

ANALISA EMISI GAS BUANG DARI PENGGUNAAN BAHAN BAKAR CAMPURAN BIODIESEL JARAK PAGAR DAN SOLAR PADA BOILER

Mariyamah

Dosen Prodi Pendidikan Kimia, Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan, UIN Raden Fatah Palembang, Jl. Prof. K.H. Zainal Abidin Fikri No 1A Km 3.5, Palembang 30126, Indonesia

Email; mariyamah_uin@radenfatah.ac.id

ABSTRACT

Policy of national energy that is with releasing of Perpres No. 5 The year 2006 and has been strengthened it with Permen ESDM number 12 the year 2015 where usage of biodiesel in the year 2025 can reach 30 % from the requirement either from transportation sector, household and also industry causing claims to be able to soon is realized. Fuel consumption biodiesel has been applied in transportation while fuel consumption in industry especially boiler till now has not been publication. Where boiler is a real industrial equipment determines in process of industry, especially at chemistry, fertilizer & petrochemical, oil & gas, and other manufacture. Research applies mixture fuel biodiesel from *Jatropha curcas* and solar as a fuel of boiler. And after that analysed exhaust emission of gas (CO, CO₂, HC, NO_x and smoke) with fuel mixture ratio between diesel fuels and biodiesel of *Jatropha curcas* (B5, B10, B15, B20). Research to fuel mixture between diesel fuels and *Jatropha curcas* biodiesel in the steady state gives result that exhaust gas of emission smoke of decreasing, flue gas temperature increases, CO₂ yielded decreases, CO is not seen, low HC, NO_x increases at the height of mixture ratio *Jatropha curcas* biodiesel in diesel fuel.

keywords : *Jatropha Curcas, Biodiesel, Exhaust Emission*

PENDAHULUAN

Energi fosil khususnya minyak bumi, merupakan sumber energi utama dan sumber devisa negara. Namun demikian, cadangan minyak bumi yang dimiliki Indonesia jumlahnya terbatas. Sementara itu, kebutuhan manusia akan energi semakin meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Oleh karenanya berbagai upaya telah dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif yang memiliki sifat dapat diperbaharui (renewable) dan ramah lingkungan.

Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang ditetapkan pemerintah dalam Perpres No.5/2006 adalah sebagai respon dari krisis energi yang berdampak pada semua sektor kehidupan di

Indonesia. Dari gambar 1.1 tampak bahwa energi baru terbarukan ditingkatkan hingga 17 %, dimana salah satunya yaitu bahan bakar nabati (biofuel) 5 %. Dan dalam rangka percepatan penyediaan dan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain maka dikeluarkanlah Peraturan Menteri ESDM No. 32 tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai bahan bakar lain dan telah disosialisasikan pada 13 Oktober 2008. Dan terakhir kali diubah dengan Peraturan Menteri ESDM Nomor 12 Tahun 2015. Dimana diharapkan pada tahun 2025 semua sektor baik pelayanan umum, transportasi non PSO, industri & komersial serta pembangkit listrik wajib memanfaatkan biodiesel sebesar 30 % dari kebutuhan total masyarakat

Tabel. 1 Pentahapan kewajiban minimal pemanfaatan biodiesel (B100) sebagai campuran bahan bakar minyak

Jenis Sektor	April 2015	Januari 2016	Januari 2020	Januari 2025	Keterangan
Rumah Tangga	-		-	-	Saat ini tidak ditentukan
Usaha Mikro, Usaha Perikanan, Usaha Pertanian, Transportasi, dan Pelayanan Umum (PSO)	15%	20%	30%	30%	Terhadap kebutuhan total
Transportasi Non PSO	15%	20%	30%	30%	Terhadap kebutuhan total
Industri dan Komersial	15%	20%	30%	30%	Terhadap kebutuhan total
Pembangkit Listrik	25%	30%	30%	30%	Terhadap kebutuhan total

Indonesia dikenal sebagai negara yang kaya akan keanekaragaman hayati dengan memiliki banyak tanaman penghasil minyak nabati selain kelapa sawit, salah satunya adalah Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*). Jarak Pagar merupakan tumbuhan non pangan dan tumbuhan ini pun mencapai produksi optimum 5760 kg minyak per hektarnya pada tahun ke-6 masa tanam dengan rendemen 30% minyak (Soerawidjaja, 2003).

