

KARAKTERISTIK GAS BUANG *DUAL FUEL GASIFIER DOWNDRAFT* SERBUK KAYU DAN *DIESEL ENGINE GENERATOR SET 3 KW*

Sigit Mujiarto¹⁾, Suliono²⁾, Imam Maolana³⁾, Murdjani⁴⁾

^{1,4}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry
Kampus Unlam, Banjarmasin, 70123 Telp. (0511) 3305052 email :
mujiarto_76@yahoo.co.id, sulionolee@gmail.com

^{2,3}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Indramayu, Jl. Lohbener Lama No. 08
Indramayu 45252 Fax/Telp. (0234)5746464 email : imam_malau@yahoo.com,
murdjanimesin@gmail.com

Ringkasan

Gas buang pada kendaraan berbahan bakar fosil yang tidak ramah lingkungan akan berdampak buruk terhadap lingkungannya. Pengembangan gas biomassa juga bisa dipakai untuk bahan bakar alternatif pada motor pembakaran dalam. Syngas hasil gasifikasi yang kandungan CO₂, CO, NO_x lebih rendah membantu mengurangi emisi gas buang. Pada reaktor gasifikasi untuk menghasilkan gas yang mudah terbakar didapatkan air fuel ratio 1,01; 1,13; 1,34; 1,52. Artinya campuran antara serbuk kayu dan udara dapat menghasilkan gas sebagai campuran bahan bakar pada mesin diesel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kandungan gas buang pada single dan dual fuel. Dengan putaran pada mesin konstan yaitu 1500 rpm dengan pembebanan pada generator set mulai 200 watt sampai 2400 watt dengan interval 200 watt. Setelah dilakukan eksperimen, temperatur gas buang dengan adanya penambahan syngas akan semakin naik hingga 249°C. Untuk emisi gas buang dengan penambahan syngas, karbon monoksida (CO) turun sampai 0,71%. Nitrogen oksida (NO_x) juga mengalami penurunan seiring penambahan syngas sebesar 100 ppm. Serta hidro karbon (HC) seiring penambahan syngas pada emisi gas buang turun hingga 64 ppm.

Kata kunci: kualitas biodiesel, minyak jelantah, jenis reaktor.

1. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor telah lama menjadi salah satu sumber pencemar udara di banyak kota besar dunia, gas-gas beracun dari jutaan knalpot setiap harinya menimbulkan masalah serius di banyak negara tak terkecuali Indonesia. pembangkit listrik dan industri serta pembakaran lainnya yang akan mengakibatkan mengikisnya lapisan ozon serta efek rumah kaca yang sangat berdampak buruk bagi manusia [1,2]. Mesin-mesin pembakaran dalam serta pembakaran luar yang digunakan di seluruh dunia sangat membantu pekerjaan manusia, selain meringankan pekerjaan manusia, juga efek yang dihasilkan dari pembakaran tersebut kurang baik terhadap kesehatan manusia. Polutan berbahaya yang menjadi penyebab utama dari mesin diesel dan mesin bensin adalah emisi gas buang yang mempunyai partikel partikel yang tidak terurai oleh oksigen (O₂) [2].

Sejumlah penelitian di seluruh dunia telah menemukan bahwa partikel yang ada

pada campuran emisi ini menyebabkan gangguan kesehatan terutama pada selaput lendir, mata, hidung dan tenggorokan dan jika terakumulasi dalam waktu yang agak lama hidrokarbon juga berpotensi menyebabkan penyakit kanker.[3]. Selanjutnya, emisi gas buang dari mesin diesel telah diidentifikasi sebagai karsinogen oleh Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada 12 Juni 2012. Oleh karena itu, peraturan mengenai emisi gas buang menjadi semakin ketat karena untuk mengurangi emisi berbahaya ini. Di sisi lain, permintaan energi meningkat namun sumber daya alam semakin berkurang [3]. Sebagian besar energi primer digunakan oleh sekitar 7,18 miliar orang di seluruh dunia pada tahun 2013 dan konsumsi ini akan meningkat untuk jangka menengah hingga (2050).

Metode gasifikasi merupakan salah satu cara untuk mengurangi emisi gas buang dengan kadar carbon dioksida (CO₂) yang rendah serta mengurangi pemanasan global dari penggunaan bahan bakar fosil,

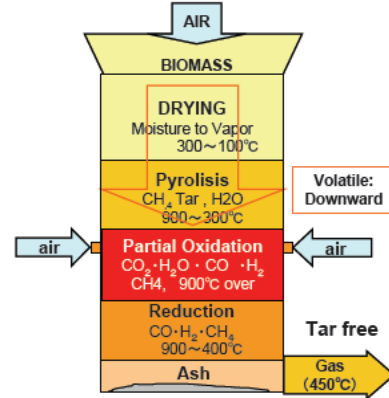
kekhawatiran keamanan energi, dan kebutuhan untuk menemukan energi terbarukan serta memiliki potensi untuk mengubah bahan limbah menjadi energi [4]. Biomassa dianggap sebagai sumber energi terbarukan yang menjanjikan untuk mengurangi perubahan iklim, yaitu mengurangi karbon dioksida (CO₂), hidrokarbon (HC) dan karbon monoksida (CO) yang diukur selama pengujian. Syngas diproduksi dengan menggandakan bahan baku batubara/ biomassa udara.

