

KARAKTERISASI UNJUK KERJA MESIN 100 CC DENGAN BAHAN BAKAR SYNGAS

Rudy Sutanto^{1,*}, Pandri Pandiatmi²,

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram,
Jalan Majapahit 62 Mataram – NTB, 83125

*E-mail: r.sutanto@unram.ac.id

Diterima: 19-09-2019

Direvisi: 11-11-2019

Disetujui: 01-12-2019

ABSTRAK

Gasifikasi adalah suatu proses konversi senyawa yang mengandung karbon untuk mengubah material baik cair maupun padat menjadi bahan bakar gas mampu bakar (CO , H_2 , CO_2 , CH_4 dan H_2O) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas. Gasifikasi yang selama ini kita kenal adalah gasifikasi dengan umpan batu bara dan limbah pertanian, akan tetapi gasifikasi dengan umpan limbah peternakan belum pernah dilakukan. Pada penelitian ini bahan umpan gasifikasi menggunakan biomasa kotoran kuda dengan agen gas berupa oksigen. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh laju alir oksigen (4 variasi yakni 10, 15, 20 dan 30 lt/min) pada proses gasifikasi kotoran kuda (dihasilkan 4 bahan bakar yakni *syngas A*, *syngas B*, *syngas C* dan *syngas D*) terhadap kemampuan unjuk kerja mesin 100 cc. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah pengeringan bahan umpan, proses gasifikasi, penampungan *syngas* dan pengujian pada mesin 100 cc dengan berbagai variasi putaran (4 variasi yakni 1500, 2500, 3500 dan 4500 rpm). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah torsi dan daya efektif tertinggi didapat pada bahan bakar *syngas A* untuk berbagai putaran mesin. Pada putaran 4500 rpm didapat torsi sebesar 6,7 Nm sedangkan daya efektif sebesar 3156 Watt untuk hasil pengujian mesin yang menggunakan bahan bakar *syngas A*.

Kata kunci: gasifikasi; kotoran kuda; *syngas*; oksigen; mesin.

ABSTRACT

*Gasification is a process of converting carbon-containing compounds to convert both liquid and solid materials into fuel-capable gas (CO , H_2 , CO_2 , CH_4 , and H_2O) through the combustion process with limited air supply. Gasification that we have known so far is gasification with coal feed and agricultural waste, but gasification with livestock waste feed has never been done. In this study the gasification feed material used horse dung biomass with a gas agent in the form of oxygen. The purpose of this study was to determine the effect of oxygen flow rate (4 variations namely 10, 15, 20 and 30 lt / min) in the process of gasification of horse dung (produced 4 fuels namely *syngas A*, *syngas B*, *syngas C* and *syngas D*) on the performance capabilities of a 100 cc engine. The stages of the research carried out were drying feed material, gasification process, *syngas* storage and testing on a 100 cc engine with various variations of rotation (4 variations namely 1500, 2500, 3500 and 4500 rpm). The results obtained from this study are the highest torque and effective power obtained in *syngas A* fuel for various engine speeds. At 4500 rpm, a torque of 6.7 Nm is obtained, while an effective power of 3156 Watts is used to test engine results using *Syngas A* fuel.*

Keywords: *gasification; horse dung; syngas; oxygen; engines.*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi industri yang semakin pesat maka kebutuhan akan sumber energi yang terbarukan (*renewable energy*) menjadi pertimbangan yang sangat penting. Hal ini disebabkan semakin langkanya sumber energi minyak bumi dan semakin tingginya harga minyak mentah dunia, sehingga penelitian – penelitian inovatif terus dikembangkan untuk menemukan sumber energi yang terbarukan. Penelitian – penelitian tersebut tidak hanya untuk menemukan sumber energi baru saja, akan tetapi mampu menemukan sumber energi yang bersifat ramah lingkungan.

