

## PENGARUH VARIASI LAJU ALIR UDARA DAN FILTER TERHADAP PROSES GASIFIKASI DENGAN SISTEM *DOWNDRAFT*

### *EFFECT OF AIR FLOW AND FILTER VARIATION ON COAL GASIFICATION PROCESS WITH THE DOWNDRAFT SYSTEM*

Aida Syarif<sup>\*1)</sup>, Arizal Aswan<sup>1)</sup>, Irawan Rusnadi<sup>1)</sup>, Azhar Athif Fadhulullah<sup>\*1)</sup>, Nur Azizah<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp: 0711-353414 Fax: 0711-453211

\*E-mail : [Aida\\_syarif@yahoo.co.id](mailto:Aida_syarif@yahoo.co.id), [Athifqn@gmail.com](mailto:Athifqn@gmail.com)

#### ABSTRACT

*Coal gasification is the process of converting solid into a gas mixture that has fuel value. Coal gasification will produce gas in the form of synthetic gas (syngas) with the main components consisting of carbon monoxide (CO), hydrogen (H<sub>2</sub>), and (CH<sub>4</sub>) gas. By converting coal using gasification as a clean energy producer, a blower as a regulator of air flow, cyclones as a tar separator and a gas cooler. The results of this study are the rate of fuel use, the rate of burning ash, the specific gestation rate, the specific gas production rate, the syngas flow rate, the flash point calorific value, and the efficiency of the classification process. The decrease in the combustion air flow rate will tend to make the combustion temperature and the calorific value become smaller so that the efficiency will also decrease. The best efficiency occurs at the largest airflow rate of 3.15 m/s with an efficiency of 84.62%. The increase in the mass of the husk that is filtered will cause an increase in the composition of CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub>, as well as a decrease in CO<sub>2</sub> and CO. By filtering the mass of rice husks, the LHV value will increase.*

*Key Word : Gasifikasi, Downdraft, Coal, laju Alir Udara, Syngas , LHV, Filter*

#### 1. PENDAHULUAN

Outlook Energy Indonesia (2019) kapasitas pembangkit tenaga listrik sampai dengan tahun 2018 mencapai 64,5 GW atau naik sebesar 3% dibandingkan kapasitas tahun 2017. Kapasitas terpasang pembangkit listrik tahun 2018 sebagian besar berasal dari pembangkit energi fosil khususnya batubara (50%), diikuti gas bumi (29%), BBM (7%) dan energi terbarukan (14%). Hal ini dikarenakan jumlah dari produksi batubara yang masih berlimpah.

Menurut Sianipar, dkk. (2019) dibalik banyaknya alasan pemilihan yang dimiliki batubara, masih banyak kekurangan – kekurangan pada PLTU menggunakan batubara. Salah satunya ialah adanya ash, slagging, ataupun tar yang dapat mengganggu dinding boiler dan menurunkan efisiensi penghantar panas boiler, dan tersumbatnya pipa akibat adanya partikel. Bahkan batubara juga banyak mengandung polutan yang berbahaya bagi lingkungan. Batubara melepaskan gas (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> dan Hg) penyebab pemanasan global dan polusi. Oleh karena itu, pemanfaatan batubara bersih dan efisien masih tetap menjadi tantangan yang perlu diupayakan secara ekstensif dalam rangka memperpanjang umur ketersediaannya. Selain meminimalkan beban lingkungan global, Salah satu cara untuk meningkatkan pemanfaatan batubara bersih adalah dengan proses gasifikasi batubara.

#### Gasifikasi Downdraft

Semakin berkembangnya teknologi gasifikasi membuat proses penelitian dan pengembangan *gasifier*

terus dilakukan. Pengembangan dilakukan dengan berbagai pertimbangan diantaranya mengurangi kandungan tar dan sulfur pada hasil *syngas*. *Gasifier downdraft* adalah reaktor dengan arah aliran udara dan bahan baku sama-sama menuju bawah. Syngas mengalir ke bawah dan *gasifier*. Putri (2009) menyatakan bahwa alasan pemilihan *gasifier* jenis downdraft dikarenakan 4 hal yaitu :

1. Biaya pembuatan yang lebih murah,
2. Gas yang dihasilkan lebih panas dibandingkan sistem updraft
3. Lebih mudah dilanjutkan ke proses pembakaran
4. *Tar* yang lebih rendah dibandingkan *updraft*.

#### Filter Sekam Padi

Sekam padi merupakan salah satu limbah dari proses penggilingan beras yang tidak memiliki nilai ekonomis. Dengan ilmu pengetahuan sekam padi dapat dijadikan filter. Menurut Kumar, dkk. (2010) komponen terbesar penyusun sekam padi adalah selulosa (32,12%), hemiselulosa (22,48%), lignin (22,34%), dan zat lain penyusun sekam padi. Selulosa dan hemiselulosa merupakan senyawa yang bernilai ekonomis jika dikonversi. Dengan melihat dari bentuk sekam padi yang memiliki serat serat sekam padi yang dapat dimanfaatkan sebagai filter dan menjadi salah satu alat pembersih gas hasil gasifikasi.

#### Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Gasifikasi

ISSN: 1693-9050

E-ISSN: 2623-1417

<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>

Gasifier Batubara sebagai penghasil *syngas* dapat ditinjau dari beberapa parameter salah satunya ialah laju alir udara pembakaran. Karena baik atau buruknya suatu proses pembakaran seperti pirolisis dan gasifikasi di dalam *gasifier* dipengaruhi juga oleh udara yang harus di *supply*, akhirnya nanti akan berpengaruh dengan *syngas* yang dihasilkan. Sehingga tinjauan laju alir udara yang dibutuhkan sebagai salah satu unsur dalam proses gasifikasi sekaligus membantu laju alir gas hasil pembakaran memerlukan ratio yang tepat. Maka yang menjadi permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh laju alir udara dalam menghasilkan *syngas* yang maksimal dan pengaruhnya terhadap kondisi operasi

### Perhitungan Gasifikasi

Dalam meninjau jenis batubara terhadap hasil *syngas*, terdapat beberapa parameter yang perlu dipertimbangkan untuk menentukan hasil *syngas* seperti berikut :

#### Fuel Consumption Rate (FCR)

Jumlah dari bahan baku yang digunakan dalam pengoperasian di reaktor dibagi dengan waktu operasi. Dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$FCR = \frac{\text{massa bahan bakar (Kg)}}{\text{waktu operasi (Jam)}} \dots\dots\dots (\text{Lubwama, 2010})$$

#### AFR Stoikiometri

Untuk menghitung AFR Stoikiometri dalam 1 kali operasi dengan nilai komposisi *ultimate* batubara dapat menggunakan persamaan berikut ini

$$AFRs = \frac{1}{0,23} \left( \frac{8}{3} C + 8H_2 + S - O_2 \right) \dots\dots (\text{Sharma dan Mohan, 1984})$$

#### AFR aktual

Untuk menghitung AFR dalam 1 kali operasi dengan waktu tertentu dapat menggunakan persamaan berikut ini

$$AFR = \frac{\rho_{\text{udara}} \left( \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \times A_{\text{pipa}} (\text{m}^2) \times v_{\text{udara}} (\text{m/s})}{\text{Massa}_{\text{bahan bakar}} (\text{Kg}) / \text{waktu} (\text{s})} \dots\dots\dots (\text{Suhendi, 2016})$$

#### Laju Aliran Syngas

$$V_{\text{syngas}} = A_{\text{pipa output}} \times V_{\text{syngas}} \dots (\text{Arizandy, 2014})$$

keterangan :

$$V_{\text{syngas}} = \text{Laju alir syngas dalam volume (m}^3/\text{s)}$$

$$A_{\text{pipa output}} = \text{Luas pipa output syngas (m}^2\text{)}$$

$$V_{\text{syngas}} = \text{Laju alir syngas (m/s)}$$

#### Gas Heating Value

Kandungan energi mengacu pada nilai kalor dan itu mempengaruhi output energi gasifier. Dalam penelitian ini LHV digunakan dalam analisis dan dihitung dari:

$$\text{LHV}_{\text{gas}} = 10,768 [\text{H}_2] + 12,696 [\text{CO}] + 35,866 [\text{CH}_4] + 83.800 [\text{CnHm}] \dots\dots\dots (\text{Lubwama, 2010})$$

Dalam hal ini untuk mendapatkan LHV didasarkan pada kondisi normal untuk masing-masing gas produser. Persen volumetrik dari hidrogen, karbon monoksida, metana dan setiap hidrokarbon lain yang diketahui dari hasil kromatografi gas.

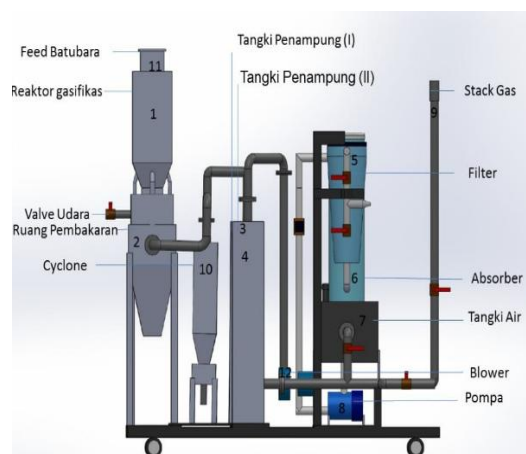
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Dalam penelitian analisis kinerja gasifikasi *downdraft* batubara peringkat rendah tinjauan variasi laju alir udara dan variasi pada filter terhadap proses dan produk dari gasifikasi Variable tetap pada penelitian ini adalah batubara sub-bituminus 5108 Kcal/kg s dengan ukuran batubara 7-8 cm.

### 2.2 Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Politeknik Sriwijaya dari tanggal 06 Juli-10 Agustus 2020., permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah pengaruh bukaan valve laju alir udara sebesar 100%, 75%, dan 50% serta variasi massa filter 200 gr, 400 gr, dan 600 gr terhadap komposisi *syngas*, LHV, serta Efisiensi Gasifikasi. Dalam penelitian ini dilakukan analisa awal untuk mengetahui komposisi kandungan proximate dan Ultimate. Analisa proximate menggunakan analisa ASTM D 3173-03 *For moisture*, ASTM 3175-07 *for Volatile matter*, ASTM 3175-02 *For ash, for fix carbon*. Analisa Ultimate menggunakan pihak PT. Geoservices Palembang dengan metode yang digunakan ASTM-D4239 metode A-2017 untuk total sulfur, ASTM-D5373-2016 untuk *Instrument Ultimate*, ASTM-D3176-2015 untuk *Oxygen by difference*. Untuk mengetahui nilai komposisi *syngas* menggunakan alat GC-MS (ASTM D-2163) dari Pertamina RU III Plaju -Palembang



Gambar 1. Desain rancang Bangun Reaktor Gasifikasi

#### Prosedur Alat

Dalam tahap ini dilakukan proses heating up awal dimana bahan bakar mengalami proses awal pembakaran untuk mentransmisikan panas ke proses

selanjutnya sehingga didapat proses pembakaran yang berkelanjutan hingga dihasilkan *syngas* hasil dari gasifikasi. Berdasarkan Suhendi (2016).

