

Modifikasi Pengumpan Pada Reaktor Gasifier Tipe Updraf Kontinyu Berbahan Baku Limbah Tandan Sawit

Modifications Feeder on Gasifier Reactor type Updraf Continuous Made From Bunches Waste Oil

Puji Widodo, Dedy A. Nasution, Ahmad Asari

Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian
Situgadung, Tromol Pos 2 Serpong 15310, Banten.
Email : pjwdodo73@yahoo.com, bbpmektan@yahoo.go.id

ABSTRAK

Pemanfaatan reaktor gasifier tipe updraf pada saat ini masih dilakukan secara diskontinyu dimana produksi gas yang dihasilkannya tergantung pada input pemasukan bahan baku ke dalam reaktor. Permasalahan pada reaktor gasifier adalah pemasukan bahan baku ke dalam reaktor masih dilakukan dengan cara membuka tutup reaktor sehingga gas yang sudah terbentuk dalam tabung reaktor terbuang dan gas tersebut dapat membahayakan operator karena keracunan gas serta mencemari udara lingkungan. Upaya untuk mencegah pencemaran udara lingkungan dan keracunan dapat dilakukan dengan memodifikasi pengumpan pada reaktor gasifier agar dihasilkan produksi gas secara kontinyu dan reaktor beroperasi secara aman bagi operatornya. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototipe modifikasi pengumpan pada reaktor gasifier tipe downdraf secara kontinyu agar dapat beroperasi secara aman bagi operator. Metode penelitian ini menggunakan metode perekayasaan yang meliputi tahapan kegiatan survey, penentuan parameter disain, disain & fabrikasi, uji fungsional, modifikasi dan uji kinerja prototipe modifikasi gasifier tipe updraf secara kontinyu. Bahan baku yang digunakan adalah prototipe hasil modifikasi pengumpan pada reaktor gasifier dan limbah tandan sawit yang telah dicacah menjadi potongan-potongan kecil berukuran rata-rata 5 cm dengan menggunakan alsin pencacah limbah tandan sawit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modifikasi sistem pengumpan pada gasifier tipe updraf kontinyu dapat meningkatkan kinerja gasifier, operator lebih aman pada saat mengoperasikan alsin gasifier tersebut dan produksi lebih cepat dari 10 menit menjadi 1 menit, masa proses produksi gas lebih lama dari 20 menit menjadi 60 menit.

Kata kunci : Reaktor gasifier updraf, modifikasi dan limbah tandan sawit.

Diterima: 10 April 2015, disetujui 24 April 2015

PENDAHULUAN

Limbah biomassa merupakan bahan organik sebagai produk samping pertanian, yang apabila tidak diolah dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Tandan sawit yang dihasilkan setelah proses pengepresan minyak merupakan bahan limbah biomassa yang belum dimanfaatkan oleh pabrik dan pada umumnya limbah ini hanya diletakkan di sepanjang jalan pabrik dan limbah menumpuk sehingga akan membuat pencemaran lingkungan. Salah satu upaya untuk memanfaatkan limbah tandan sawit dilakukan

dengan mengkonversi limbah biomassa menjadi energi alternative pengganti energi fosil yang termanfaatkan dan konversi limbah dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan.

Kelapa Sawit merupakan tanaman budidaya yang menghasilkan minyak nabati yaitu *Crude Palm Oil* (CPO), dalam proses pengolahan kelapa sawit selain menghasilkan CPO juga menghasilkan limbah yang sangat banyak. Kelapa sawit sebanyak 1 ton akan mampu menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (*Shell*) sebanyak 6,5% atau 65 kg, *wet decanter solid* (lumpur sawit) 4 % atau 40 kg, serabut (*Fiber*) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50%. Salah satu perusahaan pengolah sawit, PT. Korindo – Boven Digoel, memiliki limbah padat yang jumlahnya cukup besar yaitu sekitar 126.317,54 ton/tahun (2012). namun pemanfaatannya masih terbatas, sementara ini hanya dibakar dan sebagian dihamparkan pada lahan kosong sebagai mulsa/pupuk di kawasan sekitar pabrik (Sunarwan, B dan Juhana, R. 2013). Dari penelitian pemanfaatan limbah, diketahui tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki potensi besar untuk dijadikan bahan bakar nabati (BBN). Hasil uji laboratorium terhadap limbah TKKS memiliki jumlah kalor sebesar 4.492,7436 kalori/g (4.492,7436 Kkal/kg) atau 18.719,4656 joule/g serta mengandung pati 11,550 % bb dan mengandung selulosa 41,392 % bb.

