



Uji perfoma tungku gasifikasi untuk pirolisis gas metan dari ampas tebu

S.Rizal^a, M. Faisal^b, E. Yuliwati^{a,c*}

^a Program Studi Magister Teknik Kimia, Program Pasca Sarjana, Universitas Muhammadiyah Palembang, Jalan A.Yani 13 Ulu Palembang, Indonesia

^b Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya Palembang, Jalan Raya Indralaya Km32 Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

^c Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang, Jalan A.Yani 13 Ulu Palembang, Indonesia

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima 02 April 2020

Diterima setelah direvisi 30 April 2020

Disetujui 22 Mei 2020

Kata kunci:

Gasifikasi

Ampas Tebu

Udara

Tungku Gasifier Updraft

Abstract- Indonesia is an agrarian country with subtropical climate suitable for planting multicultural and one of those plants is sugar cane. Sugar cane is a raw material for producing sugar, where biomass waste has not been utilized appropriately. The amount of biomass waste was produced of 24-30% from sugar mills. Effective, efficient and environmentally friendly waste treatment technology is needed to utilize the waste into a renewable energy source using gasification methods. Gasification is a process to convert biomass waste to combustible gases (CO , CH_4 , and H_2). This process is combustion with limited air supply (20% -40% stoichiometric air) to break long hydrocarbon chains into short hydrocarbons at high temperatures. This method requires an updraft gasifier furnace that is capable of being operated at high temperatures, which can convert biomass waste into syngas with high conversion. An updraft gasifier is a gasification furnace at temperature of 300-500°C and atmospheric pressure, also used air flow of 10-20 L / min and zeolite as catalyst. This research are divided into few steps, namely drying, crushing, separating, gasification process, The proximate and ultimate method was used to analyze the produced syngas. Proximate analysis is an analysis to measure the calorific value by using a calorimeter bomb, ash content used AAF furnace, and moist water content used a decator. Moreover, ultimate method was used to analyze CH_4 , H_2 , O_2 , N_2 , CO and CO_2 compositions by using Gas Chromatography (GC). Firstly, sugarcane bagasse as the main raw material, were dried and chopped in 7 cm then it were put into the gasifier. The results showed that maximum syngas ratio of combustible gas (CO , H_2 and CH_4) and noncombustible gas (NGC) of 1.03 with added the bentonite of 200 gr and water of 40 ,L/min.

Intisari-Indonesia memiliki tanaman multikultura, dimana salah satunya adalah tebu. Tebu merupakan bahan baku gula, dimana limbah biomasnya masih menumpuk dan akan mengeluarkan bau, karena belum dimanfaatkan secara sesuai, sementara produksinya cukup besar yaitu 24-30% dari pabrik gula. Diperlukan teknologi pengolahan limbah yang efektif, efisien dan ramah lingkungan untuk memanfaatkan limbah tersebut menjadi sumber energi terbarukan dengan menggunakan metode gasifikasi. Gasifikasi adalah suatu proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO , CH_4 , dan H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas (20%-40% udara stoikiometri) dengan pemecahan rantai hidrokarbon panjang menjadi hidrokarbon pendek pada temperatur tinggi. Metode ini memerlukan tungku *gasifier updraft* yang mampu dioperasikan pada temperatur tinggi dan dapat mengkonversi limbah biomassa menjadi syngas dengan konversi yang tinggi. *Gasifier updraft* merupakan tungku gasifikasi yang digunakan pada penelitian ini, dimana kondisi operasi gasifikasi menggunakan temperatur 300-500°C dan tekanan atmosfer, menggunakan debit udara 10-20 L/menit dengan katalis zeolit. Tahapan penelitian ini adalah pengeringan, penghancuran, pemisahan ukuran, proses gasifikasi, dan analisa proksimat dan ultimat komposisi gas yang dihasilkan. Analisa proksimat adalah analisis untuk mengukur nilai kalor dengan menggunakan alat *calorimeter bomb*, kadar abu menggunakan furnace AAF, dan kadar air lembab menggunakan desikator, Analisa ultimat untuk menganalisis kadar CH_4 , H_2 , O_2 , N_2 , CO dan CO_2 dengan menggunakan *Gas Chromatography (GC)*. Ampas tebu sebagai bahan baku utama, sebelumnya dikeringkan dan kemudian dicacah dan dipisahkan cacahan yang memiliki ukuran 7 cm lalu dimasukkan ke dalam gasifier. Hasil dari penelitian ini adalah *syngas dengan rasio combustible gas* (CO , H_2 dan CH_4) dan noncombustible gas (NGC) terbaik adalah 1,03 dengan menggunakan katalis bentonit sebanyak 200gr dan air 40 mL/min.

* Corresponding Author:

E-mail: deeyuliwati@gmail.com (Ema Yuliwati)

1. Pendahuluan

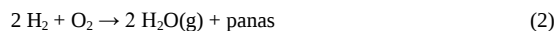
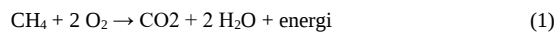
Indonesia adalah negara agraris dengan iklim subtropis yang cocok untuk ditanami dengan jenis tanaman multikultura, dimana salah satunya adalah tebu. Tebu adalah tanaman untuk bahan baku gula dan termasuk jenis rumput-rumputan dan merupakan bahan baku dalam pembuatan gula (gula kristal putih, *white sugar plantation*) di pabrik gula. Produksi tebu sekitar 34,5 juta ton dan gula yang dihasilkan sekitar 2,2 juta ton (Statistik Tebu Indonesia 2018, Badan Pusat Statistik) [1]. Umur tanaman tebu sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Indonesia perkebunan tebu tersebar di sepuluh provinsi yaitu: Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan dan Gorontalo [1-2].

Pada saat ini di Indonesia terdapat kurang lebih 60 Pabrik Gula yang beroperasi, dimana kebanyakan terdapat di Pulau Jawa khususnya Jawa Timur. Semua pabrik gula tersebut berbahan baku dari tanaman tebu. Tebu sangat efisien dalam merubah energi surya menjadi energi kimia yang disebabkan karena struktur selulosanya. Dibandingkan dengan tanaman sejenis yang lain, tebu menghasilkan karbohidrat dan bahan kering jauh lebih tinggi sekitar 30 ton bahan kering per hektar [3]. Peluang bahan kering tebu ini (*bagasse*) sebagai menjadi bahan baku industri kimia cukup besar, terutama karena produksi karbohidrat merupakan sumber daya yang dapat diperbaharui.

Selain itu issue tentang cadangan energi yang makin menipis, dimana menurut BP Migas cadangan minyak bumi Indonesia diperkirakan sekitar 4,7 miliar barrel. Pemerintah Indonesia memperkirakan cadangan minyak bumi Indonesia akan habis dalam 15 tahun, gas alam dalam 60 tahun, dan batubara habis dalam 150 tahun [4]. Permasalahan ini dapat mempengaruhi ketahanan energi di Indonesia, untuk itu diperlukan energi alternatif sebagai pengganti energi fosil tersebut.

Modifikasi proses gasifikasi dengan bahan baku biomassa di ampas tebu telah dilakukan dalam penelitian ini, dimana bertujuan untuk memanfaatkan limbah biomassa untuk menjadi gas metan dan meningkatkan konversi limbah biomassa menjadi energi alternatif berupa produk gas. Gasifikasi adalah suatu proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO , CH_4 , dan H_2) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas (20%-40% udara stoikiometri) dengan pemecahan rantai hidrokarbon panjang menjadi hidrokarbon pendek [5].

Proses pembakaran secara keseluruhan dapat berlangsung secara kontinu, proses pengeringan dan pirolisis/gasifikasi merupakan tahap awal pada proses pembakaran bahan bakar padat. Proses pembakaran ditinjau dari jumlah pengoksidasi (udara/oksigen), dapat dibedakan menjadi pembakaran lengkap (*complete combustion*) dan pembakaran tidak lengkap (*in complete combustion*). Sebagai contoh reaksi pembakaran gas metana dengan oksigen dan pembakaran gas hidrogen dengan oksigen, sebagai berikut :



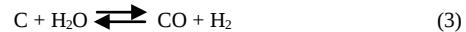
Sedangkan proses pembakaran tidak lengkap terjadi bila udara atau oksigen yang dibutuhkan tidak cukup untuk membakar bahan bakar secara lengkap, untuk menghasilkan karbon dioksida dan air. Pada pembakaran yang tidak lengkap, karbon dalam bahan bakar diubah menjadi gas karbon monoksida sedangkan nitrogen yang ada dalam udara pada temperatur tinggi akan berubah menjadi NO .



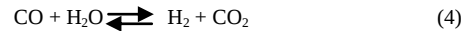
Boudouard reaction



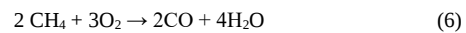
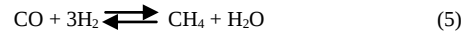
Water gas reaction



Shift conversion

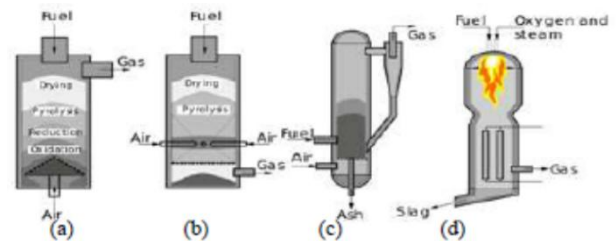


Methanation



Keseluruhan proses gasifikasi terjadi di dalam reaktor gasifikasi yang dikenal dengan nama *gasifier*. *Gasifier* adalah istilah untuk reaktor yang memproduksi gas produser dengan cara pembakaran tidak sempurna (oksidasi sebagian) bahan bakar biomassa pada temperatur sekitar 1000°C [6]. Di dalam *gasifier* inilah terjadi suatu proses pemanasan sampai temperatur reaksi tertentu dan selanjutnya bahan bakar tersebut melalui proses pembakaran dengan bereaksi terhadap oksigen untuk kemudian dihasilkan gas mampu bakar dan sisa hasil pembakaran lainnya. Gasifikasi umumnya terdiri dari empat proses, yaitu pengeringan, pirolisis, reduksi dan oksidasi dengan rentang temperatur masing-masing proses, yaitu: Pengeringan: $T < 150^\circ \text{C}$; Gasifikasi: $150 < T < 700^\circ \text{C}$; Reduksi: $800 < T < 1000^\circ \text{C}$; Oksidasi: $700 < T < 1500^\circ \text{C}$.

Proses gasifikasi memiliki beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses dan kandungan syngas yang dihasilkan, antara lain karakteristik biomassa, desain gasifier, jenis agen gasifikasi dan air-fuel ratio (AFR) [7]. Berdasarkan arah alirannya, proses gasifikasi dibagi menjadi 4 tipe gasifikasi yaitu tipe updraft, downdraft, fluidized bed dan entrained bed seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Tipe Gasifier berdasarkan Arah Aliran [10]

Pada Gambar 1 di atas dijelaskan reaktor yang digunakan dalam gasifikasi pada umumnya reaktor *fixed bed* dan *fluidized bed*. Pengaruh operasi dan parameter design dalam proses gasifikasi dalam reaktor *fixed bed* sudah dikaji oleh Jean dan Pierre (2009) [8]. Reaktor *fluidized bed* merupakan teknologi yang umum digunakan untuk mengubah bahan bakar menjadi energi [9]. Dalam dekade terakhir, teknologi *internal circulating fluidized bed* (ICFB) atau disebut *dual bed* sukses dikembangkan untuk gasifikasi biomassa bersama dengan adsorpsi CO_2 . Keuntungan menggunakan ICFB adalah produksi gas penghasil yang mempunyai *net heating value* (NHV) tinggi, kaya akan komponen mudah terbakar dan minimasi pengenceran oleh gas N_2 [10].

Sebagai agen gasifikasi, beberapa peneliti sudah menggunakan dengan udara, oksigen, dan steam. Pada penelitian ini digunakan katalis zeolit dan

bentonit untuk serta variasi rasio udara dan penambahan air untuk menghasilkan syngas dengan rasio combustible gas dan noncombustible gas yang optimum dan menurunkan kadar tar terproduksi. Informasi zona proses gasifikasi dengan katalis zeolite dan bentonit untuk menghasilkan produk combustible syngas yang maksimum. Selain itu menganalisis pengaruh debit udara, air dan suhu pada proses gasifikasi untuk menentukan produk combustible syngas (Methane, CO dan H₂).

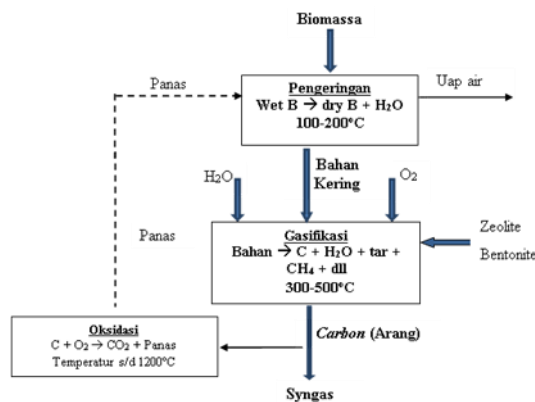
2. Metode Penelitian

2.1 Peralatan penelitian Gasifikasi Ampas Tebu

Alat-alat yang digunakan antara lain gasifier tipe *Updraft* (Gambar 3), yang terdiri dari termokopel, termometer, data logger, kondensor, tabung venojet, dan gas chromatography. Kondisi operasi alat gasifikasi ini dengan menggunakan tekanan atmosfer dan temperatur dengan rentang 300-500°C serta debit udara 10 L/menit dan 20 L/menit dengan menggunakan katalis Zeolit. Sebelum dimasukkan ke dalam reaktor, baggase dikeringkan terlebih dahulu dengan cara di jemur dibawah sinar matahari selama 5 hari untuk mengurangi kadar airnya kemudian dipotong-potong dengan ukuran ± 7 cm, dan selanjutnya diproses Gasifikasi untuk menghasilkan produk gas yang diinginkan. Bahan utama yang digunakan sebagai bahan bakar gasifikasi adalah limbah padat berupa ampas tebu (*baggase*) yang diperoleh dari pabrik gula PT. Laju Perdana Indah (PG. Komerling).

2.2 Proses Gasifikasi Ampas Tebu

Biomassa ampas tebu (Baggase) dikeringkan pada temperatur ruang atau dapat juga dengan sinar matahari selama 4 hari. Ampas tebu (*Baggase*) kering dicacah dengan ukuran 7-10 cm lalu ditimbang untuk menghitung % berat keringnya. Ampas tebu (*Baggase*) yang siap proses dimasukkan kedalam Gasifier. seperti pada Gambar 2 berikut.



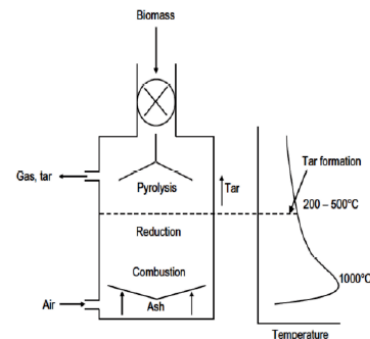
Gambar 2 Diagram Alir Gasifikasi Ampas Tebu

Proses pengeringan pada temperatur 100-200 °C selama 15 menit dan selanjutnya temperatur dinaikkan menjadi 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C.



Gambar 3. Prototype Gasifier Updraft

Penambahan udara pada gasifier dilakukan pada temperatur 300° C dengan kenaikan temperatur setiap range adalah 50° C. Proses dilakukan terus menerus hingga temperatur gasifier mencapai 500° C. Penambahan udara kemudian diganti air dengan cara yang sama. Peralatan yang digunakan seperti pada Gambar 3. Selanjutnya pada Gambar 4 dilihat pembagian zona reaksi dalam gasifikasi.



Gambar 4 Zona Reaksi Gasifikasi

Distribusi temperatur pada setiap zona pada proses gasifikasi terjadi secara vertikal dimana zona gasifikasi temperatur tertinggi terjadi pada laju aliran udara yang terganggu pada waktu reaksi gasifikasinya yaitu pada temperatur 1000°C di zona combustion. Selanjutnya pada zona diatasnya adalah reduction dimana sudah terbentuk tar dan kemudian zona teratas adalah pyrolysis yang menghasilkan syngas. Proses gasifikasi selesai setelah sampel didapat pada setiap kondisi yang telah ditentukan seperti pada Tabel 1, untuk temperatur 300°C, . 350°C, 400°C, 450°C, 500°C

Tabel 1 Format pengambilan sampel proses gasifikasi

No	Bahan bakar Ampas Tebu dengan tambahan	
	Air, ml/min	Katalis, gram
1	20	Z 200
2	30	Z 200
3	40	Z 200
4	0	B 200
5	20	B 200
6	30	B 200
7	40	B 200

2.3 Analisis Proximat Ampas Tebu

Data analisa yang didapat dari Gasifikasi dibagi menjadi analisis proximat dan analisis ultimat. Analisis proximat dilakukan antara lain dengan mengukur kalori ampas tebu, kadar air lembab, kadar abu, kadar zat terbang. Nilai Kalori ampas tebu diukur dengan calorimeter bomb (ASTM D5865-2013).

Kadar air lembab (inherent moisture) (ASTM D 3173-17), diukur menimbang ampas tebu dan memanaskan dalam oven pada suhu 110°C selama 1 jam dan didinginkan selama 15 menit lalu ditimbang. Untuk menghitung kadar air lembab dapat dihitung dengan persamaan berikut,

$$\text{Kadar Air Lembab \%} = \frac{(a-c)}{(a-b)} \times 100\%$$

dimana :

a = berat cawan + contoh (gr)

b = berat cawan kosong (gr)

c = berat cawan + contoh setelah dipanaskan (gr)

Kadar abu (Ash content) (ASTM D 3174-12), diukur menimbang ampas tebu dan memanaskan dalam furnace AAF pada suhu 750°C selama 2 jam dan didinginkan dalam eksikator selama 10 menit lalu ditimbang. Untuk menghitung kadar air dengan persamaan berikut,

$$\text{Kadar Abu \%} = \frac{(a-c)}{(a-b)} \times 100\%$$

dimana :

a = berat cawan + contoh (gr)

b = berat cawan kosong (gr)

c = berat cawan + contoh setelah dipanaskan (gr)

Kadar zat terbang (volatile matter) (ASTM D 3165-17), diukur menimbang ampas tebu dan memanaskan tanpa oksidasi pada temperatur oven 900°C selama 7 menit, kemudian dikoreksi terhadap kadar air lembab. Untuk menghitung kadar air dengan persamaan berikut,

$$\text{Kadar Zat Terbang \%} = \frac{(a-c)}{(a-b)} \times 100\%$$

dimana :

a = berat cawan + contoh (gr)

b = berat cawan kosong (gr)

c = berat cawan + contoh setelah dipanaskan (gr)

Kadar karbon padat ditentukan dengan rumus berikut :

$$\text{Fixed Carbon (\%)} = 100 - (\text{IM} + \text{Ash} + \text{VM})$$

dimana :

IM = Kadar air lembab

Ash = Kadar abu

VM = Kadar zat terbang.

2.4 Analisis Ultimat

Analisis ultimat dilakukan untuk mengukur nilai karbon, hidrogen dan nitrogen.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Proksimat dan Ultimat Ampas Tebu

Hasil analisis proksimat dan ultimat ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini,

Tabel 2 Analisis Proksimat dan Ultimat Ampas Tebu

Komponen	Total	Metode Standar
A. Nilai Kalor	1830 kkal/kg	ASTM D 5865-2013
B. Analisa Proksimat, wt %		
Total Moisture	15,32	ASTM D 3302M-17
Kadar Abu	4,19	ASTM D 3173-12
Kadar Zat Terbang	43,68	ASTM D 3175-17
Fixed Carbon	36,81	ASTM D3172-13
Total Sulfur	0,04	ASTM D 4239-2016
C. Analisa Ultimat		
Karbon	24,12	ASTM D 5373
Hidrogen	3,12	ASTM D 5373
Nitrogen	0,12	ASTM D 5373
Oksigen	53,09	ASTM D 5373

Berdasarkan data pada tabel 2 dapat diamati bahwa persentase kandungan unsur-unsur yang ada di dalam biomassa secara fisik maupun kimiawi. Dan didapat nilai kalor bahan baku yang digunakan berupa ampas tebu (bagasse) sebesar 1830 kkal/kg pada bahan 263 gram berat kering sampel bagasse. Kandungan C dan H yang cukup tinggi mampu menghasilkan nilai kalor gas yang cukup potensial untuk dimanfaatkan. Kandungan moisture ampas tebu yang relatif rendah tidak membutuhkan energi yang terlalu besar untuk menghilangkannya. Kadar air yang terkandung akan dikeluarkan dari biomassa dengan pemanasan. Bila kandungan moisture terlalu tinggi maka dibutuhkan energi aktivasi pengeringan yang tinggi. [11].

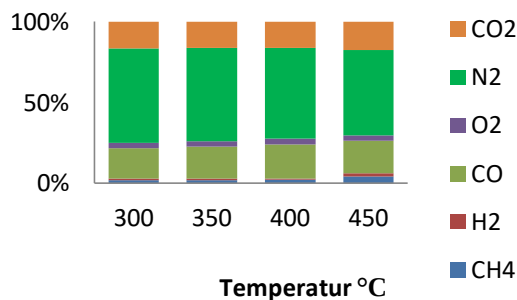
3.2 Analisis Komposisi Syngas

Hasil analisis komposisi syngas menunjukkan nilai rasio dari *combustible gas* (CG) dan *noncombustible gas* (NCG) sebagaimana terlihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3 Komposisi syngas dan rasio combustible gas dan noncombustible Gas

Temperatur, °C	Komposisi Syngas						Rasio CG:NCG
	CH ₄	H ₂	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	
300	1,74	1,03	3,28	58,52	18,84	16,59	0,28
350	1,92	0,89	3,35	57,79	19,78	16,27	0,29
400	2,32	0,54	3,46	56,00	21,24	16,44	0,32
450	3,76	1,84	3,24	49,19	18,84	16,59	0,35

Dalam tahapan gasifikasi ampas tebu (bagasse), terdapat beberapa proses yaitu, proses diawali dengan preparasi bagasse, lalu menimbang ampas tebu (*feed*) seberat 1,7 Kg dan mempersiapkan alat gasifikasi (*gasifier*). Ampas tebu (*feed*) yang sudah ditimbang dimasukkan kedalam *Gasifier* dan kemudian menyalakan pemanas. Pengambilan contoh gas hasil gasifikasi dilakukan pada temperatur 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dan 500°C.



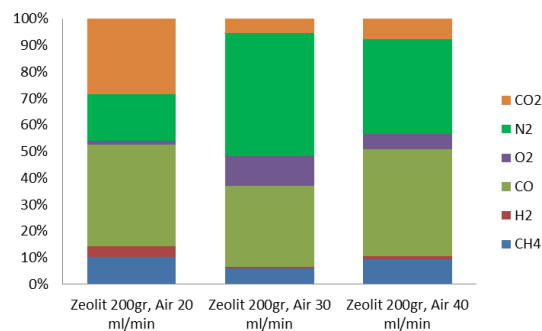
Gambar 5 Komposisi Syngas produk gasifikasi ampas tebu

Berdasarkan Gambar 5, bahwa pada suhu 300° C proses gasifikasi sudah terdapat syngas yang dihasilkan. Profil konsentrasi syngas (CO, H₂ dan CH₄) mengalami fluktuasi dan cenderung meningkat. Kondisi ini dipengaruhi oleh temperatur proses gasifikasi dan distribusi pembakaran umpan. Pada 300°C proses gasifikasi, masih banyak bahan bakar (umpan) yang dapat terkonversi menjadi syngas, sehingga didapatkan konsentrasi syngas (CO, H₂, dan CH₄) yang relatif tinggi. Pada Gambar 4.1 didapatkan konsentrasi syngas di 300° C proses sebesar CO sebesar 18,84 % mol, H₂ sebesar 1,03 %mol dan CH₄ sebesar 1,74 %mol. Sedangkan pada Gambar 4.1 dengan temperature 350°C, didapatkan konsentrasi syngas sebesar CO sebesar 19,78 % mol, H₂ sebesar 0,89 % mol dan CH₄ sebesar 1,92 % mol. dengan temperature 400° C, didapatkan konsentrasi syngas sebesar CO sebesar 21,24 %mol, H₂ sebesar 0,54 % mol dan CH₄ sebesar 2,32 % mol. Pada temperatur 450°C, didapatkan konsentrasi syngas sebesar CO sebesar 18,84 % mol, H₂ sebesar 1,84 % mol dan CH₄ sebesar 3,76 % mol. Pada temperatur 450° C. Namun konsentrasi syngas khusus CO mengalami penurunan konsentrasi syngas. Penurunan konsentrasi syngas ini dikarenakan bahan bakar (umpan) yang digunakan semakin berkurang dengan bertambahnya temperature yang digunakan selama waktu proses gasifikasi berlangsung.

Berkurangnya bahan bakar (umpan) mengakibatkan semakin sedikitnya umpan yang terkonversi menjadi syngas CO sehingga konsentrasi yang dihasilkan akan semakin rendah [12]

3.3 Analisis Komposisi Syngas dengan Penambahan Katalis Zeolit

Hasil analisa kandungan komposisi syngas dan Rasio *Combustible Gas* (CG) dan *Noncombustible Gas* (NCG) dari hasil proses gasifikasi Ampas tebu dengan penambahan katalis Zeolit 200 gr dan Air 20, 30 dan 20 mL/menit pada temperatur 500°C dapat dilihat pada Gambar 6.



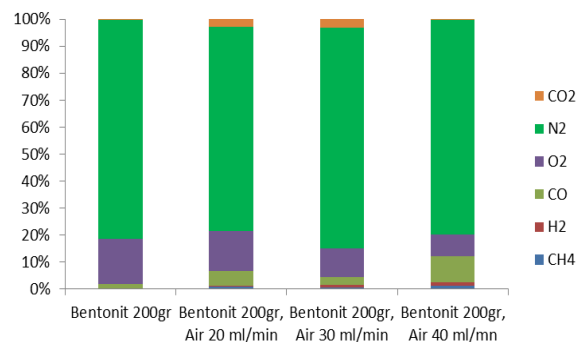
Gambar 6 Komposisi syngas dengan katalis zeolit

Berdasarkan Gambar 6, bahwa pada suhu 500°C proses gasifikasi profil konsentrasi syngas (CO, H₂ dan CH₄) mengalami fluktuasi. Kondisi ini dipengaruhi oleh penambahan zeolite dan jumlah air yang ditambahkan dalam proses gasifikasi dan distribusi pembakaran umpan. Pada penambahan air 20 mL/menit proses gasifikasi, masih banyak bahan bakar (umpan) yang dapat terkonversi menjadi syngas, sehingga didapatkan konsentrasi syngas (CO, H₂, dan CH₄) yang relatif tinggi. Pada Gambar 6 didapatkan konsentrasi syngas di penambahan air 20 mL/menit sebesar CO sebesar 38,25 % mol, H₂ sebesar 4,01 % mol dan CH₄ sebesar 10,17 % mol. Sedangkan pada penambahan air 30 mL/menit, didapatkan konsentrasi syngas sebesar CO sebesar 30,78 % mol, H₂ sebesar 0,53 %mol dan CH₄ sebesar 5,85 % mol. Pada penambahan air 40 mL/menit, didapatkan konsentrasi syngas sebesar CO sebesar 40,14 % mol, H₂ sebesar 1,31 % mol dan CH₄ sebesar 9,26 % mol.

Pada proses gasifikasi penambahan air dibutuhkan untuk menghasilkan gas H₂ dan pada proses reduksi untuk menghasilkan H₂ dan CO (*water gas reaction*). Air yang ditambahkan harus sesuai dengan kebutuhan dari proses gasifikasi yang berlangsung. Penambahan air bertujuan untuk menghasilkan produk gas yang mempunyai nilai kalor yang lebih baik [12].

3.4 Analisis Komposisi Syngas dengan penambahan katalis bentonit

Bentonit sebagai katalisator dimana hasilnya dapat meningkatkan persentase hidrogen (H₂) dan metana (CH₄) pada produksi gas hasil gasifikasi meskipun pada temperatur rendah. Penambahan bentonit dapat meningkatkan volume gas yang dihasilkan [13].



Gambar 7. Komposisi Syngas dengan Katalis Bentonit

Berdasarkan Gambar 7, bahwa pada temperatur 500°C proses gasifikasi profil konsentrasi syngas (CO, H₂ dan CH₄) mengalami fluktuasi. Kondisi ini dipengaruhi oleh penambahan bentonit dan jumlah air yang ditambahkan dalam proses gasifikasi dan distribusi pembakaran umpan. Pada penambahan air 20 mL/menit proses gasifikasi, masih banyak bahan bakar (umpan) yang dapat terkonversi menjadi syngas, sehingga didapatkan konsentrasi syngas (CO, H₂, dan CH₄) yang relatif tinggi. Pada Gambar 7 didapatkan konsentrasi syngas di penambahan air 20 mL/menit sebesar CO = 5,52% mol, H₂ = 0,41% mol dan CH₄ = 0,82% mol. Sedangkan pada penambahan air 30 mL/menit, didapatkan konsentrasi syngas sebesar CO = 2,76% mol, H₂ = 1,16% mol dan CH₄ = 0,5% mol. Pada penambahan air 40 mL/menit, didapatkan konsentrasi syngas sebesar CO sebesar 9,51% mol, H₂ senilai 1,35% mol dan CH₄ senilai 1,35% mol.

Pada proses gasifikasi penambahan katalisator Bentonit, produk syngas juga cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya suhu. Hal ini disebabkan oleh *thermal cracking* dan *catalytic cracking*. *Thermal cracking* atau peretakan dengan panas adalah proses pemecahan rantai hidrocarbon panjang menjadi rantai hidrokarbon pendek dengan bantuan panas dengan temperatur 425–650 °C [14-16]. Rasio *combustible gas* optimum dengan penambahan katalis bentonit 200 gram dan air 40 mL/menit sebesar 1,03.

Rasio Combustible Gas (CG) dan Noncombustible Gas (CNG) pada tabel 3 menambahkan hasil analisis untuk mengukur kualitas gas dari sebuah proses gasifikasi. Proses gasifikasi dengan penambahan air dan katalis zeolit dan bentonit menghasilkan rasio *combustible gas* tidak begitu besar, berdasarkan data yang diperoleh penggunaan katalis zeolit lebih efektif dalam meningkatkan rasio *combustible gas* jika dibandingkan menggunakan katalis bentonit. Hal ini karena zeolit mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang luas dan adanya rongga intra kristalin sehingga mampu mengadsorpsi sejumlah besar substansi selain air dan mampu memisahkan molekul zat berdasarkan ukuran molekul dan kepolarannya [17].

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dirangkum dengan kesimpulan bahwa semakin banyak udara yang ditambahkan maka semakin banyak reaktan yang bereaksi dengan karbon pada ampas tebu (*bagasse*) sehingga meningkatkan produk Syngas namun kandungan gas memiliki nitrogen (N₂) yang tinggi sehingga dapat mengganggu reaksi oksidasi pembentukan gas metan. Selanjutnya semakin tinggi temperatur gasifikasi maka akan meningkatkan gas hasil produksi.

Produksi *combustible gas* (CG) hasil gasifikasi dengan menggunakan katalis zeolit 200 gram dan penambahan air 20 mL/min pada temperatur 500°C. Diperoleh rasio *combustible* dan *noncombustible gas* sebesar 1,10. Sedangkan dengan

menggunakan katalis bentonit 200 gram dan penambahan air 20, 30 dan 40 mL/min, produksi *combustible syngas* cenderung meningkat dengan rasio *combustible* dan *noncombustible gas* sebesar 1,03. Peningkatan ini mempengaruhi jumlah *combustible gas* yang lbh banyak dibandingkan *noncombustible gas*, yang secara langsung setara dengan produksi jumlah gas metan yang lebih banyak juga.

Referensi

- [1] Badan Pusat Statistik
- [2] Hidayat, Ade, (2013), “Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa pada Reaktor Downdraft Sistem Batch dengan Variasi Gasifikasi Skala Kecil”, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UNS.
- [3] Angga, Yudanto, (2009), “Pembuatan Biobriket Bioarang dari Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati”, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4] Ciferno, Jared, (2002), “*Benchmarking Biomass Gasification Technologies for Fuels, Chemicals and Hydrogen Production*”. U.S. Department of Energy, National Energy Technology Laboratory.
- [5] Prabowo, Nandana Dwi, (2010), “Pengaruh Variasi Air Fuel Ratio (AFR) dan Ukuran Biomassa Terhadap Gasifikasi Biomassa, Universitas Gajahmada.
- [6] Slamet, I Wayan, (2012), “Tugas Akhir Performansi Reaktor Downdraft dengan Variasi Biomassa Sekam Padi dan Serbuk Kayu”, Universitas Udayana.
- [7] Seloliman, (2007), “Limbah Kayu”, Pusat Pendidikan Lingkungan Hidup (PPLH), Trawas, Mojokerto
- [8] Jean and Badeau Pierre, (2009), “*Biomass Gasification*”, Chemistry Processes and Applications, Nova Science Publisher, Inc., New York.
- [9] Rajvanshi, A.K. (1986.) “Biomass Gasification”, *Published as a chapter in book Alternative Energy in Agriculture*, Vol. II (Ed. D.Yogi Goswami), CRC Press, pgs. 83-102.
- [10] Tsai, W.T., Lee, M.K., Chang, Y.M. (2006). “Fast Pyrolysis of Rice Straw, Sugarcane Bagasse and Coconut Shell in A Introduction Heating Reactor”. *J.Anal.Appl.Pyrolysis*.76.230-237.
- [11] Rinovianto, G. (2012). “Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet Gasifier Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet”. *Skripsi*. Depok. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- [12] Purwantana, B. (2007). “Pengembangan Gasifier Untuk Gasifikasi Limbah Padat Pati Aren (*Arenga Pinnata* Wurmb)”. *AGRITECH*. 27(3). September 2007
- [13] Priyati, A (2014). “Karakteristik Suhu dan Produksi Gas Dengan Variasi Laju Input Udara Pada Proses Gasifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Inverted Downdraft Gasifier”. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. 2(2) September 2014.
- [14] Basu, Prabir. (2013). *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design*. UK: Elsevier *Handbook of Gasification Technologies A Primer for Engineers and Scientists Chemical Industries*. 2005. Taylor & Francis Group, LLC.

-
- [15] Okuga, Arthur. 2012, *Analysis and Operability Optimization of an Updraft Gasifier Unit*. Eindhoven University of Technology.
- [16] Guswendar, 2013, Karakteristik Gasifikasi pada Double Gas Outlet pada Updraft Gasifier, Universitas Indonesia.
- [17] Arianti S, 2013, Uji Kinerja Reaktor Gasifikasi Sekam Padi Tipe *Downdraft* Pada Berbagai Variasi Debit Udara