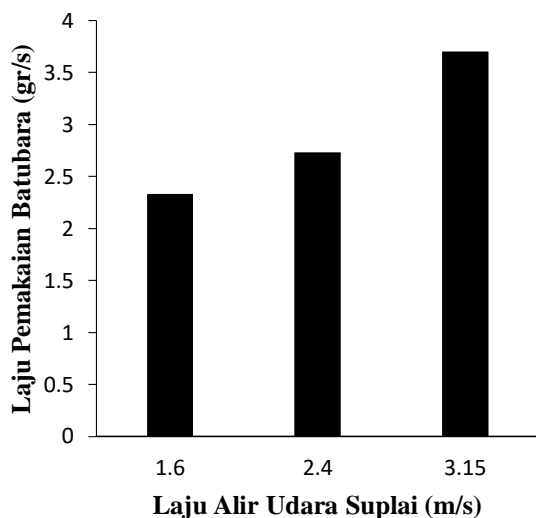
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data aktual yang di ambil dan data hasil perhitungan yang didapat, maka dapat di analisa dan dikaji terkait pengaruh lajur alir udara terhadap beberapa parameter di proses gasifikasi kali ini. Selain didapat data-data tersebut, didapat juga komposisi batubara sebagai bahan bakar dengan melakukan analisa ultimate di lab Geoservice Palembang dan juga menganalisa komposisi *syngas* berupa H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> yang dilakukan, dengan menggunakan alat GC-MS (ASTM D-2163) dari Pertamina RU III Plaju -Palembang. Sampel gas hasil gasifikasi tersebut diambil pada saat *syngas* yang dibakar menghasilkan api yang konstan.

Berikut adalah pembahasan dari hasil analisa perbandingan laju alir udara pembakaran dengan beberapa parameternya.

#### 3.1 Pengaruh laju alir udara terhadap laju pemakaian bahan bakar

Laju alir udara pembakaran sangat berpengaruh dengan laju pemakaian batubara atau dengan kata lain laju alir udara berpengaruh terhadap lama atau tidaknya suatu proses gasifikasi berlangsung di dalam reaktor, hal ini dapat terjadi karena proses pembakaran dipengaruhi oleh segitiga api dan salah satunya adalah oksigen, dan dalam hal ini oksigen di suplai dari udara yang disuplai dengan blower, karena bila oksigen terbatas itu dapat memutus rantai api sehingga pembakaran menjadi lambat (Chuvieco dkk., 2003).



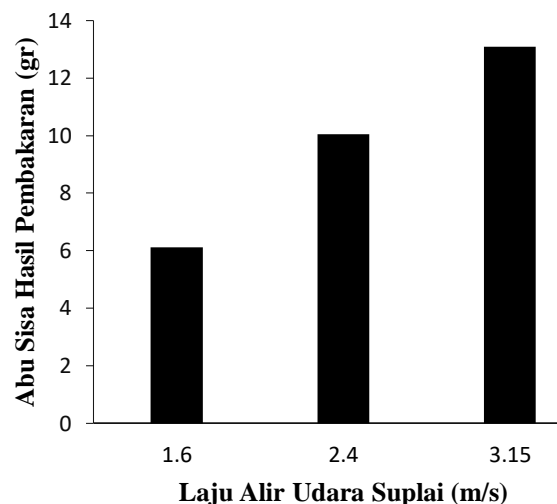
Gambar 2. Laju pemakaian bahan bakar di setiap variabel laju alir udara

Melalui Gambar 2 terbukti saat menjalankan tiga kali percobaan dengan tiga variasi laju alir udara pembakaran dengan cara mengatur bukaan valve udara suplai, dan hasilnya dapat di lihat pada Gambar 2 yang jelas menunjukkan bahwa semakin besar nilai laju alir

udara pembakaran maka akan semakin cepat laju pemakaian batubara saat proses gasifikasi berlangsung, seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arizandy (2014) hal ini dikarenakan proses pembakaran batubara semakin cepat seiring meningkatnya volume laju alir udara yang di suplai.

#### 3.2 Pengaruh laju alir udara terhadap abu sisa pembakaran

Dari laju pemakaian bahan bakar didapati berapa banyak batubara yang direaksi tiap jam nya, namun dari batubara suplai sebagai bahan baku tersebut tidaklah 100% tereaksi, karena di dalam komposisi batubara pun terdapat persen abu atau *ash*, dan banyaknya abu yang terbentuk tiap waktunya berbeda-beda karena menurut jurnal *Fine ash formation during combustion of pulverised coal* pada halaman 186 dikatakan bahwa abu sisa pembakaran batubara dipengaruhi oleh suhu pembakaran tersebut, dan semakin rendah suhu maka semakin besar abu sisa proses pembakarannya.



Gambar 3. Abu yang terbentuk di setiap variabel laju alir udara

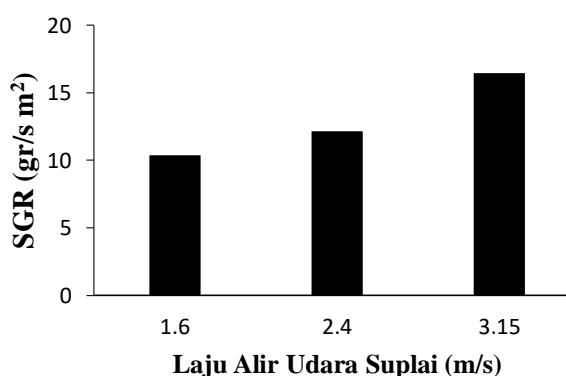
Melalui Gambar 3 dapat jelas dilihat bahwa hubungan laju alir udara pembakaran berlawanan dengan laju abu sisa pembakaran yang terbentuk, karena sesuai teori yang di sebutkan suhu pembakaran mempengaruhi terbentuknya sebuah abu sisa pembakaran dan dalam hal ini laju alir udara mempengaruhi temperatur pembakaran (Buhre, 2006), sehingga semakin besar laju alir udara suplai akan membuat temperatur reaksi meningkat dan abu yang terbentuk akan semakin sedikit karena proses reaksi semakin mendekati pembakaran sempurna.