Teknologi gasifikasi merupakan konversi bahan bakar padat menjadi gas dengan reaksi pada kondisi panas dengan udara atau *oxygen* yang terbatas atau mencampurkan dengan uap air dalam komposisi tertentu agar menghasilkan gas-gas yang mudah terbakar (*combustible gasses*) yaitu CO, CH₄, H₂ dan mengurangi terjadinya pembakaran sempurna yang menghasilkan CO₂. Perbandingan komposisi udara/oxygen dan bahan bakar (*air fuel ratio*) akan mempengaruhi komposisi gas yang dihasilkan. Selain itu, karakteristik biomassa yang berbeda-beda mempengaruhi karakteristik gasnya (*syngas*). Penelitian gasifikasi limbah perkebunan telah dilakukan di Pusat Penelitian Perkebunan pada tahun 2010 dan 2011. Hasil gasifikasi pada tempurung kelapa menunjukkan bahwa Hasil penelitian didapatkan nilai kalor bawah, komposisi syn-gas dan nyala api terbaik pada AFR 0,88 dan ukuran tempurung kelapa (0,8-12,6) cm². Besarnya nilai kalor bawah adalah 4718,33 kJ/m³, komposisi syn-gas 39,273% dari volume total serta nyala api yang dihasilkan berwarna biru. Sedangkan efisiensi gasifikasi terbaik terjadi pada AFR 1,17 untuk ukuran tempurung kelapa (0,8-12,6) cm² sebesar 52,030 % (Lailun Najib dan Sudjud Darsopuspito, 2012).

Gasifikasi merupakan metode konversi secara termokimia bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas (*syngas*) dalam wadah *gasifier* dengan menyuplai agen gasifikasi seperti uap panas, udara dan lainnya. Metode gasifikasi dinilai lebih menguntungkan dan gas pembakaran lebih bersih dibanding pembakaran langsung, meskipun teknologi gasifikasi masih perlu dikembangkan mengingat masih rendahnya efisiensi gasifikasi. Hal ini karena karakteristik biomassa khususnya sekam padi memiliki kadar air yang tinggi. Penelitian gasifikasi sekam padi menggunakan *updraft circulating fluidized bed gasifier* pada temperatur awal udara yang bervariasi yaitu 30⁰C hingga 400⁰C menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur awal udara gasifikasi, semakin meningkat efisiensi gasifikasi dan efisiensi karbon. Temperatur awal udara yang optimum didapatkan pada 300⁰C dengan efisiensi gasifikasi sebesar 65,78% (Samsudin Anis, et. Al., 2011).

Pemanfaatan reaktor gasifier tipe updraft pada saat ini masih dilakukan secara diskontinyu dimana produksi gas yang dihasilkannya tergantung pada input pemasukan bahan baku ke dalam reaktor. Permasalahan pada reaktor gasifier adalah pemasukan bahan baku ke dalam reaktor masih dilakukan dengan cara membuka tutup reaktor sehingga gas yang sudah terbentuk dalam tabung reaktor terbuang dan gas tersebut dapat membahayakan operator yang disebabkan oleh keracunan gas dan gas yang terbuang dapat mencemari udara lingkungan (Wijaya, 2012). Upaya untuk meningkatkan energi, mencegah pencemaran udara lingkungan dan keracunan dapat dilakukan dengan cara memodifikasi pengumpan pada reaktor gasifier agar dihasilkan produksi gas secara kontinyu dan reaktor beroperasi secara aman bagi operatornya.