Salah satu energi alternatif yang sekarang sedang dikembangkan adalah energi yang berasal dari bahan – bahan organik, hal ini dikarenakan senyawa organik tersebut tergolong energi yang dapat diperbarui. Keberadaan bahan – bahan organik tersebut mudah didapat dan terjamin kontinuitasnya, selain itu yang terpenting bahan – bahan organik tersebut ramah lingkungan. Hal ini yang menjadi faktor utama keberadaan bahan – bahan organik dipertimbangkan sebagai energi masa depan dalam rangka mewujudkan teknologi hijau (*green technology*). *Syngas* merupakan salah satu produk dari teknologi hijau yang sekarang sedang dikembangkan. Hal ini dikarenakan gas yang dihasilkan dari proses dekomposisi termal dari biomassa padat melalui pemberian sejumlah panas dengan suplay oksigen terbatas untuk menghasilkan *synthesis gases* atau gas mampu bakar yang terdiri dari CO, H₂ dan CH₄ (selanjutnya disebut dengan *syngas*) sebagai produk utama dan sejumlah kecil arang karbon dan abu sebagai produk ikutan.

Gasifikasi adalah suatu proses konversi senyawa yang mengandung karbon untuk mengubah material baik cair maupun padat menjadi bahan bakar gas mampu bakar (CO, H₂ dan CH₄) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas yaitu antara 20% hingga 40% udara stoikiometri. Reaktor tempat terjadinya proses gasifikasi disebut *gasifier*. Selama proses gasifikasi akan terbentuk daerah proses yang dinamakan menurut distribusi suhu dalam reaktor *gasifier*. Daerah–daerah tersebut adalah: Pengeringan, Pirolisa, Reduksi

dan Pembakaran. Gas hasil dari proses gasifikasi disebut *producer gas* atau *syngas*.

Gasifikasi yang selama ini kita kenal adalah gasifikasi dengan umpan batubara dan limbah pertanian, akan tetapi gasifikasi dengan umpan limbah peternakan khususnya feses kotoran kuda (biomassa) belum pernah dilakukan, padahal kotoran kuda memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku gasifikasi. Pada penelitian ini dikembangkan penggunaan kotoran kuda sebagai bahan umpan pada proses gasifikasi dengan pertimbangan ukuran butiran yang halus, kandungan karbohidrat, lemak dan serat kasar yang cukup tinggi sehingga dapat meningkatkan produksi carbon yang secara tidak langsung akan meningkatkan produksi gas metana dan carbonmonoksida.

Kotoran kuda memiliki kadar karbon cukup tinggi sehingga berpotensi untuk dijadikan bahan bakar. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengolah kotoran kuda menjadi bahan bakar adalah gasifikasi. Kotoran kuda diharapkan dapat menjadi sumber bahan bakar yang potensial (*syngas*) untuk mengatasi krisis energi, namun selama ini pembuatan *syngas* melalui teknik gasifikasi dari limbah peternakan (*feses*) belum di coba dan diteliti, oleh karena itu penelitian untuk memanfaatkan kotoran ternak kuda (*feses*) sebagai bahan alternatif sumber energi baru yang terbarukan dan ramah lingkungan perlu segera dilakukan secara menyeluruh hingga penerapannya.

Kotoran kuda (*feses*) memiliki bentuk dan ukuran yang beragam serta ukuran butiran yang halus. Selain itu kotoran kuda juga memiliki kadar air tinggi. Sebagai umpan gasifikasi, jika digunakan secara langsung, maka kotoran kuda akan sulit diproses dan dapat mengganggu kinerja gasifikasi. Oleh sebab itu, pengolahan awal terhadap kotoran kuda perlu dilakukan. Pengolahan awal tersebut berupa pengurangan kadar air pada kotoran kuda (*feses*) dengan cara menjemur dibawah terik matahari selama 3 hari. Hasil pengujian *ultimate analysis* biomasa kotoran kuda setelah dilakukan pengeringan selama 3 hari ditampilkan pada tabel 1.

Tabel 1. Data komposisi senyawa kimia kotoran kuda

| No | Parameter | Komposisi |
|----|-------------------|-----------|
| 1 | Bahan kering (%) | 89.947 |
| 2 | Kadar Abu (%) | 24.13 |
| 3 | Kadar Lemak (%) | 1.283 |
| 4 | Kadar N Total | 1.23 |
| 5 | Kadar Protein (%) | 7.69 |
| 6 | Kadar P (%) | 0.68 |
| 7 | Serat kasar (%) | 11.507 |
| 8 | Kadar Ca (ppm) | 577.60 |
| 9 | Kadar Air (%) | 10.053 |

Sumber. R.Sutanto, dkk (2015)

