{m}_{Piro} + \dot{m}_{Oksi} \quad (2)$$

Dibawah ini merupakan contoh penyelesaian dalam menjumlahkan udara masuk total dan nilai persentase udara masuk<sub>pirolisis-ksidasi</sub>, sebagai contoh diambil ER=0,3 dan AR<sub>Pir-Oks</sub>=70%. Untuk perhitungan data selanjutnya sama seperti contoh diatas, hasil semua perhitungan total udara masuk dan persentase udara masuk<sub>piro-oksi</sub> ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterangan Udara Masuk<sub>pirolisis-oksidasi</sub> Reaktor Gasifikasi

AR (%)	ER	Aliran udara (Nm <sup>3</sup> / h)		
		Total udara	Zona Pirolisis	Zona Oksidasi
0	0.3	6.3	0	6.3
0	0.4	8.4	0	8.4
0	0.5	10.54	0	10.54
60	0.3	6.31	2.60	6.31
60	0.4	8.40	3.46	8.40
60	0.5	10.54	4.34	6.20
70	0.3	6.30	2.80	3.50
70	0.4	8.39	3.73	4.66
70	0.5	10.55	4.69	5.86
80	0.3	6.31	2.99	3.32
80	0.4	8.40	3.98	4.42
80	0.5	10.53	4.99	5.54

**Perubahan atau modifikasi Desain Reaktor**

Perubahan desain ini dikerjakan pada reaktor *downdraft*. Desain reaktor gasifikasi tipe *downdraft* memiliki tujuan dalam menghasilkan gas yang bersih dan sedikitnya kandungan tar. Cara yang diterapkan untuk peningkatkan produksi kandungan gas dan meminimalisasi jumlah tar yakni melakukan perubahan struktur *gasifier* dengan menggunakan dua posisi injeksi udara, injeksi pertama di zona oksidasi parsial dan injeksi kedua di zona pirolisis. Pembagian aliran udara (AR)

disetiap zona berbeda-beda, yakni berada pada kondisi semi stoikiometri.

**Karakterisasi bahan bakar**

Uji karakterisasi bahan bakar dilakukan untuk mengetahui sifat bahan tongkol jagung dengan jerami padi sebagai bahan bakar sehingga data yang diperoleh dapat ditentukan untuk menentukan parameter operasi. Tahapan karakterisasi biomassa adalah sebagai berikut (Tabel 2).

Tabel 2. Data Uji *Proximate* dan *Ultimate* Pada Biomassa Tongkol Jagung dengan Jerami Padi

Data uji	Nilai
Proximate analisis (%)	
Volatille matter	82,3
Ash	1,10
Fixed carbon	14,50
Ultimate analisis (%)	
Carbon	55,2
Hidrogen	3,51
Nitrogen	3,62
Sulfur	0,08
Oxygen	49,3
HHV (MJ/kg)	16,38

**Pengambilan data**

Pengambilan data *syngas* dilakukan pada titik keluaran blower hisap. Parameter data yang disajikan diperoleh dari alat ukur digital yang dipasang pada rangka unit sepanjang reaktor hingga unit pengukur *syngas*. Proses data *syngas* yang diambil, harus dilakukan pada saat kondisi *steady* dimana gas yang telah diinginkan dapat dinyalakan yang artinya *syngas* telah terbentuk menjadi komponen gas yang bisa dibakar.

Proses pengeringan pada reaktor terjadi dibagian atas yaitu zona *drying*. Pada tahap ini berlangsung devolatilisasi senyawa ringan. Selanjutnya zona pirolisis terletak dibawah zona pengeringan, pada tahap ini terjadi devolatilisasi organik untuk menghasilkan arang dan gas pirolitik. Selanjutnya untuk pengontrolan suhu diletakkan termokopel di titik-titik yang berbeda. Termokopel di proyeksikan di dinding bagian dalam reaktor untuk menghindari masalah ketika biomassa masuk kedalam reaktor maka pada penelitian ini. Enam termokopel tipe K diletakkan diluar sepanjang dinding reaktor dan dua buah termokopel lagi mengukur suhu gas keluar sebelum dan sesudah pembersihan.