Gasifikasi biomassa merupakan pembakaran biomassa secara sempurna sehingga menghasilkan gas yang mudah terbakar. Syngas terdiri dari sekitar 40% gas yang mudah terbakar, terutama karbon monoksida (CO), hidrogen (H₂) dan metana (CH₄). Sisanya adalah gas yang tidak mudah terbakar dan terutama terdiri dari nitrogen (N₂) dan karbon dioksida (CO₂). Beragam proporsi dari Syngas terdiri antara lain : CO₂, H₂O, N₂, dan CH₄ [4]. Rizal. A dkk [5] melakukan Pengujian gasifikasi dan emisi dilakukan untuk semua pelet yang diproduksi. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan pelet biomassa ramah lingkungan sebagai bahan bakar syngas. Dimensi pelet yang dihasilkan adalah 18 mm sampai 25 mm (panjang) dan 4,5 mm (diameter). Pelet terbaik yang terbuat dari bahan tunggal adalah pelet cangkang kelapa sawit dengan waktu gasifikasi biomassa 85 menit • kg-1. Pelet terbaik yang terbuat dari campuran bahan adalah ampas tebu dan tempurung kelapa sawit, dengan waktu gasifikasi yang serupa. Uji emisi pada proses gasifikasi telah melewati standar kualitas emisi. Dari hasil pengujian emisi yang dilakukan didasarkan pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup mengenai Standar Emisi untuk Sumber Tidak Tetap No. Kep-13 / MENLH / 3/1995 tertanggal 7 Maret 1995 yang meliputi parameter NH₃, Cl₂, HCl, HF, NO₂, particle, SO₂ dan H₂S. Pedoman ini dirancang untuk memastikan standarisasi persyaratan pengujian, standar pengujian mengenai peralatan dan kompetensi orang-orang yang ingin melakukan tes emisi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Gasifikasi adalah proses konversi biomassa secara termokimia menjadi gas yang memiliki nilai bakar (*flammable gas*) dengan cara oksidasi parsial pada temperatur tinggi. Gasifikasi dengan bahan baku biomassa padat ini terjadi pada kondisi yang terisolasi dari udara sekitar (oksigen terbatas), ruangan tertutup, dan berada pada tekanan yang cukup terhadap tekanan *ambient* [6]. Gas-gas yang

dihasilkan dari proses gasifikasi umumnya berbentuk CO, CO₂, H₂ dan CH₄ yang kemudian gas-gas ini disebut *Syngas* atau *Synthetic Gas*. Nilai kalori dari gas hasil ini berkisar antara 1000 - 1200 kcal.N/m³[7]. Pada proses gasifikasi *downdraft* Bahan bakar padat yang dimaksud adalah berupa *biomass*, batubara atau arang seperti pada gambar 1.

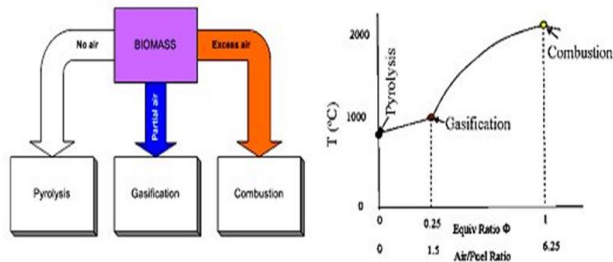


Gambar 1. Gasifier tipe *downdraft* dan *updraft* [7]

Pada *gasifier tipe downdraft*, terdapat empat zona diurut dari bagian atas gasifier hingga bawah yaitu *drying*, *pyrolysis*, *oxidation*, dan *reduction*. Pada tipe ini bahan bakar (biomassa) dan udara dimasukkan dari bagian atas *gasifier* melalui laluan *hopper* dan mengalir turun ke *grate* yang merupakan tempat abu. Sementara pada *gasifier tipe updraft* juga terdapat empat zona dengan urutan dari atas ke bawah yaitu *drying*, *pyrolysis*, *oxidation*, dan *reduction* [8]. *Gasifier* tipe *updraft* merupakan *counter flow reactor* dimana bahan bakar dimasukkan dari bagian atas dan selama operasi bahan bakar ini akan mengalir ke bawah, sementara *gasifier agent* yang berupa udara, uap, atau oksigen dihembuskan dari bawah dan mengalir ke atas.

Konversi Biomassa

Proses konversi biomassa ini dapat dilakukan secara langsung maupun tidak. Konversi secara langsung dapat dilakukan dengan proses pembakaran, sedangkan konversi secara tidak langsung dapat dilakukan dengan proses pirolisis dan gasifikasi. Yang membedakan keduanya dengan proses pembakaran adalah hasil prosesnya dan perbandingan antara jumlah bahan bakar (biomassa) dengan udara yang digunakan *air fuel ratio* (AFR), seperti terlihat pada skema berikut [9]: berikut perbandingan udara dan biomassa pada proses gasifikasi pada gambar 2.



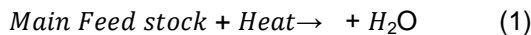
Gambar 2. Perbandingan udara-biomassa [9]

Tahapan Gasifikasi

Pada proses gasifikasi ada beberapa tahapan yang dilalui oleh biomassa sehingga pada akhirnya menjadi gas yang *flammable*. Tahapan gasifikasi dapat berbeda untuk setiap *gasifier*. Pada tahap ini akan dijelaskan beberapa tahapan gasifikasi tipe *downdraft*. Berdasarkan penelitian [6] Proses tersebut meliputi :

1. Drying

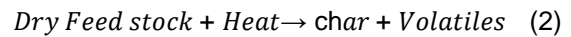
Proses *drying* dilakukan untuk mengurangi kadar air (*moisture*) yang terkandung di dalam biomassa bahkan sebisa mungkin kandungan air tersebut hilang. Temperatur pada zona ini berkisar antara 100-250° C. Kadar air pada biomassa dihilangkan melalui proses konveksi karena pada reaktor terjadi pemanasan dan udara yang bergerak memiliki *humidity* yang relatif rendah sehingga dapat mengeluarkan kandungan air biomassa. Semakin tinggi temperatur pemanasan akan mampu mempercepat proses difusi dari kadar air yang terkandung di dalam biomassa sehingga proses *drying* akan berlangsung lebih cepat. Reaksi oksidasi yang terjadi pada reaktor menghasilkan energi panas yang cukup besar dan menyebar ke seluruh bagian reaktor. Disamping itu kecepatan gerak media pengering turut mempengaruhi proses *drying* dengan persamaannya sebagai berikut:



2. Pyrolysis

Pyrolysis adalah dekomposisi perubahan kimia dari biomassa menjadi berbagai produk yang bermanfaat, dalam keadaan tidak adanya oksidator secara total atau dengan pasokan yang terbatas yang tidak mengizinkan gasifikasi ke tingkat yang cukup. Ini adalah salah satu beberapa langkah reaksi atau zona diamati dalam *gasifier*. Selama pirolisis, molekul hidrokarbon kompleks biomassa terurai menjadi molekul yang lebih simple dan relatif lebih kecil seperti gas, cairan, dan char. Ini berlangsung pada suhu

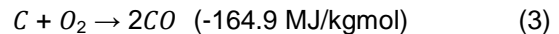
yang lebih besar dari 250-500°C dengan persamaan sebagai berikut:



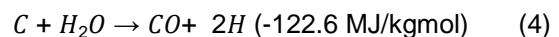
3. Gasifikasi (*reduction*)

Ini adalah zona utama untuk mendapatkan *syngas*. Proses reduksi adalah reaksi penyerapan panas (*endoterm*), yang mana temperatur keluar dari gas yang dihasilkan harus diperhatikan. Pada proses ini terjadi beberapa reaksi kimia. Di antaranya adalah *Boudouard reaction*, *steam-carbon reaction*, *water-gas shift reaction*, dan *CO methanation* yang merupakan proses penting terbentuknya senyawa – senyawa yang berguna untuk menghasilkan *flammable gas*, seperti *hydrogen* dan karbon monoksida. Proses ini terjadi pada kisaran temperatur 600 ° C sampai 1000° C. Berikut adalah reaksi kimia yang terjadi pada zona tersebut :

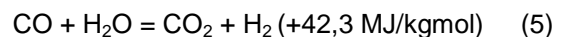
Boudouard reaction



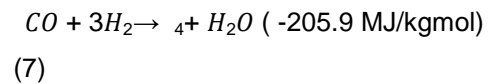
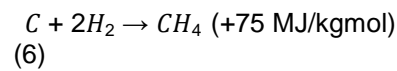
Steam-carbon reaction :



water-gas shift reaction

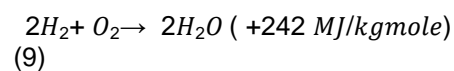
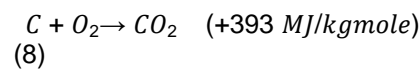


methanation



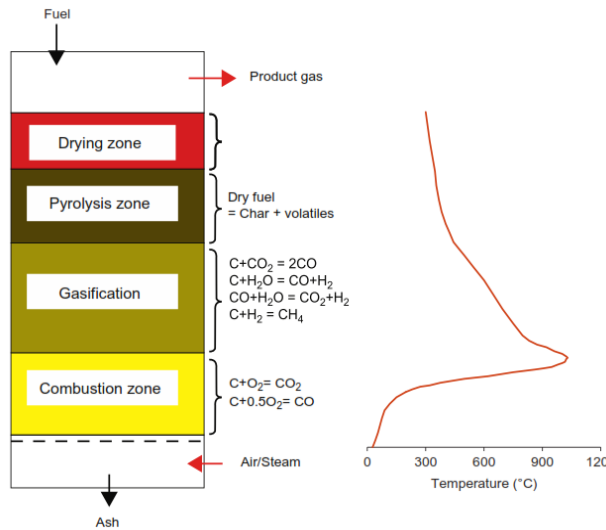
4. Oksidasi Parsial

Proses oksidasi adalah proses yang menghasilkan panas (*eksoterm*) yang memanaskan lapisan karbon di bawah. Proses ini terjadi pada temperatur yang relatif tinggi, umumnya 700 °C -1500 °C. Pada temperatur setinggi ini pada *gasifier (downdraft)*, akan memecah substansi tar sehingga kandungan tar yang dihasilkan lebih rendah. Adapun reaksi kimia yang terjadi pada proses oksidasi ini adalah sebagai berikut :



Pada proses pembakaran didalam reaktor suhu yang diperlukan untuk

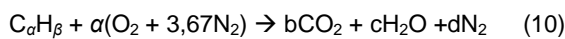
pembakaran pada masing-masing fase terlihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Tahapan dan distribusi suhu pada *Updraft gasifier* [10]

Perhitungan Stoikiometri Kebutuhan Udara

Jika ketersediaan oksigen untuk reaksi oksidasi mencukupi, maka bahan bakar hidrokarbon akan dioksidasi secara menyeluruh, yaitu karbon dioksidasi menjadi karbon dioksida (CO₂) dan hidrogen dioksidasi menjadi uap air (H₂O)[11]. Pembakaran yang demikian disebut sebagai pembakaran stoikiometri dan selengkapnya persamaan reaksi kimia untuk pembakaran stoikiometri dari suatu bahan bakar hidrokarbon (C_αH_β) dengan udara dituliskan sebagai berikut [12]:



Kesetimbangan:

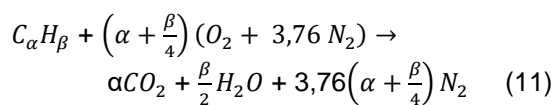
$$C : \alpha = b$$

$$H : \beta = 2c \rightarrow c = \beta/2$$

$$O : 2a = 2b + c \rightarrow a = b + c/2 \rightarrow a = \alpha + \beta/4$$

$$N : 2(3,76)a = 2d \rightarrow d = 3,76a \rightarrow d = 3,76(\alpha + \beta/4)$$

Substitusi persamaan - persamaan kesetimbangan di atas ke dalam persamaan reaksi pembakaran C_αH_β menghasilkan persamaan sebagai berikut:



Jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mendapatkan pembakaran stoikiometri adalah:

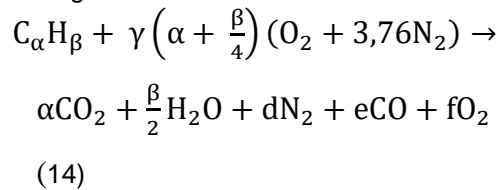
$$m_{O_2} = \frac{m_{atom O_2}}{m_{mol C_{\alpha}H_{\beta}}} \times \text{persentase } C_{\alpha}H_{\beta} \text{ (kg/kg bahan bakar)} \quad (12)$$

Stoikiometri massa yang didasarkan pada rasio udara dan bahan bakar (*air fuel ratio*) untuk bahan bakar hidrokarbon (C_αH_β) adalah sebagai berikut:

$$\left(\frac{A}{F}\right)_s = \frac{m_{air}}{m_{fuel}} = \frac{\left(\sum n_i M_i\right)}{\left(\sum n_i M_i\right)} = \frac{\left(\alpha + \frac{\beta}{4}\right) \bar{M}_{O_2} + 3,76 \left(\alpha + \frac{\beta}{4}\right) \bar{M}_{N_2}}{\alpha \bar{M}_C + \beta \bar{M}_H} \quad (13)$$

Pembakaran Non Stoikiometri

Dalam aplikasinya, mekanisme pembakaran dituntut dapat berlangsung secara cepat sehingga sistem-sistem pembakaran dirancang dengan kondisi udara berlebih [13]. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi kekurangan udara akibat tidak sempurnanya proses pencampuran antara udara dan bahan bakar. Pembakaran yang demikian disebut sebagai pembakaran non stoikiometri dan selengkapnya persamaan reaksi kimia untuk pembakaran non stoikiometri dari suatu bahan bakar hidrokarbon (C_αH_β) dengan udara dituliskan sebagai berikut:



Keterangan:

- Pembakaran dengan komposisi campuran stoikiometri. Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang maksimum dengan kehilangan panas yang minimum. Hasil pembakaran ini berupa CO₂, uap air, dan N₂.
- Pembakaran dengan komposisi campuran miskin. Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang maksimum tetapi diikuti dengan bertambahnya kehilangan panas karena udara berlebih. Hasil pembakaran berupa CO₂, uap air, O₂ dan N₂.
- Pembakaran dengan komposisi campuran kaya. Pada proses ini terjadi perpindahan panas yang kurang maksimum karena ada bahan bakar yang belum terbakar. Hasil pembakaran berupa HC, CO, CO₂, H₂O, dan N₂. Sedangkan fraksi karbon terbentuk dari reaksi sekunder antara CO dan H₂O.

Mesin Diesel

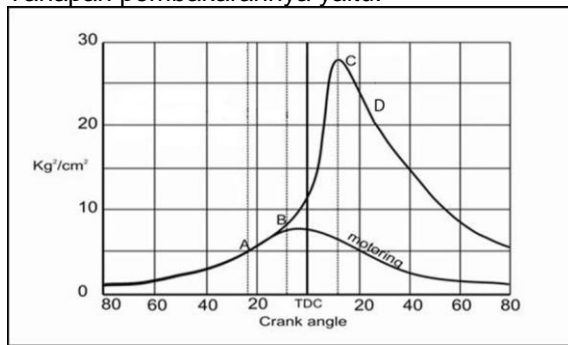
Mesin diesel bekerja dengan menghisap udara luar murni, kemudian

(3.01)

dikompresikan sehingga mencapai tekanan dan temperatur yang tinggi. Sesaat sebelum mencapai TMA, bahan bakar diinjeksikan dengan tekanan yang sangat tinggi dalam bentuk butiran-butiran halus dan lembut. Kemudian butiran-butiran lembut bahan bakar tersebut bercampur dengan udara bertemperatur tinggi dalam ruang bakar dan menghasilkan pembakaran [14].

Tahapan Pembakaran pada Mesin Diesel

Untuk terjadinya pembakaran pada ruang bakar, ada beberapa syarat yang harus dipenuhi, antara lain: adanya campuran yang dapat terbakar, adanya sesuatu yang menyulut terjadinya pembakaran, stabilisasi dan propagasi dari api dalam ruang bakar. Proses pembakaran pada mesin diesel memiliki beberapa tahapan yang digambarkan dalam diagram P- θ seperti pada gambar 4. Tahapan pembakarannya yaitu:



Gambar 4. Tahapan pembakaran pada mesin [14]

a. Tahap Pertama

Tahap ini disebut juga *Ignition Delay Period* yaitu area dalam rentang A-B pada gambar 4. Tahapan ini merupakan periode atau rentang waktu yang dibutuhkan bahan bakar ketika saat pertama kali bahan bakar diinjeksikan (titik A) hingga saat pertama kali muncul nyala pembakaran (titik B). Artinya, selama periode tersebut tidak terjadi proses pembakaran. Panjangnya periode ini biasanya dipengaruhi oleh properties yang dimiliki bahan bakar yaitu temperatur terbakar sendiri bahan bakar, tekanan injeksi atau ukuran *droplet*, sudut awal injeksi, rasio kompresi, temperatur udara masuk, temperatur cairan pendingin, temperature bahan bakar, tekanan udara masuk (*supercharge*), kecepatan/putaran mesin diesel, rasio udara-bahan bakar, ukuran mesin, jenis ruang bakar.

b. Tahap Kedua

Pada tahap ini terjadi apa yang disebut *Rapid or Uncontrolled Combustion* yang

maksudnya adalah periode awal pembakaran hingga *flame* mulai berkembang yang diindikasikan oleh area B-C pada gambar 4. Bahan bakar berupa *droplet-droplet* di selubungi oleh udara bertemperatur tinggi, sehingga panas yang diterima akan menguapkan *droplet-droplet* bahan bakar tersebut. Bagian terluar *droplet-droplet* tersebut yang lebih dulu menerima panas dan menguap kemudian terbakar. Panas yang ditimbulkan oleh pembakaran tersebut naik sangat drastis dan memicu proses yang sama pada bagian lain yang belum terbakar dengan cepat dan tidak beraturan. Proses ini menyebabkan kenaikan tekanan yang sangat besar.

c. Tahap Ketiga

Pada tahap ini terjadi apa yang disebut *Controlled Combustion* seperti diindikasikan oleh area C-D pada gambar 4, dimana bahan bakar segera terbakar setelah diinjeksikan. Hal ini disebabkan nyala pembakaran yang terjadi pada periode sebelumnya bergerak bersama menuju *droplet-droplet* yang baru diinjeksikan. Pembakaran dapat dikontrol dengan sejumlah bahan bakar yang diinjeksikan pada periode ini. Periode ini berakhir setelah injektor berhenti menginjeksikan bahan bakar ke ruang bakar.

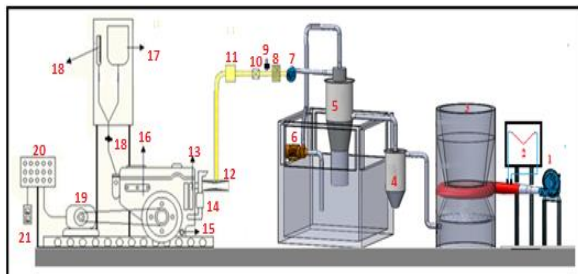
d. Tahap Keempat

1. Meskipun pada tahap ketiga telah selesai proses injeksi bahan bakar, kenyataannya masih ada bahan bakar yang belum terbakar seluruhnya. Dalam hal ini nyala pembakaran terus berkembang membakar bahan bakar yang tersisa pada ruang bakar. Periode ini disebut juga *after burning* yang diindikasikan oleh area setelah titik D pada gambar 4. Apabila kenyataannya masih ada bahan bakar yang belum terbakar sementara piston telah bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA) untuk melakukan langkah buang, maka sisa-sisa bahan bakar tersebut akan ikut keluar bersama gas buang sebagai *unburnt fuel*

3. METODE PENELITIAN

Sebelum penelitian dilakukan, reaktor dipanasi terlebih dahulu dengan waktu yang dibutuhkan 5 menit. Setelah dinding reaktor panas akan memudahkan pembakaran serbuk kayu. Dengan sisa nyala api yang masih ada didalam reaktor maka serbuk kayu siap dimasukkan kedalam reaktor sampai penuh dan menutup reaktor dengan rapat hingga

asap tidak bisa keluar. Blower tekan dihidupkan untuk mensuplai udara didalam reaktor. Asap yang keluar akan berubah menjadi gas jika perbandingan udara dan serbuk kayu sama. Gas yang dihisap akan melewati water scrubber. *Water scrubber* berfungsi untuk menangkap debu/abu yang ikut larut bersama gas. Blower hisap dihidupkan untuk menghisap asap/gas yang keluar dari reaktor hingga masuk melalui melalui pipa yang dilengkapi selang untuk menyalurkan gas kedalam mesin diesel. Setelah gas keluar maka mesin diesel siap dihidupkan dan dimulailah dengan pembebanan pada generator listrik. Pada gambar 5 terlihat skema pengujian single dan dual fuel hingga didapatkan asap mesin diesel dengan pembebanan maksimal 2400 watt.



Gambar 5. skema pengujian

Keterangan

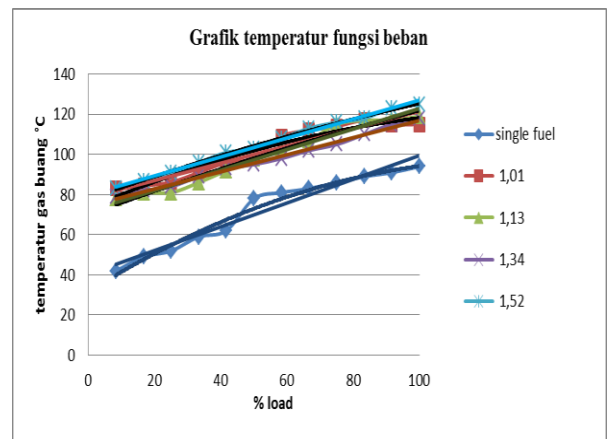
- | | |
|---------------------------------|-------------------|
| 1. Blower | 5. Water scrubber |
| 2. Manometer U | 6. Pompa air |
| 3. Reaktor gasifikasi | 7. Blower isap |
| 4. Cyclone | 8. Saringan gas |
| 9. Valve pembuangan gas | |
| 10. Valve syngas masuk ke mesin | |
| 11. Flow meter | |
| 12. mixer | |
| 13. Temperatur air | |
| 14. Temperatur gas buang | |
| 15. Temperatur oli | |
| 16. Temperatur mesin | |
| 17. Tangki solar | |
| 18. Gelas ukur | |
| 19. Generator set | |
| 20. Pembebanan lampu | |
| 21. Voltage dan ampere | |

4. HASIL DAN PEMBAHASAN Emisi Gas Buang.

Emisi gas buang mempunyai pengaruh yang buruk terhadap manusia dan lingkungan, berdasarkan data hasil pengujian emisi gas buang pada motor diesel generator set, dimana untuk pembakaran yang baik CO, HC,

dan NOx harus rendah sedangkan CO₂ tinggi, sehingga analisa yang didapat untuk kondisi pembakaran motor yang baik dan aman terhadap manusia. Untuk pembakaran yang tidak memenuhi standar biasanya kadar CO, HC dan CO tinggi dan CO₂ rendah, sehingga menjadi emisi gas buang kurang baik terhadap lingkungan. Komponen-komponen gas buang yang membahayakan itu antara lain adalah asap hitam (angus), Hidrokarbon yang tidak terbakar (UHC), Karbon monoksida (CO), Oksigen Nitrogen (NO) dan NO₂, NO dan N₂O, bisa dinyatakan dengan NOx, namun jika perbandingan dengan motor bensin dengan motor diesel tidak banyak mengandung CO dan UHC.

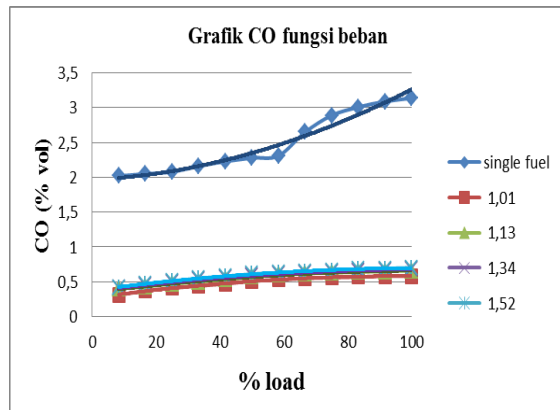
Temperatur gas buang



Gambar 6. Temperatur gas buang

Dari gambar 6 diatas merupakan pengukuran temperatur gas buang. Pada *single fuel*, gas buang yang dihasilkan dari pembakaran mempunyai suhu sangat rendah. Berbeda dengan pembakaran yang menggunakan campuran bahan bakar *syngas*, temperatur menggunakan *dual fuel* akan semakin naik karena *syngas* sendiri mempunyai suhu panas. Apabila suhu panas pada *syngas* dicampur dengan suhu pembakaran maka akan menaikkan temperatur pada gas buang. setelah dilakukan pengujian terdapat perbedaan temperatur antara *single fuel* dan *dual fuel* yang lebih menonjol. Perbedaan temperatur *single fuel* berkisar antara 40°C sampai 98°C dengan adanya variasi beban dan putaran pada mesin konstan. sedangkan temperatur gas buang *dual fuel* dengan kisaran antara 79°C sampai 125°C.

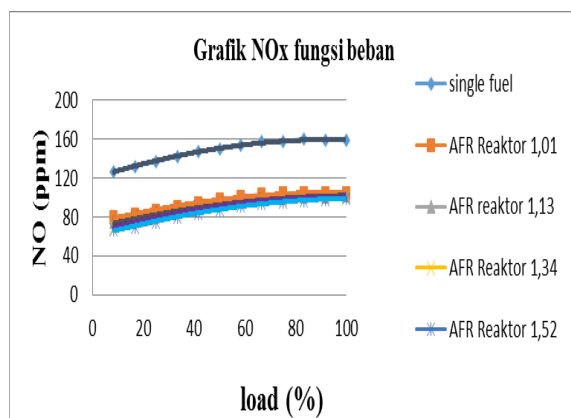
Karbon Monoksida (CO)



Gambar 7. grafik carbon monoksida (CO)

Dari gambar 7 diatas merupakan perbandingan karbon monoksida antara *single fuel* dan *dual fuel*. Tingginya kadar karbon monoksida pada *single fuel* cenderung bergerak naik mengikuti penambahan beban. Jika beban naik maka tenaga yang dibutuhkan pada mesin akan semakin tinggi karena untuk mengimbangi penambahan beban. Pada grafik *dual fuel* dengan putaran mesin konstan maka CO yang dihasilkan cenderung naik tetapi tidak seperti *single fuel*. Gas yang masuk pada mesin diesel pada *dual fuel* akan bercampur dengan bahan bakar yang homogen sehingga bahan bakar *single fuel* kadar karbon CO akan menurun. Menurunnya CO pada *dual fuel* karena syngas dari biomassa merupakan gas yang ramah lingkungan dan akan mengurangi efek dari rumah kaca.

Nitrogen Oxide (NOx)

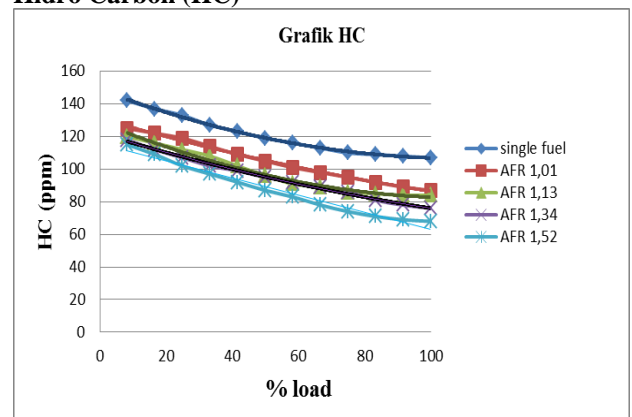


Gambar 8. Nitrogen Oxide pada pada gas buang

Tingginya perbedaan kandungan nilai NOx pada *single fuel* dan *dual fuel* pada gambar grafik diatas. Nitrogen oxide pada *single fuel* pada kisaran 125 ppm sampai 160

ppm. Setelah bahan bakar yang dicampur menggunakan syngas dapat menurunkan nitrogen oxide. Semakin tinggi prosentasi syngas yang masuk pada pembakaran akan semakin meminimalkan nitrogen oxide yang keluar dari gas buang. Gambar 8 menunjukkan variasi dalam kurva emisi NOx dari diesel dengan syngas. Nitrogen oksida dalam emisi gas buang mengandung nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Pembentukan NOx sangat tergantung pada suhu disilinder dan konsentrasi oksigen di dalam silinder. NOx sangat rendah pada syngas bila dibandingkan dengan bahan bakar lain. Karena nilai panas yang lebih sedikit dibandingkan dengan diesel. Untuk syngas, Nox karena suhu pada silinder rendah dan juga karena tingkat pembakaran bahan bakar gas berlebih dengan adanya CO₂ di syngas dapat mengencerkan udara masuk.

Hidro Carbon (HC)



Gambar 9. Hidro Carbon pada gas buang

Apabila emisi HC tinggi, menunjukkan ada 3 kemungkinan penyebabnya yaitu CC yang tidak berfungsi, AFR yang tidak tepat (terlalu kaya) atau solar tidak terbakar dengan sempurna di ruang bakar. Pada grafik diatas emisi hidro carbon sangat tinggi pada *single fuel* karena masih bahan bakar murni sehingga kadar emisinya masih cukup tinggi. Setelah ada penambahan syngas kadar emisi hidro carbon menurun cukup drastis, ini terdapat penambahan syngas mempengaruhi bahan bakar solar menjadi miskin karena terdapat penambahan gas yang mudah terbakar yang bercampur dengan oksigen

5. PENUTUP

Kesimpulan

Dalam penelitian ini, pengukuran uji kinerja mesin diesel yang beroperasi dengan bahan bakar solar dan *syngas* dari biomassa serbuk kayu. Mesin diesel kecil dengan kecepatan konstan dan variasi beban pada generator listrik. Kinerja mesin diesel dan emisi gas buang telah diketahui secara eksperimen dan dapat ditarik kesimpulan

1. Konsumsi bahan bakar *dual fuel* akan dapat menghemat bahan bakar solar hingga 40%.
2. Pada saat pengaturan *dual fuel* efisiensi mesin akan meningkat sebesar 25%.
3. Peningkatan suhu pada mesin diesel menggunakan bahan bakar *dual fuel* lebih tinggi bila dibandingkan dengan bahan bakar *single fuel*.
4. Dengan menggunakan *syngas* biomassa ada pengurangan emisi CO dan emisi HC serta NOx. Emisi hidrokarbon dan emisi karbon monoksida serta nitrogen oxide menurun seiring dengan persentase kandungan *syngas* yang meningkat pada bahan bakar dibandingkan dengan bahan bakar diesel murni.

Saran-saran

1. Perlu dilakukan penelitian yang berhubungan dengan penggunaan biomassa selain serbuk gergaji
2. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi putaran mesin yang berbeda-beda

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Georgios Fontaras, Nikiforos-Georgios Zacharof, Biagio Ciuffo, "Fuel Consumption and CO₂ Emissions From Passenger Cars in Europe Laboratory Versus Real-World Emissions" *Progress in Energy and Combustion Science* 60, pp. (97131), 2017.
- [2] V.K.Sharir, C.P.Jawahar, P.R.suresh, V.Vinod, "Experimental Investigation on Performance and Emission Characteristics of a Common Rail Direct Injection Engine Using Animal Fat Biodiesel Blends," 1st International Conference on Power Engineering, Computing and Control, PECCON-2017, 2-4, March 2017. *Energi Procedia* 117.pp (283-290), 2017.
- [3] Rafal Slefarski, Daruisz Szewczyk, Radoslaw jankowski, Michal golebiewski, "Experimental Study Of The Comustion Process Of Gaseous Fuels

Containing Nitrogen Compounds in New, Low Emissions Zonal Volumetric Combustion Technology," *INFUB- 11Th European Conference On Industrial Furnace and Boilers, INFUB-11, Energi Procedia* 120, pp. (697-704), 2017.

- [4]. Vinay Shrivastava, Abhishekh Kumar Jha, Arun Kumar Wamankar and S. Murugand, "Performance and Emission Studies of a CI Engine Coupled with Gasifier Running in Dual Fuel Mode," *Chemical, Civil and Mechanical Engineering Tracks of 3rd NirmaUniversity International Conference (NUICONE 2012), Procedia Engineering* 51, pp (600–608), 2013.
- [5]. Rizal Alamsyah, Enny Hawani Loebis, Eko Susanto, Lukman Junaidi, Nobel Christian Siregar, "An Experimental Study on Synthetic Gas (Syngas) Production Through Gasification of Indonesian Biomass Pellet," *ference and Exhibition Indonesia - New, Renewable Energy and Energy Conservation (The 3rd Indo-EBTKE CONEX 2014), Energy Procedia* 65 (2015) 292 – 299.
- [6]. Vineet Singh Sikarwar, Ming Zhao, Paul S. Fennell, Nilay Shahd, Edward J. Anthony, "Progress in biofuel production from gasification," *Progress in Energy and Combustion Science* 61,(189248), 2017.
- [7]. Andrew N. Rollinson, Malay K. Karmakar, "On the reactivity of various biomass species with CO₂ using a standardised methodology for fixed-bed gasification," *Chemical Engineering Science* 128 (82–91), 2015.
- [8]. Nikhil Ashok Ingle, Sanjay Shridhar Lakade, "Design and Development Of Downdraft Gasifier To Generate Producer Gas," 5th International Conference on Advances in Energy Research, ICAER 2015, 15-17 December 2015, Mumbai, India. *Energy Procedia* 90 (423 – 431), 2016.
- [9]. Vladimirs Kirsanov, Dagnija Blumberga, mikelis Dzikevics, Aleksandrs Kovals, "Desain Of Experimental Investigation Of The Effect Of Equivalence Ratio, Fuel Moisture Content and Fuel Consumption On Gasificqation Process," *International Sciencetific Conference " Environmental and Climate Technologies", CONECT 2015, 14-16 October 2015, Riga, Latvia. Energy Procedia* 95 (189 – 194), 2016.
- [10]. Trifiananto.M, "Karakterisasi Gasifikasi Batubara type Updraft Dengan Variasi

- Equivalensi ratio”, Seminar Nasional Teknik Mesin 9, Surabaya , 2014.
- [11]. Jaganatham.V.M, A.Mani Khalyani, Varunkumar.S,” Unified Ignition – Devolatilization Model For Fixed Bed Biomass Gasification/Combustion”, INFUB - 11th European Conference On Industrial Furnaces and Boilers, INFUB-11, Energy Procedia 120 pp. (643-648), 2017.
- [12]. Muhammad Ammar, M. I. Abdul Mutaliba, Suzana Yusupa , Abrar Inayat, Muhammad Shahbaza , Basit Ali,” Influence of Effective Parameters on Product gas Ratios in Sorption Enhanced Gasification”, 4th International Conference on Process Engineering and Advanced Materials, Procedia Engineering 148, (735 – 741), pp. 2017.
- [13]. Joel George, P. Aruna, C. Muraleedharan,” Stoichiometric Equilibrium Model based Assessment of Hydrogen Generation through Biomass Gasification”, Global Colloquium in Recent Advancement and Effectual Researches in Engineering, Science and Technology (RAEREST 2016), Procedia Technology 25, pp.(982 – 989), 2016.
- [14]. Sungkono.D, “*Motor Bakar Torak*,” handbook ITS press, 2011.