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototipe modifikasi pengumpan pada reaktor gasifier tipe updraft secara kontinyu agar dapat beroperasi secara aman bagi operator dan meningkatkan kinerja alsin gasifier.

BAHAN DAN METODE

Metode yg digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode perancangan yang meliputi tahapan kegiatan : Studi pustaka, perancangan modifikasi alsin gasifier tipe updraft, rekayasa dan fabrikasi, pengujian fungsional , modifikasi penyempurnaan alsin, dan uji kinerja alsin gasifier tipe updraft kontinyu yang telah termodifikasi.

Tahapan kegiatan meliputi :

- Studi pustaka dan literature :
- Perhitungan desain dan konsultasi desain : perhitungan desain rekayasa unit pemasukan bahan (*feeder*) otomatis
- Rekayasa dan pabrikan : Rekayasa dan merangkai komponen-komponen (penampung bahan-*feeder*-producer gas-filter-motor dual fuel/motor gas)
- Pengujian fungsional : Uji fungsi dan modifikasi. Uji fungsional untuk mengetahui berfungsinya sistem dan modifikasi apabila diperlukan,
- Uji kinerja : Uji kinerja untuk mengetahui kemampuan alsin ketika beroperasi menggunakan tandan kosong sawit pada proses gasifikasi.

Diagram alir tahapan kegiatan sebagai berikut (Gambar 2) :



Gambar 1. Tahapan penelitian

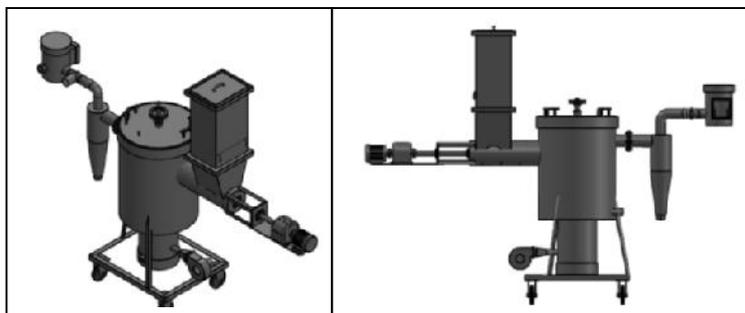
Bahan baku

Bahan uji menggunakan limbah perkebunan berupa tandan kosong sawit dengan perlakuan pendahuluan meliputi pengecilan ukuran dan pengeringan untuk menurunkan kadar air. Pengujian limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menggunakan alsin gasifier tipe updraft yang telah dimodifikasi pada unit pengumpan dan alsin pencacah TKKS.

Peralatan uji meliputi: timbangan, gas flowmeter, thermokopel tipe K, stopwatch, meteran, gas holder, thermometer, gelas ukur, dan air flowmeter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Modifikasi pengumpan pada gasifier updraft kontinyu terdiri dari bagian ruang pembakaran, pengumpan, penyaluran gas, pemasukan udara dan roda. Ruang pembakaran berfungsi untuk membentuk gas dengan cara membakar tandan kosong kelapa sawit (TKKS) secara tertutup melalui cara pembakaran tidak sempurna. Pengumpan berfungsi untuk memasukkan TKKS yang sudah dicacah secara halus berukuran 1-5 cm, berbentuk serabut ke dalam ruang pembakaran. Proses pemasukannya dengan menggunakan screw conveyor yang digerakkan menggunakan motor listrik, sehingga bahan baku yang masuk pada ruang hopper dapat berpindah ke ruang pembakaran. Penyaluran gas berfungsi untuk menyalurkan gas dari ruang pembakaran menuju tungku pembakaran melalui siklon udara. Pemasukan udara berfungsi untuk memasukkan udara lingkungan ke dalam ruang pembakaran menggunakan blower sentrifugal. Roda berfungsi untuk menggerakkan alat mesin. Modifikasi pengumpan pada gasifier downdraft kontinyu dapat dilihat pada Gambar 1.