Limbah dari tangkai daun tembakau dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi baru untuk menghasilkan *syngas* dengan cara proses gasifikasi. Konsentrasi *syngas* yang tertinggi didapatkan pada variasi $Q = 3 \text{ m}^3/\text{jam}$ pada menit ke 30 dengan konsentrasi *syngas* CH_4 sebesar 2,27 %vol, gas CO sebesar 7,17 %vol dan gas H_2 sebesar 5,79 %vol. Semakin besar laju alir udara maka konsentrasi *syngas* (CO , H_2 dan CH_4) yang dihasilkan semakin besar, hal ini ditunjukkan dengan konsentrasi *syngas* (CO , H_2 dan CH_4) yang dihasilkan pada laju alir udara $3 \text{ m}^3/\text{jam}$ lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi *syngas* pada laju alir udara $2,5 \text{ m}^3/\text{jam}$. Semakin lama waktu proses gasifikasi akan menghasilkan konsentrasi *syngas* (CO , H_2 dan CH_4) yang semakin rendah [1].

Penelitian untuk mengetahui pengaruh AFR dan kadar air terhadap kualitas produk *syngas* yang dihasilkan pada gasifikasi tipe *downdraft* serta memanfaatkan bonggol jagung sebagai bahan isian reaktor gasifikasi. Penelitian ini menggunakan blower dengan laju alir udara yang dihembuskan ke reaktor *gasifier* di atur berdasarkan beberapa variasi AFR. Enam kali pengujian dengan tiga variasi AFR dan dua variasi kadar air bahan bakar yang berbeda didapatkan hasil analisa *syngas* memiliki konsentrasi yang berbeda. Pada penelitian ini untuk AFR 1,048 dan kadar air 9 % menghasilkan kualitas *syngas* paling baik dengan konsentrasi CH_4 2,020 %vol, H_2 4,033 %vol dan CO 9,813 %vol [2].

Penggunaan variasi *air fuel ratio* (AFR) sebesar 1,08; 1,35; 1,62; 1,90 untuk

mengetahui temperatur dan warna api. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kualitas *syngas* yang baik ditunjukkan dengan api yang bewarna biru. Proses gasifikasi optimal pada suplai udara sebesar $1,0 \text{ m/s}$ yang ditunjukkan oleh cepatnya api mencapai warna biru 100 % dan temperatur api tertinggi mencapai 675°C . Semakin jauh dari nilai AFR optimal, kualitas *syngas* akan semakin menurun yang ditunjukkan oleh menurunnya temperatur api dan prosentase warna api biru. Temperatur dan warna api bisa digunakan sebagai parameter yang menunjukkan kualitas *syngas* [3].

Gasifikasi tipe *updraft* berbahan umpan kotoran kuda dengan agent gas berupa udara ditinjau dari komposisi gas yang dihasilkan *gasifier* dan unjuk kerja motor bakar berbahan bakar *syngas*. Adapaun hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar laju aliran agent gas maka kadar gas CO semakin naik dengan rata-rata kenaikan sebesar 15%, akan tetapi kenaikan gas CO diikuti dengan penurunan kadar gas metan (CH_4) yakni rata-rata penurunan sebesar 13%. Sedangkan nilai kalor terjadi kenaikan seiring dengan semakin besar laju aliran agent gas yakni rata-rata terjadi kenaikan sebesar 22,67%. Sementara itu dengan semakin meningkatnya laju aliran agen gas maka daya efektif yang dihasilkan rata-rata mengalami kenaikan sebesar 2,2%, pada putaran mesin yang sama, diikuti konsumsi bahan bakar mengalami penurunan rata-rata sebesar 21,4% [4].

Massa udara dalam kondisi biomassa kering semakin meningkat seiring naiknya *Air-Fuel Ratio* (AFR). Peningkatan nilai AFR dapat meningkatkan suplai laju alir massa udara yang masuk ke dalam reaktor gasifikasi. Efisiensi gasifikasi terhadap variasi AFR menunjukkan peningkatan seiring naiknya variasi AFR. Proses gasifikasi membutuhkan suplai udara yang cukup dalam jumlah yang terbatas. Oleh karena itu nilai AFR dapat mempengaruhi tingkat efisiensi gasifikasi PLTBm. AFR terbaik pada penelitian ini menunjukkan AFR pada nilai 0.702 dimana pada proses ini masuk dalam kategori efisiensi tertinggi sebesar 99,17% [5].