#### 3.3 Pengaruh laju alir udara terhadap SGR dan SPGR

Dalam penelitian inipun menganalisa bagaimana proses dari gasifikasi tersebut berlangsung, dan bagaimana kecepatan dari proses gasifikasi tersebut

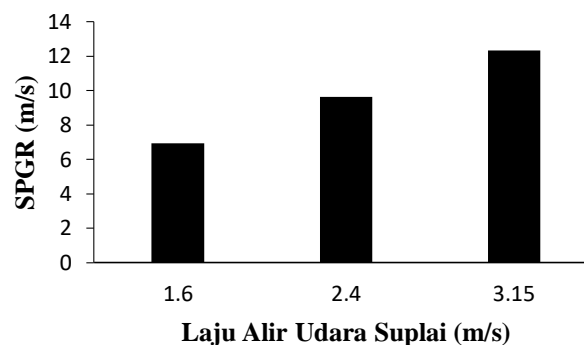
dalam satuan waktu, dan dalam hal ini disebut dengan SGR dan SPGR.

SGR atau *Specific Gasification Rate* merupakan jumlah bahan bakar yang tergasifikasi tiap satuan waktunya melalui sebuah *throat* dengan luas penampang tertentu (Kurniawan, 2012). SGR sering juga disebut dengan nama *heart load* dengan terminologi jumlah bahan bakar yang tergasifikasi. Tentunya dalam hal ini nilai SGR berhubungan dengan besar kecilnya laju alir udara suplai pembakaran, karena laju alir udara mempengaruhi jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan setiap satuan waktu.



Gambar 4. Specific Gasification Rate di setiap variabel laju alir udara

Pada Gambar 4 menunjukkan dengan meningkatnya jumlah aliran udara pembakaran akan meningkatkan temperatur didalam reaktor yang dibutuhkan untuk proses gasifikasi. Selain itu dengan meningkatnya laju alir udara didalam reaktor maka suplai oksigen untuk pembakaran juga akan meningkat sehingga semakin banyak bahan bakar yang tergasifikasi menjadi CO<sub>2</sub> dan semakin banyak bahan bakar yang teruapkan menjadi H<sub>2</sub>O sehingga akan semakin banyak gas CO dan H<sub>2</sub> yang terbentuk sehingga gas CH<sub>4</sub> juga akan semakin banyak. Dan hal ini sesuai dengan hasil percobaan yang dapat dilihat pada Gambar 4 dengan meningkatnya laju alir udara, semakin meningkat pula SGR yang menandakan semakin banyak bahan bakar yang tergasifikasi (Kurniawan, 2012). Selain meningkatkan SGR, peningkatan laju alir udara juga berpengaruh meningkatkan nilai SPGR atau *Specific Production Gas Rate*. SPGR merupakan kecepatan produksi *syngas* per luas melintang reaktor.

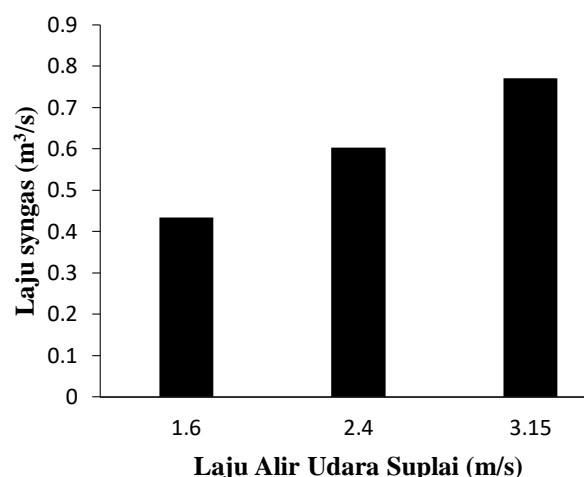


Gambar 5. Specific Production Gas Rate di setiap variabel laju alir udara

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa akibat peningkatan jumlah alir udara pembakaran maka jumlah bahan bakar yang tergasifikasi juga akan meningkat sehingga jumlah *syngas* yang terbentuk juga akan semakin cepat.

### 3.4 Pengaruh laju alir udara terhadap laju aliran *syngas*

Laju alir udara bukan hanya mempengaruhi proses yang terjadi langsung pada bahan baku gasifikasi, namun juga mempengaruhi produk dari proses gasifikasi itu sendiri, salah satunya adalah mempengaruhi laju aliran *syngas*. Berdasarkan penelitian bahwa semakin besar laju alir udara, maka laju alir *syngas* yang dihasilkan akan semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Trifiananto (2013). Dan hasil pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 6



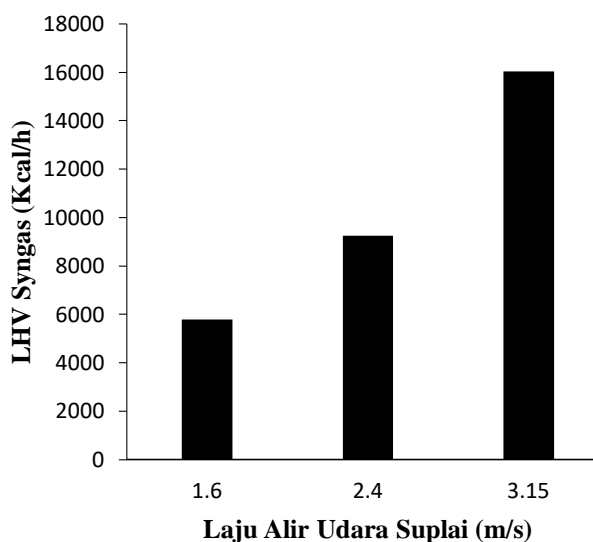
Gambar 6. Laju aliran syngas di setiap variabel laju alir udara