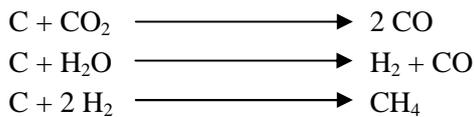


Gambar 1. Gasifier updraft kontinyu

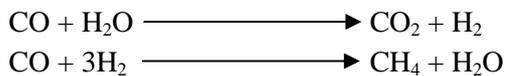
Tipe unit mesin gasifier yang direkayasa adalah *updraft* atau aliran gas ke atas (berlawanan dengan aliran bahan). Tipe *updraft* mempunyai desain yang lebih sederhana dan keluaran gas lebih stabil, namun kandungan uap air yang terbawa dalam gas masih cukup besar karena gas melewati bahan bakar pada zona *drying*. Sedangkan tipe *downdraft*, kemungkinan uap air lebih sedikit karena uap air yang melewati zona *pyrolysis* akan membentuk reaksi antara uap air dengan carbon (*water shift reaction*) yang dapat menghasilkan tambahan gas CO dan H₂.

Proses thermal gasifikasi merupakan proses termokimia yang dapat dilakukan dengan melalui 3 cara: 1) pengkondisian jumlah udara yang terbatas, 2) pengkondisian jumlah oksigen yang terbatas, 3) introduksi uap pada suhu > 800°C (Mc.Kendry, 2002). Pada gasifier downdraft kontinyu ini terjadi proses thermal gasifikasi dengan cara mengkondisikan jumlah udara yang terbatas dan jumlah oksigen yang terbatas, sementara uap air yang terbentuk terbawa aliran udara panas keluar ruang pembakaran dan terfilter pada siklon udara. Pada proses thermal gasifikasi selain panasnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi, gas yang dihasilkan (methane dan CO) dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar gas engine atau proses

pembakaran lainnya. Proses pembentukan gas pada sistem ini merupakan kelanjutan dari proses pirolisa di mana reaksi yang terjadi adalah (Quaak, 1999) :



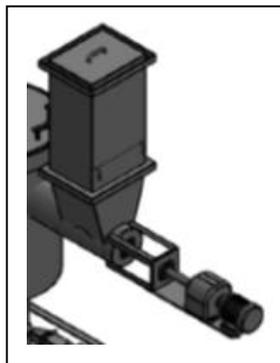
Pada fase gas beberapa reaksi tambahan dapat terjadi:



Selain produksi gas-gas tersebut, proses gasifikasi menghasilkan tar. Proses gasifikasi dengan penkondisian udara yang terbatas merupakan teknologi yang termurah, namun nilai kalor gas yang dihasilkan $\sim 5 \text{ MJ/m}^3$; pembatasan gas oksigen memberikan nilai kalor gas yang agak tinggi $\sim 15\text{--}20 \text{ MJ/m}^3$, namun untuk penyediaan oksigen akan meningkatkan biaya. Proses gasifikasi dengan uap air pada suhu tinggi menghasilkan nilai kalor gas yang lebih tinggi, disebabkan oleh produksi methane dan gas hydrocarbons yang tinggi, tetapi efisiensi reaktor cukup rendah (Bridgewater, 2003).

Proses gasifikasi menghasilkan gas dan asap yang berbahaya bagi kesehatan, sehingga mengharuskan sistem gasifikasi dan penyaluran gas yang mudah terbakar (*combustible gasses*) dilakukan dalam suatu sistem tertutup untuk mencegah keracunan gas pada operator. Untuk mengurangi pencemaran udara lingkungan, maka proses pemasukan bahan bakar (*feeding*) ke ruang *producer gas* harus dilakukan juga dalam suatu ruang tertutup.

Hasil penelitian BBP Mekanisasi Pertanian sebelum tahun 2014 menunjukkan bahwa pengumpan bahan bakar biomassa TKKS masih secara manual, yaitu dengan membuka tutup bagian atas tangki pembakaran. Hal ini membuat kinerja mesin gasifier tidak bisa dilakukan secara kontinyu sehingga gas yang dihasilkan terbuang karena mesin harus dihentikan untuk pengisian ulang. Modifikasi pengumpan pada gasifier yang dilakukan pada unit tangki mesin gasifier dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengumpan bahan bakar TKKS.

Sistem pengumpan mesin gasifier terdiri dari komponen *hopper*, *screw*, dan pengaduk untuk mengatasi "*bridging effect*". *Hopper* dibagi menjadi 2 ruang, yaitu ruang atas dan ruang bawah, yang keduanya dilengkapi pintu penutup. Ketika bahan akan diumpankan, terlebih dahulu pintu hopper bagian bawah ditutup sementara pintu hopper bagian atas dibuka. Dan ketika telah terisi penuh penutup hopper bagian atas ditutup dan pintu hopper bagian bawah dibuka. Kemudian motor penggerak dihidupkan untuk menggerakkan *screw* sehingga bahan akan didorong masuk ke ruang reactor. Selama proses pemasukan bahan oleh *screw*, komponen pengaduk harus selalu digerakkan untuk mengatasi "*bridging effect*". Penandaan jika semua bahan telah masuk ke ruang reactor adalah dengan melihat pengaduk "*bridging effect*" telah sampai bawah.

Hasil perancangan sistem pengumpanan bahan menunjukkan kinerja yang belum sempurna karena bahan perlu didorong. Kenyataannya untuk beroperasi di lapang rancangan sistem pengumpanan pada mesin gasifier kadang mengalami kemacetan pengumpanan sehubungan dengan sifat kamba pada cacahan TKKS. Secara keseluruhan, penggunaan sistem pengumpanan ini masih dapat bekerja pada gasifier updraf kontinyu meskipun pada penggunaan sistem pengumpanan ini yang menggunakan screw masih membutuhkan tenaga listrik untuk menggerakannya, sehingga nilai efisiensi produksi konversi ke listrik akan rendah.

Memodifikasi rancangan aliran udara dari Blower

Proses konversi energi dari bahan baku TKKS menjadi energi yang dapat dimanfaatkan terdapat tiga metode konversi energy, yaitu : pirolisis, gasifikasi, dan pembakaran ketiga konversi tersebut dicirikan dengan nilai AFR (air fuel ratio), masing-masing adalah sama dengan 0; < 1,5; dan > 1,5. AFR adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan atau merupakan parameter perbandingan udara terhadap bahan bakar. Perhitungan Air-Fuel Ratio (AFR) sebagai Fungsi Kecepatan Aliran Udara.

Pencapaian proses gasifikasi secara optimal pada tangki mesin gasifier maka nilai AFR (air fuel ratio) diasumsikan adalah 1,4 (harus dibawah dari 1,5). Jika massa tandan kosong yang akan dibakar dalam tangki reaktor sejumlah 6,5 kg dan diketahui nilai densitas udara adalah $1,2 \text{ kg/m}^3$, maka volume udara (oksigen) yang dibutuhkan agar terjadi konversi energi berupa Gasifikasi dalam ruang reactor 8,071 m³, debit udara dari Blower yang digunakan adalah 0,078 m³/det dan diameter pipa saluran udara dari Blower 0,0254 m, maka luas penampang pipa 0,0005 m², kecepatan udara blower 154,013m/det. Jika volume udara yang dibutuhkan untuk proses Gasifikasi diatur mengalir selama 1 jam, maka debit udara Blower adalah 0,002m³/det dan luas rancangan saluran udara 0,00001 m², sehingga diameter saluran udara dari Blower yang masuk ke ruang pembakaran (reactor) adalah 4,31 mm.

Kinerja gasifier updraf kontinyu dengan pengumpanan 6 kg TKKS menunjukkan hasil bahwa proses gasifikasi terjadi rata-rata 0,39 menit. Pada sistem gasifikasi yang tidak dimodifikasi untuk membuat proses gasifikasi diperlukan waktu 10 menit, sementara lama gasifikasi rata-rata 57,76 menit dan jika dibandingkan dengan gasifier tanpa modifikasi hanya 20 menit, serta sisa bahan TKKS dalam ruang pengering 1,8 kg. Pada ruang gasifikasi terdapat suhu pada ruang pembakaran rata-rata 1204,4 °C, suhu rata-rata pada zone pirolisis 198,75 °C dan suhu pada zone output gas 123,5 °C (Dedy, at, al.2014). Gas hasil pembakaran tidak sempurna yang keluar dari gasifier ke udara lingkungan sedikit, asap yang terbuang juga sedikit dan hasil gas pembakaran berwarna bening tidak berasap, sehingga proses ini dapat menurunkan cemaran udara lingkungan jika dibandingkan dengan menggunakan gasifier tanpa modifikasi pada sistem pengumpan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe modifikasi pengumpanan pada reaktor gasifier tipe updraf secara kontinyu dapat meningkatkan kinerja alsin gasifier, alsin ini dapat beroperasi secara aman bagi operator dan hasil produksi gas lebih cepat dari 10 menit menjadi 1 menit, massa proses produksi gas lebih lama dari 20 menit menjadi 60 menit dan modifikasi pada alsin gasifier dapat mengurangi cemaran udara jika dibandingkan dengan penggunaan alsin sebelumnya.

SARAN

Teknologi gasifier dengan bahan baku tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki sifat TKKS yang kamba sehingga perlu merubah TKKS menjadi bentuk lebih padat dan sederhana seperti pelet yang akan memudahkan dalam proses pengumpanan (feeding) pada gasifier dan penyimpanan bahan baku.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Sunarwan dan Riyadi Juhana, 2013. Pemanfaatan Limbah Sawit Untuk Bahan Bakar Energi Baru dan Terbarukan (EBT), Studi Kasus: Limbah Sawit Produksi Sawit Daerah Kabupaten Boven Digoel Provinsi Papua, **Jurnal Tekno Insentif Kopwil4**, Volume 7, No. 2, Oktober 2013. ISSN: 1907-4964, halaman 1 s.d. 14.
- Dedy A. Nasution, Puji Widodo, Teguh W.W., Ana N., Titin N., A. Asari. 2014. **Pengembangan Energi dari Limbah Biomassa Perkebunan**, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Lailun Najib dan Sudjud Darsopuspito, 2012. Karakterisasi Proses Gasifikasi Biomassa Tempurung Kelapa Sistem Downdraft Kontinyu dengan Variasi Perbandingan Udara-Bahan Bakar (*AFR*) dan Ukuran Biomassa, Institut Teknologi Surabaya **Jurnal Teknik ITS Vol. 1, No. 1**, (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271 B- 414
- McKendry, P. (2002). **Energy production from biomass** (part 3): gasification technologies. Review paper, *Bioresource Technology* (83) : 56-63
- Samsudin Anis, Karnowo, Wahyudi, dan Sri Mulyo Bondan Respati, 2011. **Studi Eksperimen Gasifikasi Sekam Padi pada Updraft Circulating Fluidized Bed Gasifier**, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
- Quaak P., Knoef H. and Stassen H. 1999. Energy from biomass, A Review of Combustion and Gasification Technologies. Technical paper no 422, World Bank, Washington, USA.
- Wijaya E. R., Teguh W. W., M. Hidayat, A. Asari, D. A.Sasmito, Yanyan A. H., B. Purwanta, dan B. Prastowo. 2012. Laporan Akhir “Penelitian Dan Rekayasa Teknologi Gasifier Dari Biomassa Untuk Energi Perdesaan Mendukung Pengolahan Produk Pertanian”, BBP Merktan, Serpong.