Bagian pendukung merupakan unit penyaringan kotoran seperti tar untuk pembersihan *syngas* ini. Sistem penyaringan menggunakan 2 unit *cyclone* yang berfungsi sebagai pembersih debu-debu yang ikut mengalir Bersama *syngas* dan partikel lainnya. Proses *dedusting* yang dilengkapi dengan insulator tahan panas untuk pencegahan terjadinya kondensasi tar. Kemudian gas mengalir melalui *water scrubber* untuk mengurangi jumlah air, menurunkan suhu dan mencegah tar dalam *syngas*. Selain itu dibagian sekunder juga terdapat *induced fan* yang memiliki fungsi sebagai alat hisap *syngas*. Peralatan dan *setup* eksperimen sistem gasifikasi *downdraft* dengan masukan udara tekan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian proses gasifikasi yang dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan bahan baku tongkol jagung dicampur jerami padi. *Downdraft Gasifier* adalah reaktor pembakarannya dengan menggunakan pemasukan udara tekan dengan tujuan untuk mengetahui performa gasifikasi dilihat dari distribusi temperatur dan komposisi *syngas* mudah terbakar.

### Distribusi Temperatur

Pengukuran temperatur pada dinding sepanjang reaktor yang digunakan pada proses gasifikasi. Termokopel dipasang sepanjang dinding reaktor untuk mendeteksi suhu pada wilayah *drying* (T1), wilayah pirolisis (T2), wilayah oksidasi (T3) dan wilayah reduksi (T4). Pengambilan data suhu hanya dilakukan pada keempat termokopel tersebut dan selama proses gasifikasi berlangsung. Jarak pemasangan termokopel sepanjang dinding reaktor ketinggiannya dari bawah *grade* reaktor sampai dengan tinggi pada reaktor (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh  $AR_{Piro-Oksi}$  Terhadap Temperatur untuk Masukan Udara Total  $24,10 \text{ Nm}^3/\text{h}$  dengan  $E.R. = 0,5$

Zona	Termokopel	Tinggi Reaktor (cm)	Suhu			
			AR 0	AR 60	AR 70	AR 80
Drying	T1	60,00	130	152	160	187
Pirolisis	T2	45,00	415	420	425	488
Oksidasi	T3	35,00	820	828	832	895
Reduksi	T4	15,00	518	522	525	585

Data temperatur yang dihasilkan pada zona *drying*, pirolisis, oksidasi dan reduksi terus mengalami peningkatan dengan meningkatnya

variasi  $AR_{Pir-Oks}$  dengan  $E.R. 0,5$  yang digunakan.  $AR_{Pir-Oks} 0\%$  merupakan nilai temperatur yang paling rendah yaitu diperoleh sebesar  $130^\circ\text{C}$  zona *drying*,  $415^\circ\text{C}$  zona pirolisis,  $820^\circ\text{C}$  zona oksidasi dan  $518^\circ\text{C}$  zona reduksi. Sedangkan hasil temperatur tertinggi dengan menggunakan  $AR_{Pir-Oks} 80\%$  diperoleh sebesar  $187^\circ\text{C}$  zona *drying*,  $488^\circ\text{C}$  zona pirolisis,  $895^\circ\text{C}$  zona oksidasi dan  $585^\circ\text{C}$  zona reduksi seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Peningkatan suhu yang terjadi akibat dipengaruhi oleh penggunaan reaktor bertingkat dengan variasi  $AR_{Pir-Oks}$  pada proses gasifikasi, dimana dengan memasukkan udara yang sedikit pada zona pirolisis dapat meningkatkan temperatur. Oleh sebab itu, jika temperatur yang semakin tinggi akan dapat meningkatkan kualitas produksi *syngas* yang bagus pula (Gafur, 2017). *Syngas* yang dihasilkan dipengaruhi oleh temperatur pada zona oksidasi, sehingga  $AR_{Pir-Oks}$  sangat berperan penting pada peningkatan temperatur yang dihasilkan.  $AR_{Pir-Oks} 0\%$ ,  $60\%$  dan  $70\%$  peningkatan temperatur pada zona oksidasi tidak begitu signifikan, dimana hasil temperatur pada zona tersebut berturut-turut sebesar karena udara masuk pada zona pirolisis  $820^\circ\text{C}$ ,  $828^\circ\text{C}$  dan  $832^\circ\text{C}$ . Sedangkan  $AR_{Pir-Oks} 80\%$  merupakan temperatur yang paling maksimal diperoleh sebesar  $895^\circ\text{C}$ . Maka dengan memasukkan udara sebesar  $80\%$  pada zona oksidasi dan  $20\%$  sisanya dapat meningkatkan temperatur, karena dengan menambahkan udara pada zona pirolisis dapat merubah reaksi endotermal menjadi eksotermal dan secara otomatis pembakaran pada zona oksidasi juga akan semakin meningkat (Rhofita, 2020).

### Komposisi Gas Mudah Terbakar (*Combustible Syngas*)

Pengambilan *syngas* dilakukan pada setiap  $AR_{Pir-Oks}$  digunakan dengan menerapkan tiga Equivalence Ratio (ER) yaitu (0.3, 0.4 dan 0.5) selama proses gasifikasi. Misalkan menggunakan  $AR_{Pir-Oks} 0\%$  dan pada saat itu juga menerapkan tiga variasi ER yang digunakan. Gambaran proses pengambilan data komposisi pada penggunaan  $AR_{Pir-Oks}$  dan ER disajikan pada Tabel 3.

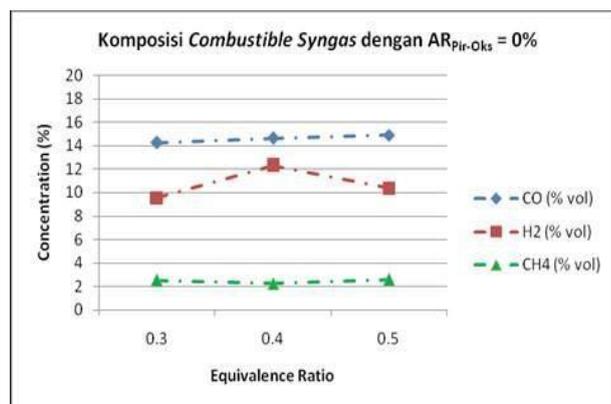
### Efek [E.R=0,3] [E.R=0,4] dan [E.R=0,5] terhadap nilai gas pada [A.R<sub>Piro-Oksi</sub> = 0%]

Pengaruh penggunaan *Equivalence Ratio* (E.R) pada  $A.R_{Pir-Oks} = 0\%$  komposisi gas yang mudah terbakar yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar

4. Kandungan gas CO mengalami peningkatan dengan meningkatnya penggunaan ER yang digunakan,, dimana komposisi gas yang dihasilkan paling rendah menggunakan ER 0,3 sebesar 14,24% dan tertinggi menggunakan ER 0,5 sebesar 14,90%. Kandungan gas H<sub>2</sub> juga mengalami peningkatan, namun nilai tertinggi dengan menggunakan ER 0,4 sebesar 12,31% dan paling rendah dengan menggunakan ER 0,3 sebesar 9,55%. Sedangkan hasil gas CH<sub>4</sub> berbanding terbalik dengan gas H<sub>2</sub>, karena gas CH<sub>4</sub> paling rendah menggunakan ER 0,4 diperoleh sebesar 2,25% dan tertinggi menggunakan ER 0,3 diperoleh sebesar 2,25%. Besarnya gas CO yang dihasilkan dari pada gas H<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> disebabkan oleh proses gasifikasi yang menggunakan udara masuk pada zona oksidasi yang dapat memperbanyak terbentuknya produksi karbon pada daerah zona pirolisis (Gambar 2).

Tabel 2. Data Komposisi Syngas

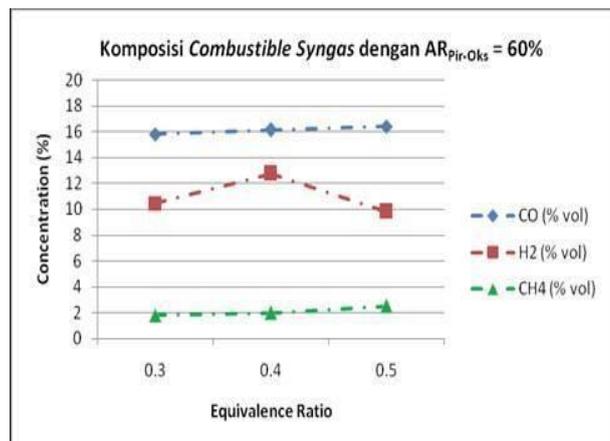
AR <sub>pir-oks</sub>	Komposisi (% vol)	Equivalence Ratio (ER)		
		0.3	0.4	0.5
0 (%)	CO	14,24	14,63	14,9
	H <sub>2</sub>	9,55	12,31	10,37
	CH <sub>4</sub>	2,52	2,25	2,6
60 (%)	CO	15,80	16,12	16,4
	H <sub>2</sub>	10,47	12,76	9,83
	CH <sub>4</sub>	1,80	2,00	2,50
70 (%)	CO	17,40	18,84	16,76
	H <sub>2</sub>	12,60	15,33	13,72
	CH <sub>4</sub>	1,86	1,85	1,79
80 (%)	CO	17,73	20,50	19,69
	H <sub>2</sub>	12,80	14,55	13,12
	CH <sub>4</sub>	1,54	1,30	1,10



Gambar 2. Kandungan gas mudah terbakar variasi ER dengan A.R<sub>Pir-Oksi</sub> = 0%

**Efek [E.R=0,3] [E.R=0,4] dan [E.R=0,5] terhadap nilai gas pada [A.R<sub>Pir-Oksi</sub> = 60%]**

Hasil kandungan gas yang dihasilkan menggunakan variasi *Equivalence Ratio* (E.R) pada A.R<sub>Pir-Oks</sub> = 60% ditunjukkan pada Gambar 5. Tren peningkatan gas yang dihasilkan hampir sama dengan menggunakan pada A.R<sub>Pir-Oks</sub> = 0%. Namun yang berbeda tren peningkatan kandungan gas CH<sub>4</sub> yang terus mengalami peningkatan, dimana kandungan gas CH<sub>4</sub> paling rendah dengan menggunakan ER 0,3 diperoleh sebesar 1,80% dan tertinggi dengan menggunakan ER 0,5 sebesar 2,50%. Kandungan gas H<sub>2</sub> tertinggi menggunakan ER 0,4 diperoleh sebesar 12,76 dan gas CH<sub>4</sub> paling rendah dengan menggunakan ER 0,5 sebesar 9,83%. Kandungan gas CO tertinggi dengan menggunakan ER 0,5 diperoleh sebesar 16,40%, sedangkan paling rendah dengan menggunakan ER 0,3 diperoleh sebesar 15,80%.

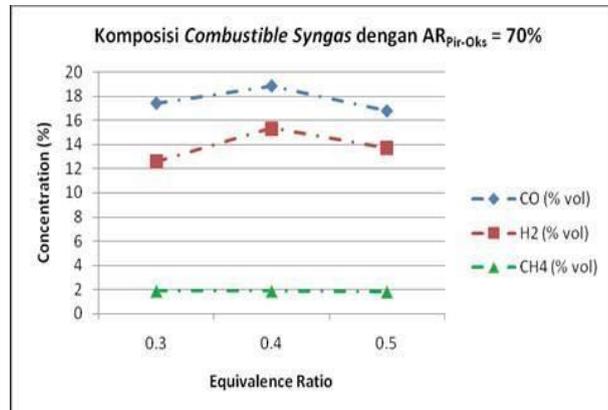


Gambar 3. Kandungan gas mudah terbakar variasi ER dengan A.R<sub>Pir-Oks</sub> = 60%

**Efek [E.R=0,3] [E.R=0,4] dan [E.R=0,5] terhadap nilai gas pada [A.R<sub>Pir-Oksi</sub> = 70%]**

Kandungan gas yang dihasilkan dengan menggunakan variasi *Equivalence Ratio* (E.R) pada A.R<sub>Pir-Oks</sub> = 70% ditunjukkan pada Gambar 6. Kandungan gas CO dan H<sub>2</sub> tren grafiknya yang dihasilkan hampir sama, namun kandungan gas yang dihasilkan lebih tinggi gas CO dari pada gas H<sub>2</sub>. Gas CO tertinggi dengan menggunakan ER 0,4 diperoleh sebesar 18,84% dan paling rendah menggunakan ER 0,3 sebesar 17,40%. Kandungan gas H<sub>2</sub> tertinggi dengan menggunakan ER 0,4 diperoleh sebesar 15,33% dan paling rendah menggunakan ER 0,3 diperoleh sebesar 12,60%. Sedangkan gas CH<sub>4</sub> cenderung semakin menurun dengan meningkatnya nilai ER yang digunakan,

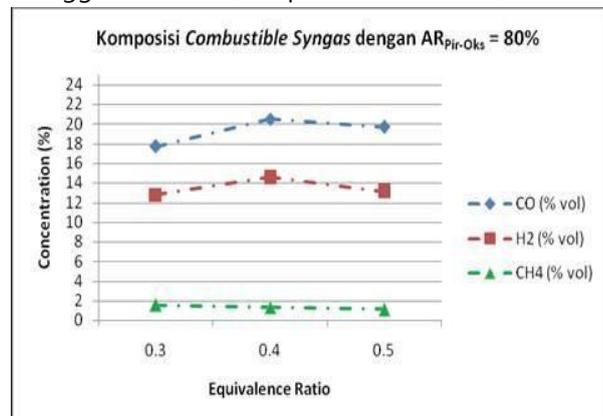
dimana kandungan paling rendah gas CH<sub>4</sub> menggunakan ER 0,5 diperoleh sebesar 1,79% dan tertinggi menggunakan ER 0,3 sebesar 1,86%. (Gambar 4).



Gambar 4. Kandungan gas mudah terbakar variasi ER dengan A.R<sub>Pir-Oks</sub> = 70%

#### Efek [E.R=0,3] [E.R=0,4] dan [E.R=0,5] terhadap nilai gas pada [A.R<sub>Pir-Oks</sub> = 80%]

Gambar 5 menunjukkan kandungan gas yang dihasilkan dengan menggunakan variasi *Equivalence Ratio* (E.R) pada A.R<sub>Pir-Oks</sub> = 80%. Kandungan gas CH<sub>4</sub> yang dihasilkan mengalami penurunan yang signifikan dengan semakin meningkatnya ER yang digunakan, dimana gas CH<sub>4</sub> tertinggi dengan menggunakan ER 0,3 diperoleh sebesar 1,54% dan paling rendah dengan menggunakan ER 0,5 diperoleh sebesar 1,20%.



Gambar 5. Kandungan gas mudah terbakar variasi ER dengan A.R<sub>Pir-Oks</sub> = 80%

Sedangkan tren grafik kandungan gas CO dan H<sub>2</sub> hampir sama, namun kandungan gas CO yang dihasilkan lebih besar dari pada kandungan gas H<sub>2</sub>. Dimana kandungan gas CO tertinggi menggunakan ER 0,4 sebesar 20,50% dan gas H<sub>2</sub> tertinggi juga menggunakan ER 0,4 diperoleh sebesar 14,55%, sedangkan kandungan gas CO paling rendah menggunakan ER 0,3 sebesar 17,73% dan gas H<sub>2</sub>

paling rendah juga menggunakan ER 0,3 diperoleh sebesar 12,80%.

#### KESIMPULAN

Proses gasifikasi menggunakan pada wilayah pirolisis dan wilayah oksidasi dengan menggunakan variasi AR<sub>Pir-Oks</sub> dapat meningkatkan temperatur, dimana temperatur paling maksimal dengan menggunakan AR<sub>Pir-Oks</sub> = 80% temperatur zona *drying* sebesar 187°C, zona pirolisis sebesar 488°C, zona oksidasi sebesar 895°C dan zona reduksi sebesar 585°C. Peningkatan temperatur pada zona oksidasi dapat mempengaruhi terhadap jumlah gas yang dihasilkan, dimana dengan menggunakan AR<sub>Pir-Oks</sub> = 80% jumlah komposisi gas mudah terbakar yang dihasilkan lebih besar dari pada menggunakan 0%, 60% dan 70%. Namun untuk gas CH<sub>4</sub> terus mengalami penurunan dengan semakin meningkatnya AR<sub>Pir-Oks</sub> yang digunakan.

Variasi ER yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap komposisi gas yang dihasilkan. Dimana ER 0,5 lebih cenderung menghasilkan gas CO yang lebih besar dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan cenderung semakin menurun dengan meningkatnya AR<sub>Pir-Oks</sub> yang digunakan, ER 0,4 cenderung lebih besar menghasilkan gas H<sub>2</sub> yang lebih besar dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan juga cenderung menurun dengan meningkatnya AR<sub>Pir-Oks</sub> yang digunakan. Sedangkan ER 0,3 cenderung lebih besar menghasilkan gas H<sub>2</sub> yang lebih besar dan CH<sub>4</sub> yang dihasilkan juga cenderung semakin menurun dengan meningkatnya AR<sub>Pir-Oks</sub> yang digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Basu, P. (2010). Biomass Characteristics. In *Biomass Gasification Design Handbook* (First Edit). © 2010 Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374988-8.00002-7>
- Bui, T., Loof, R., & Bhattacharya, S. C. (1994). *Multi-stage reactor for thermal gasification of wood*. *Energy*, 19(4), 397–404. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(94\)90118-X](https://doi.org/10.1016/0360-5442(94)90118-X)
- Gafur, A. (2017). *Studi Eksperimental Gasifikasi Pelepah Kelapa Sawit untuk Meningkatkan Performansi Reaktor Downdraft dengan Masukan Udara Bertingkat*.
- Khonde, R., & Chaurasia, A. (2016). *Rice husk gasification in a two-stage fixed-bed gasifier: Production of hydrogen rich syngas and kinetics*.

- International Journal of Hydrogen Energy*, 41(21), 8793–8802.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.03.138>
- Li, Z., & Xue, Z. (2015). *Reviewe of Biomass Energy utilization technology*. *Ic3me*, 1147–1150.  
<https://doi.org/10.2991/ic3me-15.2015.222>
- Molino, A., Chianese, S., & Musmarra, D. (2016). *Biomass gasification technology: The state of the art overview*. *Journal of Energy Chemistry*, 25(1), 10–25.  
<https://doi.org/10.1016/j.jechem.2015.11.005>
- Nhuchhen, D. R., & Salam, P. A. (2012). Experimental study on two-stage air supply downdraft gasifier and dual fuel engine system. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 2(2), 159–168.  
<https://doi.org/10.1007/s13399-012-0041-7>
- Rhofita, E. I. (2020). *The Characterization of Rice Straw Briquette as an Alternative Fuel in Indonesia*. 304–309.  
<https://doi.org/10.5220/0008908203040309>
- Šulc, J., Štojdl, J., Richter, M., Popelka, J., Svoboda, K., Smetana, J., Vacek, J., Skoblja, S., & Buryan, P. (2012). *Biomass waste gasification - Can be the two stage process suitable for tar reduction and power generation? Waste Management*, 32(4), 692–700.  
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.08.015>
- Surjosatyo, A., Vidian, F., Nugroho, Y. S., Indonesia, U., & Sriwijaya, U. (2010). *a Review on Gasifier Modification for Tar Reduction in Biomass Gasification*. 31, 62–77.
- Wang, Y., Wu, K., & Sun, Y. (2018). Effects of raw material particle size on the briquetting process of rice straw. *Journal of the Energy Institute*, 91(1), 153–162.  
<https://doi.org/10.1016/j.joei.2016.09.002>