Pada Gambar 6 dapat dilihat semakin besarnya laju syngas yang dihasilkan dikarenakan dengan semakin besarnya laju alir udara, maka suplai oksigen untuk pembakaran didaerah oksidasi juga akan semakin meningkat sehingga semakin banyak CO<sub>2</sub> dan arang

karbon yang terbentuk. Hal ini didukung juga oleh penelitian sebelumnya oleh Arizandy (2014), dengan semakin banyaknya CO<sub>2</sub> yang terbentuk dan semakin banyak H<sub>2</sub>O yang teruapkan dari bahan bakar, maka akan semakin banyak gas CO dan H<sub>2</sub> yang terbentuk. Akibat dari banyaknya gas CO dan H<sub>2</sub> yang terbentuk maka akan semakin banyak karbon dan hidrogen yang bereaksi membentuk gas methane (CH<sub>4</sub>). Berdasarkan hasil penelitian untuk laju alir udara suplai 3,15 m/s, 2,4 m/s, 1,6 m/s akan menghasilkan *syngas* sebesar 0,7713 m<sup>3</sup>/s, 0,6026 m<sup>3</sup>/s, 0,4338 m<sup>3</sup>/s. Nilai laju alir *syngas* ini didapat dari luas pipa output dikalikan kecepatan *syngas* output yang diukur dengan anemometer.

### 3.5 Pengaruh laju alir udara terhadap heating value *syngas*

Nilai kalor merupakan jumlah kalor yang dapat dilepaskan oleh sejumlah bahan bakar dalam reaksi pembakaran. Pengaruh penambahan laju alir udara pembakaran menyebabkan suplai oksigen pada reaksi pembakaran meningkat yang mempengaruhi LHV *syngas* hasil.



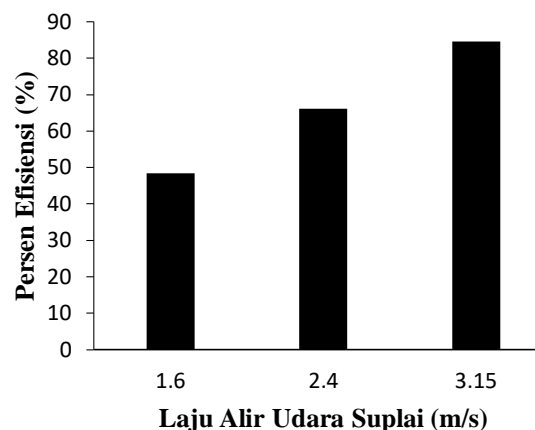
Gambar 7. Heating value *syngas* di setiap variabel laju alir udara

Dari Gambar 7 diatas dapat dilihat bahwa dari rentang udara 3,1 m/s hingga 1,5 m/s *heating value* atau nilai kalor yang paling tinggi terletak pada kecepatan alir udara suplai yang tertinggi pula yaitu pada 3,1 m/s. Nilai kalor *syngas* yang tinggi sangat diharapkan dari proses gasifikasi, karena nilai kalor yang tinggi akan sangat berpengaruh dalam meningkatkan efisiensi gasifikasi. Selain itu, dengan nilai kalor *syngas* yang tinggi, *syngas* tersebut akan lebih mudah terbakar dan akan lebih mudah untuk dimanfaatkan menjadi bahan bakar. Namun terkait hubungan laju alir udara dan nilai kalor ini tidaklah hubungan garis lurus yang mana artinya ada saat dimana ketika suplai udara terlalu banyak atau berlebih

maka nilai kalor akan menurun, seperti penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arizandy (2014) karena proses reaksi pembakaran sudah memasuki tahap pembakaran sempurna dan tidak tercipta gas mampu bakar atau *syngas*.

### 3.6 Pengaruh laju alir udara terhadap efisiensi gasifikasi

Efisiensi gasifikasi merupakan perbandingan antara panas *syngas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi dan kandungan panas dari bahan bakar bila terbakar sempurna.



Gambar 8. Efisiensi Gasifikasi di setiap variabel laju alir udara

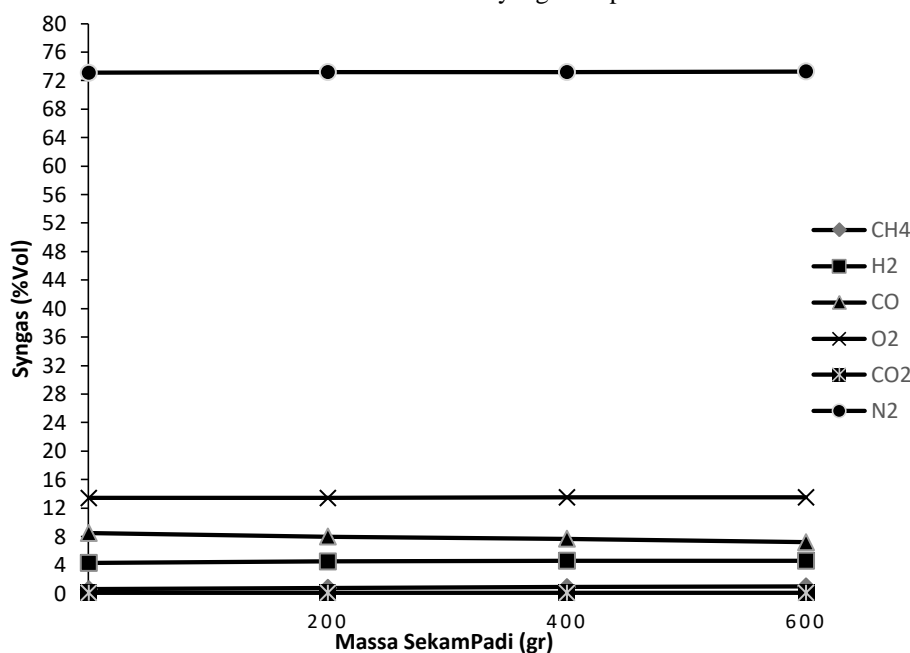
Dari Gambar 8 dapat dianalisa bahwa efisiensi mengikuti laju alir udara pembakaran yang disuplai, yang mana laju alir udara mempengaruhi suhu gasifikasi dan hal itu pun akan mempengaruhi nilai kalor yang dihasilkan, sehingga besar atau tidaknya efisiensi sangat bergantung kepada besarnya laju alir yang di suplai. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang mana menurut Ju dan Lee (2017) menyatakan bahwa LHV atau nilai kalor dapat mengindikasikan seberapa banyak energi dari batubara yang dikonversikan menjadi energi yang mudah terbakar dalam bentuk *syngas* selama proses gasifikasi. Efisiensi paling tinggi pada penelitian kali ini didapat pada laju alir udara 3,15 m/s dengan nilai efisiensi 84,62% dan efisiensi paling rendah didapat pada laju alir udara 1,6 m/s dengan nilai efisiensi 48,34%.