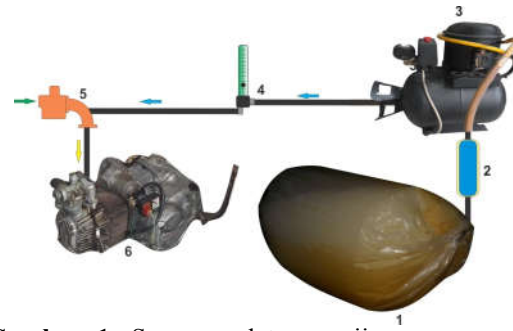
2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian terhadap potensi kotoran kuda sebagai bahan umpan pada reaktor gasifikasi dengan media gas agen berupa oksigen. Proses gasifikasi terjadi didalam reaktor gasifikasi dan pada penelitian menggunakan 4 variasi laju aliran gas agen 10, 15 20 dan 30 lt/min sehingga selanjutnya diperoleh 4 bahan bakar yakni *syngas A*, *syngas B*, *syngas C* dan *syngas D*. Kemudian dari keempat bahan bakar (*syngas*) tersebut dilakukan pengujian pada mesin 100 CC dengan variasi putaran mesin 1500, 2500, 3500 dan 4500 rpm.

Bahan utama yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah kotoran kuda. Sebagai umpan gasifikasi, jika digunakan secara langsung kotoran kuda akan sulit diproses dan dapat mengganggu kinerja gasifikasi. Pengolahan awal terhadap kotoran kuda perlu dilakukan melalui proses pengeringan terlebih dahulu. Penelitian dilanjutkan dengan proses pembuatan *syngas* dengan bahan umpan kotoran kuda, dalam hal ini digunakan reaktor gasifikasi jenis *updraft* dan menggunakan metode dekomposisi termal dengan media gas agen berupa oksigen. Laju alir gas agen divariasikan masing-masing 10, 15, 20 dan 30 lt/min. Selanjutnya diperoleh 4 bahan bakar yakni *syngas A*, *syngas B*, *syngas C* dan *syngas D*. adapun komposisi gas yang terkandung dalam *syngas* ditampilkan pada tabel 2. Selanjutnya akan diteliti pengaruh pemakaian keempat *syngas* tersebut pada unjuk kerja mesin 100 CC pada variasi putaran mesin (1500, 2500, 3500 dan 4500 rpm). Adapun variabel yang dicatat adalah besarnya gaya pengereman dan konsumsi bahan bakar selama dua menit.

Tabel 2. Komposisi syntesis gas berbahan umpan kotoran kuda dengan agen gas berupa oksigen

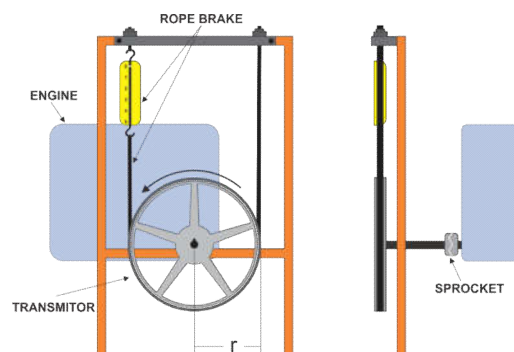
| Syngas | Komposisi Syngas | | | |
|--------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | CO | CO ₂ | CH ₄ | O ₂ |
| A | 43.53 | 20.90 | 24.73 | 1.30 |
| B | 38.91 | 28.17 | 25.30 | 1.30 |
| C | 38.15 | 29.46 | 30.07 | 1.63 |
| D | 35.57 | 30.73 | 31.63 | 2.03 |



Gambar 1. Susunan alat pengujian *syngas* pada mesin. 1. *syngas*, 2. *filter*, 3. kompresor, 4. *flowmeter*, 5. karburator, 6. mesin.

Skema alat penelitian seperti ditampilkan pada gambar 1. Adapun prosedur pengujian unjuk kerja mesin adalah sebagai berikut :

- Memasukan bahan bakar *syngas A* ke mesin melalui intake manifold dengan bantuan kompresor melewati *flowmeter* untuk mengukur laju aliran bahan bakar *syngas A*.
- Mesin dipanaskan selama ± 1 menit sebelum dilakukan pengujian. Hal itu dilakukan untuk menormalkan kerja dari mesin tersebut.
- Menghubungkan putaran mesin menuju sprocket depan pada persneling yang ditentukan yakni persneling 4.
- Menaikkan putaran mesin dengan menarik tuas gas mesin sampai tercapainya putaran 1500 rpm.
- Kemudian dilakukan pengereman sampai putaran *pulley* terputus-putus hampir berhenti (gambar 2), selanjutnya dicatat besar beban pengereman dan konsumsi bahan bakar.
- Ulangi prosedur pengujian a s/d e untuk masing-masing putaran 2500, 3500 dan 4500 rpm.
- Ulangi prosedur pengujian a s/d e untuk masing-masing bahan bakar *syngas B*, *syngas C* dan *syngas D*.



Gambar 2. Konstruksi alat untuk menentukan daya pengereman

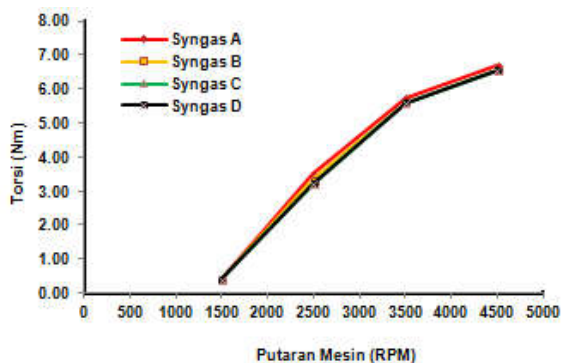
Adapun spesifikasi alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut,

Tabel 3. Alat dan bahan

| Nama | Spesifikasi |
|--------------|------------------|
| kompresor | ½ PK |
| Flowmeter | 0 – 30 lt/min |
| Neraca pegas | 0 – 30 kgf |
| Mesin | 100 cc 4 langkah |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

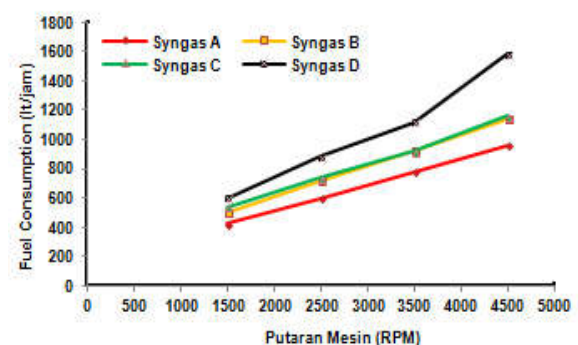
Hasil penelitian diperoleh hubungan antara putaran mesin dengan torsi yang ditunjukkan pada gambar 3 terlihat bahwa torsi yang dihasilkan oleh mesin meningkat seiring dengan meningkatnya putaran mesin, keadaan ini timbul sebagai konsekuensi dari gaya pengereman yang digunakan untuk melawan gaya sentrifugal dari poros mesin yang berputar semakin besar seiring dengan perubahan putaran mesin yang semakin meningkat. Sedangkan untuk perubahan variasi laju aliran gas agen menunjukkan bahwa semakin besar laju aliran gas agen didapati torsi mesin semakin kecil, dengan penurunan rata-rata kurang lebih sebesar 2%. Keadaan ini terjadi dikarenakan dengan semakin besar oksigen yang masuk kedalam reaktor gasifikasi akan memberikan dampak kepada semakin besar CO₂ yang terbentuk didalam *syngas* yang dihasilkan. Apabila kadar CO₂ dalam *syngas* semakin banyak akan memberikan dampak kepada nilai kalor *syngas* yang semakin kecil, sehingga apabila digunakan untuk menggerakkan mesin akan didapati unjuk kerja mesin yang kurang bagus.



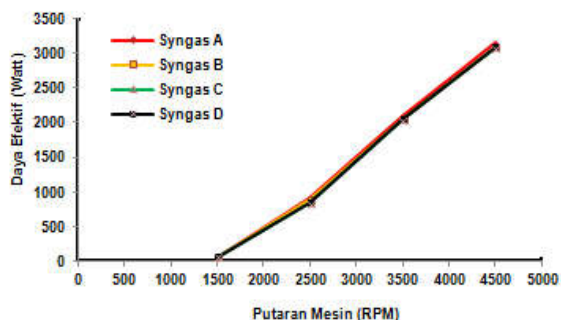
Gambar 3. Hubungan putaran mesin dengan torsi mesin

Hubungan antara putaran mesin dengan konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) seperti terlihat pada gambar 4 menunjukkan bahwa dengan semakin besar laju aliran gas agen yaitu oksigen ke dalam reaktor gasifikasi maka akan memberikan dampak kepada semakin besar CO₂ yang terbentuk didalam *syngas* yang dihasilkan. Apabila kadar CO₂ dalam *syngas* semakin banyak maka nilai kalor *syngas* yang semakin kecil. Hal ini akan memberikan pengaruh terhadap konsumsi bahan bakar yang diperlukan untuk menggerakkan mesin akan semakin besar. Pada gambar 4 memperlihatkan bahwasanya dengan semakin besar laju aliran gas agen yang masuk kedalam reaktor *syngas* maka semakin besar pula kebutuhan bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan mesin yakni rata-rata sebesar 34,7%. Laju aliran gas agen 10 lt/menit didapati konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan mesin paling rendah.

Hubungan antara putaran mesin dengan daya efektif seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar laju aliran gas agen yang masuk kedalam reaktor gasifikasi maka daya efektif yang dihasilkan akan menurun. Hal ini dapat terjadi dikarenakan torsi yang dihasilkan seiring dengan bertambahnya laju aliran gas agen semakin kecil. Sedangkan daya efektif berbanding lurus dengan torsi yang dihasilkan, apabila semakin kecil torsi yang dihasilkan maka daya efektif yang diperoleh akan semakin kecil juga. Besar penurunan daya efektif sama dengan besar penurunan torsi yakni rata-rata sebesar 2%.



Gambar 4. Hubungan putaran mesin dengan *fuel consumption*



Gambar 5. Hubungan putaran mesin dengan daya efektif

4. KESIMPULAN

Proses gasifikasi tidak hanya dapat dilakukan dengan bahan umpan limbah pertanian dan batubara saja melainkan untuk limbah padat peternakan bisa juga dilakukan dengan hasil yang sungguh luar biasa. Semakin besar laju aliran gas agen yang masuk kedalam reaktor gasifikasi akan membawa dampak pada torsi dan daya efektif yang dihasilkan akan semakin kecil. Sedangkan konsumsi *syngas* yang digunakan untuk menggerakkan mesin mengalami kenaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Endang S., Gilang U.P dan Idham P. 2016. *Pengaruh laju alir udara dan waktu proses gasifikasi terhadap gas producer limbah tangkai daun tembakau menggunakan gasifier tipe downdraft.* Jurnal Bahan Alam Terbarukan vol.5 no.2 pp. 45-53.
- [2] Endang S., Imron R dan Tb. Ahmad N. 2016. *Uji kualitas syngas bahan bakar bonggol jagung terhadap air fuel ratio (afr) dan kadar air dengan gasifikasi downdraft.* Jurnal Integrasi Proses vol. 6 no.2 pp. 95-99.
- [3] Nasrul, I dan Frenico A.O. 2016, *Karakteristik api syngas pada gasifikasi downdraft dengan bahan biomassa sekam padi.* Jurnal Rotor, vol.9 no.1 pp.15-19.
- [4] R.Sutanto, Nurchayati, P.Pandiatmi, A.Mulyanto dan M.Wirawan. 2015. *Pengaruh laju aliran agent gas pada proses gasifikasi kotoran kuda terhadap karakteristik syngas yang dihasilkan.* Prosiding seminar nasional tahunan teknik mesin XIV, Banjarmasin.

- [5] Zainuddin., Miftakul,F., Dina,M dan Aswalatah. 2017. *Analisis efisiensi gasifikasi pada pembangkit listrik tenaga biomassa (pltbm) tongkol jagung kapasitas 500 KW di Kabupaten Gorontalo.* Jurnal Sains Teknologi dan Industri vol.14 no.2 pp.192-198.