Namun Pengalihan bahan bakar bersumber minyak bumi ke minyak biodiesel tidak dapat secara otomatis diaplikasikan pada mesin diesel. Perbedaan sifat (*properties*) kedua minyak bahan bakar tersebut mempengaruhi konstruksi sistem saluran bahan bakar dan pengaturan saat pembakaran (*injection timing*). Kekentalan minyak biodiesel lebih besar dari pada minyak diesel sehingga akan mempengaruhi laju aliran di sistem saluran bahan bakar dan formasi pengabutan bahan bakar oleh injektor. *Flash point dan pour point* kedua bahan bakar berbeda sehingga mempengaruhi pengaturan (*setting*) injeksi bahan bakar (*injection dan ignition timing*) (Tyson, 2004). Bahan bakar biodiesel mudah mengeras (*aging*) dan mengalami oksidasi (*oxidation*) sehingga korosi di

saluran bahan bakar mudah terjadi (Stombaugh et al., 2006; Strawn, 1995). Bahan bakar biodiesel mempunyai masalah kestabilan (*stability*) (Tyson, 2004).

Pengujian bahan bakar biodiesel pada mesin diesel menunjukkan indikasi yang baik pada waktu-waktu awal namun unjuk kerja akan mengalami penurunan setelah waktu berjalan agak lama. *Durability test* menunjukkan bahwa mesin akan gagal operasi secara awal ketika beroperasi dengan bahan bakar campuran yang mengandung minyak tumbuhan. Aplikasi bahan bakar petroleum yang dicampur dengan biodiesel di mana sifat bahan bakar petroleum cenderung membentuk endapan (*deposit*) dan sifat bahan bakar tumbuhan yang bisa melumasi (*lubrication ability*) menyebabkan endapan bisa lepas dan bergerak/berpindah dan efek lebih lanjut dapat menyumbat saluran bahan bakar dan saringan (Sri Utami, 2006)

Di sisi lain, efek samping yang ditimbulkan oleh polusi hasil pembakaran minyak bumi sangat beragam dari masalah pernapasan sampai pemanasan global. Masalah tersebut ditimbulkan oleh beberapa unsur yang terkandung dalam asap pembakaran antara lain : HC (hidrokarbon), NOx

(Oksida Nitrogen), CO (Karbon Monoksida), CO₂ (Karbon Dioksida), SO₂ (Belerang Dioksida). Dengan menambahkan 1% biodiesel pada solar dapat mengurangi polusi sampai 60%, dan NO_x sampai 20%. Biodiesel juga mengefisienkan pemakaian bahan bakar dan pelumasan mesin, sehingga jarak tempuh dan umur mesin lebih panjang (Sri Utami, 2006).

Salah satu peralatan mesin yang menggunakan bahan bakar diesel adalah boiler, dimana boiler merupakan peralatan industri yang sangat menentukan dalam proses industri, terutama pada industri kimia, pupuk & petrokimia, oil & gas, dan manufaktur lainnya.

Boiler adalah suatu alat yang berfungsi sebagai pembuat steam yang berupa bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk steam. Steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses.

Berdasarkan uraian di atas, masih banyak permasalahan yang terjadi dari penggunaan biodiesel maka perlu adanya penelitian dan pengembangan secara terus – menerus hingga dihasilkan bahan bakar yang layak secara mesin maupun lingkungan. dan hal tersebut juga dalam rangka mendukung pemerintah dalam mengatasi krisis energi dengan menyediakan energi baru terbarukan yang ramah lingkungan. Pengujian penggunaan biodiesel telah banyak dilakukan oleh para peneliti khususnya pada penggunaan biodiesel

di transportasi sedangkan penggunaan biodiesel pada alat – alat industri seperti boiler masih sedikit. Pada proposal ini penulis ingin mengetahui bagaimana tentang Pengaruh Persentase Rasio antara Biodiesel Jarak Pagar dan Solar terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Boiler.