### 3.6 Analisa Pengaruh Massa Filter Sekam Padi Terhadap Kualitas Syngas dihasilkan

Filter akan dapat mempengaruhi kualitas *syngas* yang dihasilkan. *Syngas* yang dihasilkan cenderung kotor karena komposisi batubara serta proses penggasifikasi itu sendiri. Bahan bakar yang dihasilkan pada proses gasifikasi yaitu *syngas* yang masih mengandung partikel pengotor sehingga diperlukan adanya pembersihan gas dari partikel pengotor dan pencemar lainnya untuk meningkatkan kualitas *syngas*. Menurut Kumar, dkk., (2010) komponen terbesar

penyusun sekam padi adalah selulosa (32,12%), hemiselulosa (22,48%), lignin (22,34%), dan zat lain penyusun sekam padi. Sekam padi tersusun dari jaringan serat – serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut – serabut keras

Dari serat sekam padi inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai filter dan menjadi salah satu alat pembersih gas hasil gasifikasi sebagai metode pemurnian yang murah. Komposisi syngas terhadap massa sekam padi difilter yang terdapat dari Gambar 9.



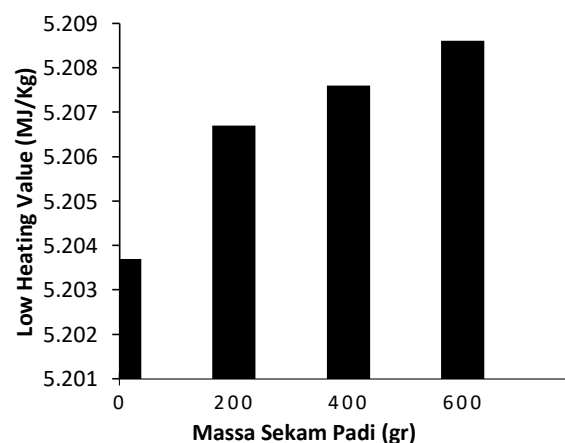
Gambar 9. Perbandingan Massa Filter Terhadap Syngas yang dihasilkan

Dari Gambar 9 perbandingan massa filter terhadap syngas yang dihasilkan dapat dilihat jika komposisi syngas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{H}_2$  mengalami peningkatan sedangkan komposisi syngas  $\text{CO}$  mengalami penurunan karena filter sekam padi membersihkan gas dari kandungan tar, dan zat pengotor lainnya. Menurut Kusumawati (2015) proses peningkatan kadar gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{H}_2$  dapat dilakukan dengan melewati ke dalam filter dan terjadinya proses adsorpsi. Pengaruh terbesar dari biomassa sebagai media filter adalah kemampuan adsorpsi permukaan (Dafiqurrohman, dkk., 2020). Dalam adsorpsi gas, jumlah molekul yang teradsorpsi pada permukaan padatan bergantung pada kondisi dalam fasa gas. Hal ini disebabkan karena semakin banyak massa biomassa difilter maka meningkatnya persen gas  $\text{CH}_4$  dan  $\text{H}_2$ , serta gas yang terserap  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CO}$  menjadi berkurangnya persen volumenya karena merupakan gas yang jauh lebih berat dari gas lain yang ada pada syngas, sehingga akan tertahan di filter (Zurohaina, dkk., 2016). Penelitian terdahulu memperkuat bahwa semakin bertambahnya massa biomassa difilter maka akan menyebabkan terjadi peningkatan komposisi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{H}_2$ , serta menurun  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CO}$ .

### 3.7 Pengaruh Jumlah Massa Filter Terhadap Nilai LHV Gas

Low Heating Value (LHV) merupakan panas yang dihasilkan tanpa adanya panas penguapan *moisture* dan indikator penting dalam bahan bakar termasuk syngas. LHV menunjukkan banyak nilai kalor yang mampu

dihasilkan bahan bakar dan pembersihan gas. Dapat dilihat dari Gambar 10 pengaruh jumlah massa filter terhadap nilai LHV Gas.



Gambar 10. Perbandingan Jumlah Massa Filter Terhadap Nilai LHV Gas

Dari Gambar 10 Perbandingan Jumlah Massa Filter Terhadap Nilai LHV Gas dapat dilihat bahwa massa sekam padi di filter dapat mempengaruhi LHV. Nilai LHV massa tanpa sekam padi sebesar 5,3017 MJ/kg mengalami kenaikan nilai LHV pada massa sekam padi 200 gr menjadi 5,1734 MJ/kg. Pada massa sekam padi 400gr mengalami kenaikan nilai LHV sebesar 5,2971 MJ/kg jika dibandingkan tanpa menggunakan sekam padi. Untuk filtrasi sekam padi

dengan nilai LHV massa sekam padi 600gr mengalami kenaikan sebesar 5,2988 MJ/kg jika dibandingkan dengan nilai LHV tanpa menggunakan sekam padi. Nilai LHV syngas mengalami kenaikan linear setiap penambahan massa sekam padi pada proses filtrasi, hal ini dikarenakan nilai LHV secara teoritis di pengaruhi oleh komposisi syngas yang dihasilkan (Belonio, 2005). Seiring bertambahnya massa sekam padi difilter maka nilai LHV akan mengalami peningkatan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Ariyanto (2017) menjelaskan filter digunakan untuk membersihkan produk gas dari debu halus dan tar, kemudian produk gas masuk ke filter yang akan dilewatkan pada media filter sehingga dapat menghilangkan kandungan tar dan debu halus.

Menurut Widhiyanuriyawan (2013) nilai kalor akan meningkat seiring penurunan zat pengotor CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, tar, abu, serta meningkatnya kandungan gas CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, dan O<sub>2</sub>. Menurut Yolanda (2015) salah satu mempengaruhi nilai LHV yaitu banyaknya komposisi gas yang dapat terbakar. Penelitian terdahulu memperkuat bahwa massa sekam padi mempengaruhi nilai LHV yang dihasilkan.

### 3.8 Perbandingan hasil dengan penelitian sebelumnya

Produksi Syngas dari proses gasifikasi ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan juga perbandingan dengan penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Perbandingan proses gasifikasi dengan penelitian terdahulu

Bahan Baku	V <sub>Udara Input</sub>	V <sub>Syngas</sub>	Heating Value Syngas	Efisiensi	Massa Filter	Pengaruh Filter	Referensi
Tempurung Kelapa	136,8 lpm	129,9 lpm	5,57 MJ/m <sup>3</sup>	72,5%	-	-	Arizandi, 2014
Jerami	2,6 m/s	-	0 – 3,58 MJ/m <sup>3</sup>	-	0, 100, 200, 300, 400	CH <sub>4</sub> dan H <sub>2</sub> meningkat, LHV meningkat, CO dan CO <sub>2</sub> menurun	Zurohaina, 2016
Batubara	3,15 m/s	0,77 m <sup>3</sup> /s	0,019 MJ/s	84,6%	0, 200, 400, 600	CH <sub>4</sub> dan H <sub>2</sub> Meningkat, LHV meningkat, CO <sub>2</sub> menurun	Penelitian Sekarang

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Arizandi, 2014 yang memakai tempurung kelapa sebagai bahan baku dengan laju alir udara *supply* reaktor 136 lpm, menghasilkan laju alir *syngas* 129,9 lpm dan *heating value* sebesar 5,57 MJ/m<sup>3</sup> dengan efisiensi yang didapat sebesar 72,5%.

Penelitian selanjutnya yang dilakukan Zurohaina, 2016 hanya berfokus pada pengaruh filter pada pemurnian *syngas*, penelitian ini menggunakan jerami sebagai bahan baku filter dan menggunakan variasi massa filter mulai dari 0 gr, 100 gr, 200 gr, 300 gr, hingga 400 gr, dengan laju alir udara *supply* sebesar 2,6 m/s menghasilkan *heating value* terendah 0 MJ/m<sup>3</sup> dan tertinggi sebesar 3,58 MJ/m<sup>3</sup>, didapati juga pengaruh filter ialah meningkatkan kadar CH<sub>4</sub>, dan H<sub>2</sub>, meningkatkan nilai LHV *Syngas*, serta menurunkan kadar CO dan CO<sub>2</sub>.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa penelitian kali ini mendapatkan efisiensi lebih besar dan pengaruh filter yang lebih baik dari pada penelitian sebelumnya, hal ini di karenakan laju alir dan massa filter pada penelitian kali ini lebih dimaksimalkan dengan cara menentukan terlebih dahulu batas maksimal laju alir udara *supply* sebesar 3,15 m/s dan massa filter sebesar

600 gr. Sehingga didapatkan *heating value* sebesar 0,019 MJ/s dengan efisiensi 84,6% dan komponen pengotor seperti CO<sub>2</sub> menurun tanpa menghilangkan komposisi gas mampu bakar atau *syngas* seperti CO dan CH<sub>4</sub>.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada penelitian kali ini, penurunan laju alir udara pembakaran akan cenderung membuat suhu pembakaran lebih kecil yang akan membuat nilai kalor pun lebih kecil sehingga efisiensi juga akan menurun. Efisiensi terbaik terjadi pada laju alir udara terbesar yaitu 3,15 m/s dengan efisiensi 84,62%.
2. Laju alir udara yang digunakan 3,15 m/s, 2,4 m/s, 1,6 m/s, dan laju alir udara pembakaran berbanding lurus terhadap laju pemakaian batubara, SGR dan SGPR, laju aliran *syngas*, *heating value syngas*, efisiensi dari gasifikasi, namun berbanding terbalik dengan laju abu sisa pembakaran.