METODOLOGI PENELITIAN

Peralatan dan Alat Uji

a. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah boiler yang digunakan untuk menghasilkan steam dimana steam tersebut berguna dalam proses pembuatan biodiesel

b. Alat Uji

Untuk mengetahui emisi gas buang yang terjadi dari rasio bahan bakar dan solar maka digunakanlah AUTOCHEK GAS 4/5, dimana alat ini dapat mengukur kadar CO, CO₂, HC, O₂ dan NO_x yang terjadi selama pembakaran

Deskripsi Penelitian

Boiler yang telah diisi air dibakar (dengan rasio bahan bakar biodiesel terhadap solar ditentukan) untuk menghasilkan steam yang akan digunakan untuk mengalirkan panas ke proses pembuatan biodiesel. Gas buang yang terjadi selama proses pembakaran tersebut diukur dengan alat uji emisi gas buang

Adapun data hasil uji dari penelitian ini yaitu :

Tabel. 2. Data hasil uji penelitian

Jenis Bahan	Rasio Biodiesel :	Waktu (Menit)	Emisi Gas Buang				
			CO	CO ₂	HC	O ₂	NO _x

Bakar	Solar	
Jarak	20 : 80	10
Pagar		20
(CJCO)		30
		40
		50
		60
	10 : 90	10
		20
		30
		40
		50
		60
	0 : 100	10
		20
		30
		40
		50
		60

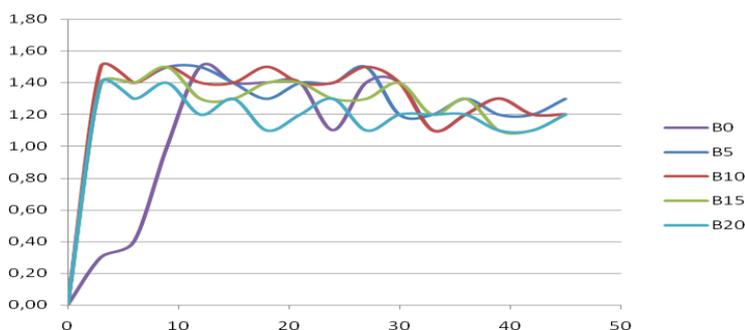
Analisa Hasil Penelitian

Emisi gas buang yang terjadi dari proses pembakaran dengan rasio pencampuran biodiesel : solar apakah akan dihasilkan emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, dilakukan analisa emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran dengan bahan bakar campuran solar dan biodiesel jarak pagar. Rasio campuran bahan bakar biodiesel jarak pagar dan solar yaitu B5, B10, B15 dan B20. Pengukuran emisi gas buang yang dilakukan meliputi CO₂, CO, HC, O₂, NO_x dan selain itu juga AFR dan Lamba yang terjadi selama proses pembakaran selama 45 menit dengan interval waktu penghitungan per 3 menit. Sehingga hasil dari data ini akan diketahui pengaruh penambahan biodiesel

jarak pagar dengan melihatnya dari emisi



gas buang. Sebagai pembanding digunakan 100 % solar.

Analisa Emisi Bahan Bakar

a. Asap

Emisi asap yang terjadi agak berkurang ketika menggunakan bahan bakar campuran biodiesel dan solar. Pada saat mulai terjadi pembakaran asap yang dihasilkan lebih banyak dan akan berkurang ketika keadaan mulai steady yaitu terjadi pada menit ke 33, dimana pada kondisi ini uap yang sudah terbentuk dialirkan ke pilot plant biodiesel. Menurut P.V. Krishna Murthy et al. dan M. Pugazhvadivu et al. (2009), hal ini disebabkan rasio antara C/H dari bahan bakar biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan solar dan juga adanya oksigen di dalam ikatan bahan bakar biodiesel

menyebabkan terjadi pembakaran yang lebih

sempurna. Dan menurut Y. V. Hanumantha Rao et al., (2009) hal ini terjadi karena pembakaran yang

lambat di ekspansi dan pembuangan.

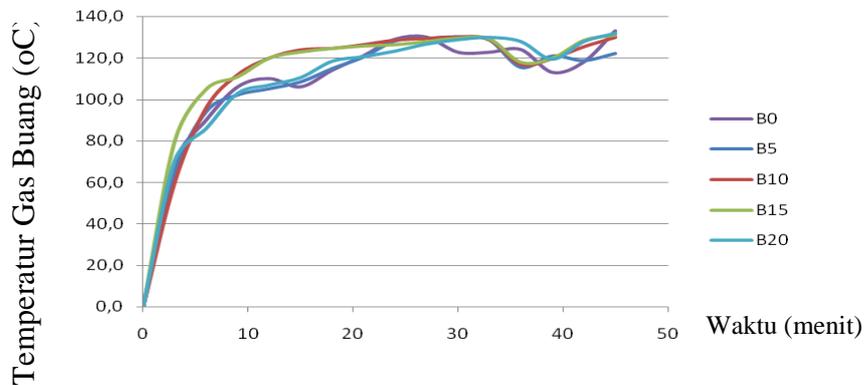
Waktu (menit)

Gambar 1. Hubungan antara Asap terhadap lamanya waktu operasional boiler

b. Temperatur Gas Buang

Temperatur gas buang mengindikasikan jumlah panas yang dibuang melalui gas buang. Temperatur gas buang pada berbagai campuran rasio biodiesel jarak pagar dan solar ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Temperatur gas buang pada B20 paling tinggi. Temperatur gas buang meningkat dengan meningkatnya jumlah campuran biodiesel di dalam bahan bakar. Temperatur gas

buang berhubungan dengan status pembakaran di dalam burner. Menurut Y.V. Hanumantha Rao et al., dan M.K. Paswan et al., (2009) Alasan peningkatan temperatur gas buang terjadi karena hambatan pengapian dan meningkatnya jumlah bahan bakar yang diinjeksikan. Temperatur gas buang dapat berkurang dengan penyetelan waktu injeksi / tekanan injeksi dari burner



Gambar 2. Hubungan antara Temperatur Gas Buang dengan lamanya waktu operasional boiler

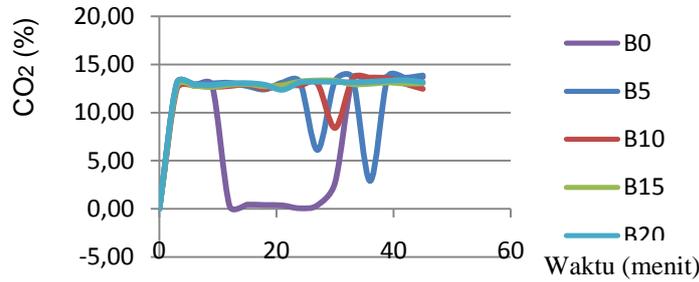
c. Emisi CO₂

Besarnya nilai CO₂ menunjukkan homogenitas percampuran udara dan bahan bakar serta efisiensi pembakaran sebuah mesin. Untuk proses pembakaran yang paling sempurna nilai CO₂ sebesar 16%, namun kita susah mengkondisikan hal tersebut. Oleh karenanya nilai CO₂ berkisar antara 12% s/d 16%.

Namun pada saat kita memperhatikan nilai CO₂, kita harus mengamati pergerakan nilai O₂, jika nilai O₂nya tinggi (diatas 3% atau lebih) ada kemungkinan terjadi kebocoran pada cerobong asap keluaran, dan jika cerobong bocor, maka nilai CO₂ tidak bisa dipakai sebagai patokan kesempurnaan pembakaran.

Emisi CO₂ dari boiler pada berbagai rasio campuran biodiesel jarak pagar dan solar ditunjukkan pada gambar dibawah. Pada awal pembakaran CO₂ yang terjadi menunjukkan tren

yang hampir sama antara B5, B10, B15 dan B20 dan ketika steam mulai dialirkan ke pilot plant, emisi CO₂ untuk B20 lebih rendah dibandingkan dengan solar.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara besarnya CO₂ dan lamanya waktu operasional boiler

d. Emisi CO

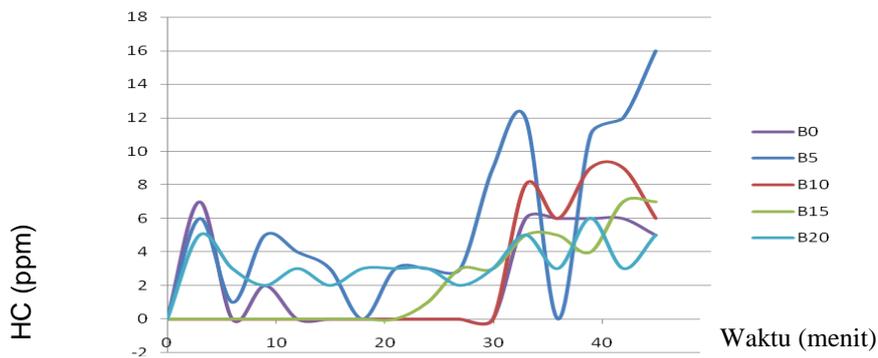
CO adalah sisa bahan bakar yang tidak terbakar dan ikut terbuang keluar lewat knalpot. Kondisi ini disebabkan oleh percampuran udara dan bahan bakar dalam mesin yang tidak seimbang, dimana jumlah bagian bahan bakarnya lebih banyak daripada jumlah bagian udaranya, atau dengan kata lain terjadi campuran kaya / RICH (kebanyakan bensin).

Dari hasil yang didapat menunjukkan bahwa tidak terjadi emisi CO baik solar maupun campuran

biodiesel dan solar, yang berarti terjadi pembakaran yang sempurna.

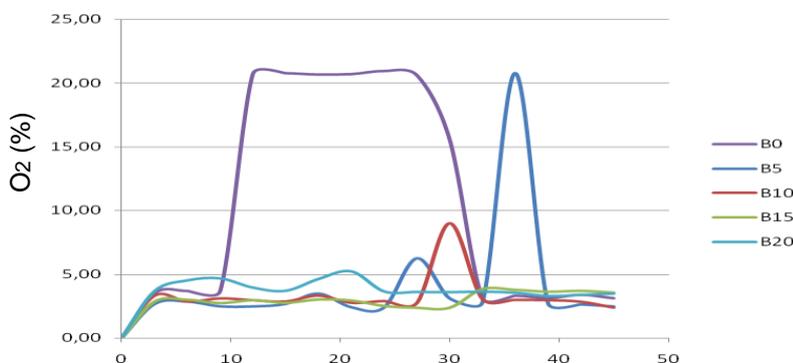
d. Emisi Hidrokarbon

Biodiesel memberikan HC yang rendah dibandingkan dengan solar. Ketika keadaan unsteady HC dikit tetapi ketika keadaan sudah steady dan steam sudah dialirkan HC akan meningkat tetapi lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan solar baik dalam keadaan steady maupun unsteady.



Gambar 4 Hubungan HC dan lamanya waktu operasional boiler

e. Kadar O₂



Waktu (menit)

Gambar 5. Hubungan antara O₂ dan lamanya waktu operasional boiler

Setiap terjadi proses pembakaran, selalu memerlukan udara untuk membentuk homogenitas campuran udara dan bahan bakar sehingga mudah dibakar dengan api busi. Besarnya nilai O₂ yang diizinkan adalah maksimal 2%, semakin kecil semakin bagus, yang berarti udara yang masuk ke mesin dapat dimanfaatkan sepenuhnya untuk pembakaran. Namun ada kalanya nilai O₂ sangat extreme tinggi (lebih besar dari 2 %), hal ini biasanya pertanda cerobong bocor.

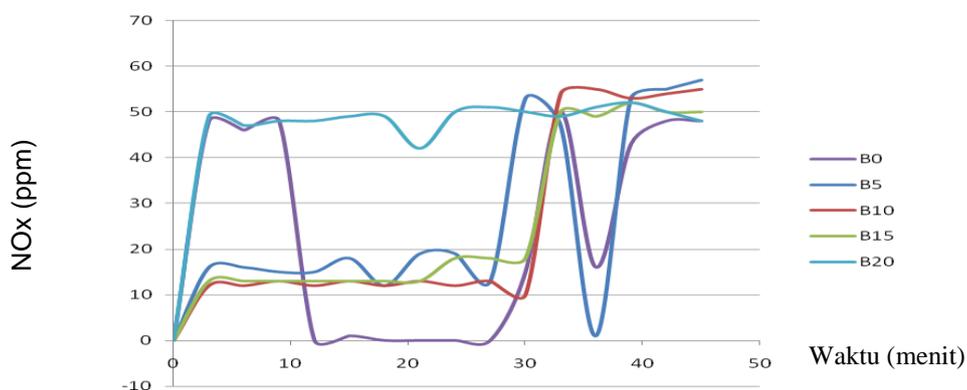
Dari gambar terlihat bahwa O₂ yang terjadi mengalami peningkatan bila rasio biodiesel ditingkatkan yaitu terjadi ketika steam mulai dialirkan ke pilot plant.

f. Emisi Nox

Emisi NOx dari boiler dengan menggunakan B5, B10, B15 dan B20 dari biodiesel jarak pagar dibandingkan dengan solar, menunjukkan bahwa terjadi fluktuasi seperti gambar dibawah. Hal ini

terlihat bahwa dengan peningkatan konsentrasi campuran biodiesel, terjadi peningkatan emisi NOx. Formasi NOx tergantung dari adanya oksigen dan temperatur pembakaran. Oksigen di biodiesel beroksidasi dengan nitrogen sehingga meningkatkan emisi NOx (M. Pugazhivadivu et al., 2009). Hal ini terlihat dari hasil, campuran yang paling rendah yaitu B5 menghasilkan emisi Nox yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran biodiesel yang lain.

Menurut Y.V. Hanumantha Rao et al., (2009) emisi NOx meningkat drastis untuk campuran dibandingkan dengan solar. Hal ini mungkin terjadi karena lambatnya pembakaran campuran biodiesel selama ekspansi. Alasan peningkatan emisi NOx karena durasi pembakaran yang panjang dan terus-menerus yang berhubungan dengan reduksi di temperatur pembakaran.

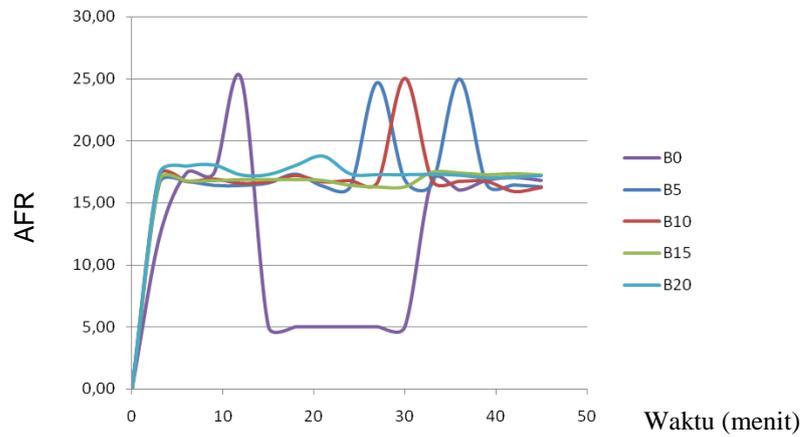


Gambar 6. Hubungan antara emisi Nox dan lamanya waktu operasional boiler

g. Air Fuel Ratio (AFR)

AFR adalah perbandingan campuran udara dan bahan bakar, normalnya 14,7. Kurang dari itu campuran gemuk (kebanyakan bensin) dan kalau

lebih dari itu campuran kurus (kebanyakan udara). Dari hasil terlihat bahwa AFR yang terjadi selama pembakaran menunjukkan hasil yang hampir sama baik pada penggunaan B5, B10, B15 maupun B20.

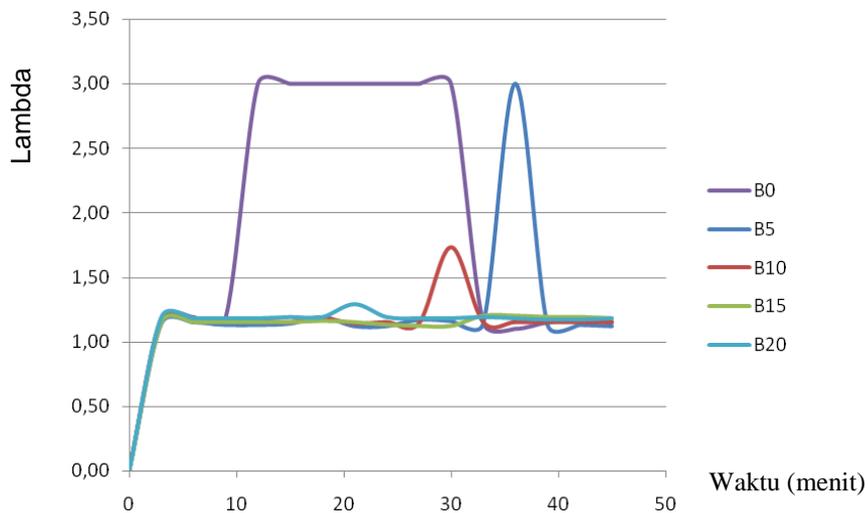


Gambar 7. Hubungan antara AFR dan lamanya waktu operasional boiler

h. Lambda

LAMBDA : adalah perbandingan campuran bensin udara yang terjadi, dengan perbandingan bensin

udara ideal (1 : 14,7). Semakin banyak campuran biodiesel jarak pagar di dalam bahan bakar maka semakin besar lambda.



Gambar 8. Hubungan antara lambda dan lamanya waktu operasi

Ada beberapa alasan (Bambang Sugiarto et al., 2005) yang akan diungkap di sini terkait dengan apa yang terjadi dalam pembakaran bahan bakar biodiesel terutama kemampuannya dalam mereduksi emisi. Pertama, methyl ester mengandung atom oksigen dalam molekulnya sedangkan solar tidak. Penambahan oksigen dalam bahan bakar berarti terjadi pembakaran berlebih yang memungkinkan partikulat dan hidrokarbon terbakar terlebih dahulu sebelum meninggalkan

ruang bakar. Kedua, meningkatnya nilai cetana. Bahan bakar dengan nilai cetana lebih tinggi akan mudah terbakar dibanding dengan yang lebih rendah. Ketiga, panjangnya rantai karbon dan ikatan rangkap dalam bahan bakar biodiesel. Umumnya, ikatan rangkap lebih sedikit dan bertambahnya panjang rantai karbon akan menurunkan emisi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu penggunaan bahan bakar campuran antara biodiesel jarak pagar dan solar dengan rasio B5, B10, B15, B20 pada boiler, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Temperatur gas buang meningkat dengan penambahan biodiesel jarak pagar
2. Emisi asap yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar biodiesel dan solar pada boiler, lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar 100 % solar
3. Emisi CO₂ yang dihasilkan berkurang dengan penambahan biodiesel jarak pagar pada bahan bakar dibandingkan dengan solar
4. Emisi CO tidak terlihat baik pada penggunaan bahan bakar solar maupun campuran biodiesel jarak pagar dan solar
5. Semakin besar rasio biodiesel jarak pagar pada bahan bakar maka hidrokarbon (HC) yang dihasilkan semakin rendah
6. Emisi NO_x meningkat dengan meningkatnya campuran biodiesel jarak pagar
7. Campuran B20 memberikan hasil yang paling baik
8. Formasi campuran yang baik dan emisi asap yang rendah adalah faktor kunci untuk performa boiler yang bagus. Faktor-faktor sifat properties suatu bahan bakar mempengaruhi pembakaran yang terjadi.
9. Penggunaan biodiesel jarak pagar pada bahan bakar di boiler dapat memberikan pengurangan dampak lingkungan akibat kegiatan industri, mengurangi ketergantungan terhadap minyak bumi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ---. Bahan Bakar & Pembakaran.
- [2] ---. Boiler & Pemanas Fluida Termis.
- [3] Chakrabarti, M.H and M. Ali. 2009. Performance of Compression Ignition Engine with Indigenous Castor Oil Biodiesel in Pakistan. NED University Journal of Research
- [4] Djokosetyardjo, M.J. 2006. Ketel Uap. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- [5] Fajar, R. et al. 2002. Indonesian Experience in Using biodiesel Emission and Performance Testing on engine Test Bed and Chassis Dynamometer. 2002 International Oil Palm Conference.
- [6] Handayani, S.U, S. Darmanto, M. T. Susanti dan W. Soediono. Produksi Biodiesel Kapuk Randu dan Uji Unjuk Kerja di Mesin Diesel.
- [7] Knothe, G., C.A. Sharp and W. Ryan. Exhaust Emissions of Biodiesel, Petrodiesel, Neat Methyl Esters and Alkanes in a New Technology Engine. 2005.
- [8] Mulyantara, L.T. dan Koes Sulistiadji. Biodiesel, Bahan Bakar Campuran Ramah Lingkungan. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian.
- [9] Pudjanarsa, A. dan D. Nursuhud. 2006. Mesin Konversi Energi. Penerbit ANDI Yogyakarta.
- [10] Pugazhivadivu, M and S. Rajagopan. 2009. Investigations on a Diesel Engine Fuelled with Biodiesel Blends and Diethyl Ether as an Additive. Indian Journal of Science and Technology. Vol. 2 No 5 (May 2009).
- [11] Rao, T.V., G.P. Rao and K.H.C. Reddy. 2008. Experimental Investigation of Pongamia, Jatropha and Neem Methyl Esters as Biodiesel on C.I. Engine. Jordan Journal of Mechanical

- and Industrial Engineering, Vol 2 No2, June 2008, Pages 117 – 122
- [12] Rao, T.V., R.S. Voleti, A.V.S. Raju and P.N. Reddy. 2009. Experimental Investigations on Jatropha Biodiesel and Additive in Diesel Engine. Indian Journal of Science and Technology. Vol. 2 No 4 (Apr. 2009)
- [13] Shaha, A.K. 1974. Combustion Engineering and Fuel Technology. Oxford & IBH Publishing CO. India
- [14] Shields, C.D. Boilers. McGraw-Hill Book Company, New York
- [15] Sugiarto, B, Frans Setiawan dan T. Suryantoro. 2005. Studi Emisi Dan Heat Release Biodiesel Minyak Sawit Dan Minyak Jarak Pada Mesin Diesel Indirect Injection. Jurnal Teknologi, Edisi No. 2, Tahun XIX, Juni 2005.
- [16] Soerawidjaja, T.H dan A. Tamar. 2003. Hubungan antara Komposisi Minyak Nabati Bahan Mentah dengan Kualitas Bahan Bakar Biodiesel. Prosiding SRKP 2003 Teknik Kimia UNDIP.
- [17] Soni Solistia Wirawan, Potential of Jatropha curcas L., Institution for Design Engineering and Technology System Agency for the Assessment and Application of Technology, Joint Task 40 /ERIA workshop, Tsukuba, Japan, October 2009.
- [18] Trubus 432. November 2005.
- [19] Trubus 442. September 2006.
- [20] TSI Incorporated. 2004. Combustion Analysis Basics.
- [21] Van Gerpen, et al. 1995. Determining the Optimum Composition of a Biodiesel Fuel. Iowa State University.