3. Penelitian kali ini mendapatkan nilai *Air Fuel Ratio* teoritis bahan bakar batubara tipe 5108 sebesar 8,3051 Kg udara/Kg batubara.
4. Komposisi *syngas* mengalami peningkatan CH<sub>4</sub> dan H<sub>2</sub> sedangkan *syngas* yang terkandung CO mengalami penurunan karena filter sekam padi membersihkan gas dari kandungan tar, dan zat pengotor lainnya.
5. LHV pada *syngas* merupakan nilai panas bersih yang dihasilkan oleh *syngas*. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya komposisi *syngas* maka lebih banyak juga kandungan energi yang dihasilkan sehingga nilai panas yang diperoleh akan meningkat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D 3173-03, 2008, *Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke*, Annual Books of ASTM Standard, USA
- Ariyanto, Putut. 2017. *Pengaruh Cleanup Gasifier Terhadap Produk Gas Hasil Gasifikasi Menggunakan Media Geram Besi, Zeolit Dan Serbuk Gergaji*. Laporan Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Arizandy, R. L. P., 2014. *Prototype Gasifikasi Biomassa (Tempurung Kelapa) Sistem Updraft Single Gas Outlet (Pengaruh Laju Alir Udara Terhadap Produk Syngas)*. Laporan Akhir, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Swijaya, Palembang
- Belonio, T. Alexis., 2005, "Rice Husk Gas Stove Handbook", College of Agriculture Central Philippine University, Iloilo City.
- Buhre, B.J.P. dan Hinkley, James dan Gupta, Rajender dan Nelson, Peter dan Wall, T.. (2006). Fine ash formation during combustion of pulverised coal-coal property impacts. *Fuel*. 85. 185-193. 10.1016/j.fuel.2005.04.031.
- Chuvienco, E., Riaño, D., Van Wagtdok, J., dan Morsdof, F. (2003). *Fuel Loads and Fuel Type Mapping*. 119–142.
- Dafiqurrohman, H., Setyawan, M.I.B., dan Yoshikawa, K. 2020. *Tar Reduction Using An Indirect Water Condenser and Rice Straw*. Science Direct No.100696, Mechanical Engineering, Universitas Indonesia, Depok
- ESDM. (2019). *Handbook Of Energy & Economic Statistics Of Indonesia*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- ESDM. (2011, Mei 30). *Media Center*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia
- Fianto, Yudha A. 2009. *Uji Karakteristik pada Combustion Unit dari Sistem Gasifikasi Batubara Menggunakan Fixed Bed Updraft Gasifier*. Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok
- Ju, Y., dan Lee, C. H. (2017). Evaluation of the energy efficiency of the shell coal gasification process by coal type. *Energy Conversion and Management*, 143, 123–136. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.03.082>
- Kumar, P.S., K. Ramakrishnan, S.D. Kirupha, dan S. Sivanesan. 2010. *Thermodynamic and Kinetic Studies of Cadmium Adsorption from Aqueous Solution onto Rice Husk*, Brazilian Journal of Chemical Engineering, Vol. 27, No. 02, pp. 347 – 355, hlm: 1-9
- Kurniawan, 2012. *Karakteristik Konvensional Updraft Gasifier Dengan Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet Melalui Pengujian Variasi Flow Rate Udara*. Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok
- Kusumawati, E., Nur, D. N. 2015. *Peningkatan Kualitas Biogas Melalui Proses Adsorpsi Menggunakan Zeolite Alam*. Bandung : Departemen Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.
- Lubwama, Michael. 2010. *Technical Assesment Of The Functional And Operational Performace Of A Fixed Bed Biomass Gasifier Using Agricultural Residue*. Master Of Science Thesis Energy Technology, KTH School Of Industrial Engineering And Management Division Of Heat And Power Technology, Stockholm.
- Prawedian, G. 2013. *Pengaruh Laju Aliran Udara Pembakaran Terhadap Produk Syngas*. Laporan Akhir, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang
- Putri, G., A. 2009. *Pengaruh Variasi Temperatur Gasifying Agent II Media Gasifikasi Terhadap Warna Dan Temperatur Api Pada Gasifikasi Reaktor Downdraft Dengan Bahan Baku Tongkol Jagung*. Tugas Akhir. Teknologi Industri. Teknik Mesin. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.



Suharyati, Pambudi, S.H., Wibowo, J. L., dan Pratiwi N. I. 2019. *Outlook Energi Indonesia*. ISSN 2527-3000, Sekretaris Jendral Dewan Energi Nasional

Suhendi, E. 2016. *Pengaruh Laju Alir Udara dan Waktu Proses Gasifikasi terhadap Gas Producer Limbah Tangkai Daun Tembakau Menggunakan Gasifier Tipe Downdraft*. Jurnal Bahan Alam Terbarukan. Jurusan Teknik kimia. Fakultas Teknik. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten

Sianipar, C. L., Handayani, R. H. E., dan Syariffudin. (2019). *Analysis Of The Effect Of Load Coal Quality On Slagging Potentials In Boiler Circulating Fluidized Bed ( Cfb ) In Banjarsari 2 X 135 Mw Pltu*, 3(1), 36–43.

Tim Kajian BAPPENAS. 2019. *Laporan Kajian Ketercapaian Target DMO Batubara Sebesar 60 % Produksi Nasional pada Tahun 2019*. Jakarta : Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral dan Pertambangan BAPPENAS

Trifiananto, M. (2015). *Equivalence Ratio Updraft Coal Gasification Characterization With Varying*. Program Magister Bidang Keahlian Rekayasa Konversi Energi, Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya

Widhiyanuriyawan, D., dan Hamidi, N. 2013. *Variasi Temperatur Pemanasan Zeolite Alam-NaOH untuk Pemurnian Biogas*. Jurnal Energi dan Manufaktur Vol.6, No.1, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, Malang

Yolanda, S. D., 2015. *Gasifikasi Biomassa (Serbuk Kayu Laban) Sistem Updraft Single Gas Outlet Dengan Sistem Pembersih Filter Jerami (Tinjauan Kinerja Filter Jerami Terhadap Produksi Produksi Syngas)*. Laporan Tugas Akhir, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Swijaya, Palembang

Zurohaina, Aswan, A., dan Arnoldi, D. 2016. *The Test Performance Filter Straw As Syngas Cleaner Media On The Appliance Biomass Gasification Of Updraft Single Gas Electrical System*, Journal of Research, Science, and Technology 2016, Hal.5-10 Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang