

Optimasi dan Pengujian Sistem *Fixed-bed Downdraft* Gasifikasi Biomassa Sekam Padi

Adi Surjosaty^{1,a*}, Gendipatih^{2,a}, Harist Qashtari^{3,a}, Zulfikar Achirudin^{4,a},

^aDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Indonesia
^{1,a} adisur@eng.ui.ac.id

Abstrak

Kelangkaan sumber energi di dunia sekarang ini menimbulkan polemik di masyarakat yang kesulitan untuk mendapatkan sumber energi itu sendiri. Hal demikian juga berdampak pada masyarakat kota Plered sebagai kota pengrajin gerabah. Semakin mahalnya bahan bakar untuk pembakaran gerabah menyebabkan kalah saingnya nilai jual gerabah terhadap produk-produk plastik. Untuk itulah diperlukan teknologi alternatif yang menggunakan bahan bakar alternatif. Salah satunya melalui teknologi gasifikasi, yang menghasilkan gas mampu bakar dengan mengkonversikan bahan bakar padat, khususnya biomassa. Penelitian sebelumnya dilakukan dengan menitikberatkan pemakaian cangkang kelapa sebagai bahan bakar sistem gasifikasi ini. Akan tetapi, penggunaan biomassa cangkang kelapa dinilai kurang efektif mengingat masyarakat, khususnya di kota Plered masih banyak menggunakan cangkang kelapa sebagai kebutuhan harianya, dan lagi produksinya masih tidak se-massal sekam padi, yang merupakan produk pokok rakyat Indonesia. Untuk itulah pada penelitian ini dilakukan optimasi sistem gasifikasi menggunakan bahan bakar sekam padi. Penelitian dititikberatkan pada modifikasi reaktor gasifikasi dan mencari kestabilan api untuk pembakaran gerabah, sehingga didapat pembakaran yang efektif dan murah.

Kata kunci : gasifikasi, sekam padi, *syn gas, fixed – bed downdraft*

Pendahuluan

Pada penelitian sebelumnya tentang gasifikasi biomassa di Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang dilakukan di UPTD LITBANG, Plered, Purwakarta, telah dibahas sistem gasifikasi biomassa dengan menggunakan bahan bakar cangkang kelapa. Tujuan utama dari penelitian tersebut adalah untuk mengetahui karakteristik *syn-gas* hasil dari pembakaran cangkang kelapa yang keluar melalui burner, selain itu tentunya dicari juga pengaturan yang tepat dari sistem gasifikasi seperti jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam reaktor per satuan waktu, volume udara yang masuk melalui blower tiup, volume gas yang harus ditarik keluar dari reaktor menuju burner, dan lain sebagainya agar didapatkan stabilitas nyala api di burner.

Stabilitas api sangat penting pada penelitian tersebut karena hasil berupa api pada burner akan digunakan untuk membakar tungku untuk gerabah-gerabah yang dibuat oleh para pengrajin gerabah di desa Plered, dimana pembakaran gerabah membutuhkan waktu hingga 8 jam jika pembakaran menggunakan sistem gasifikasi biomassa. Dari penelitian tersebut, telah diperoleh hasil untuk sistem gasifikasi tersebut dimana didapatkan hasil-hasil sebagai berikut,

1. Bahan bakar yang digunakan adalah kombinasi dari dua jenis biomassa, yaitu cangkang kelapa dan sekam padi
2. Campuran antara 90% cangkang kelapa dan 10% sekam padi menghasilkan stabilitas api selama 12 menit
3. Campuran antara 80% cangkang kelapa dan 20% sekam padi menghasilkan stabilitas api selama 7 menit
4. Campuran antara 70% cangkang kelapa dan 30% sekam padi menghasilkan stabilitas api selama 4 menit
5. Terjadi penyumbatan aliran di dalam reaktor, tepatnya di atas grate yang disebabkan sisa pembakaran tidak dapat terbuang sehingga *syn gas* tidak mampu tertarik oleh blower hisap
6. Nyala api di burner terlama adalah 12 menit, dimana penyumbatan selalu terjadi dan semakin cepat terjadi apabila bahan bakar sekam semakin banyak
7. Temperatur *flame* pada burner yang tertinggi adalah 257°C dengan *air fuel ratio* sebesar 0,8.

Permasalahan yang muncul adalah penyumbatan oleh abu cangkang dan sekam padi di grate dalam reaktor yang mengakibatkan abu sisa pembakaran tidak dapat terbuang.

permasalahan berikutnya adalah sulitnya mendapatkan biomassa cangkang kelapa di daerah Purwakarta yang disebabkan karena kebutuhan cangkang kelapa yang tinggi yang dipergunakan oleh para pedagang, khususnya pedagang sate maranggi di daerah tersebut, maka dari itu bahan bakar gasifikasi biomassa yang digunakan dialihkan menjadi 100% biomassa sekam padi. Pemilihan bahan bakar sekam padi dikarenakan ketersediaan bahan bakar ini masih sangat banyak yang belum dimanfaatkan secara maksimal untuk energi terbarukan. Mengacu pada data dari BPS Jawa Barat tentang hasil produksi padi di kota Purwakarta, pada tahun 2011 hasil produksi padi mencapai 217.805 Ton. Sekitar 20% dari berat padi adalah sekam padi (Hara, 1996; Krishnarao, et al., 2000) sehingga sekam padi yang dihasilkan di Kabupaten Purwakarta per tahunnya adalah sekitar 43.5 Ton. Jumlah tersebut sangat besar jika dibandingkan dengan pemanfaatannya yang masih sangat rendah, dimana saat ini sekam padi sebagian besar hanya dibakar begitu saja di sawah-sawah atau digunakan untuk pupuk dan pakan ternak. Oleh karena itu, penggunaan bahan bakar sekam padi sebagai pengganti bahan bakar cangkang kelapa untuk sistem gasifikasi tipe *downdraft* di UPTD LITBANG, Plered merupakan pilihan yang paling tepat karena selain ketersediaannya yang banyak, juga harganya yang masih murah.

Eksperimen

Bahan Bakar Biomassa

Pada penelitian ini, bahan bakar biomassa yang digunakan adalah sekam padi. Beberapa faktor yang menentukan dalam memilih bahan bakar untuk proses gasifikasi adalah kandungan C, H, O, *Fixed Carbon*, *Moisture Content*, dan *Ash Content*. Hal tersebut dapat dilihat dari analisa proksimat dan ultimatum dari bahan bakar sekam padi.

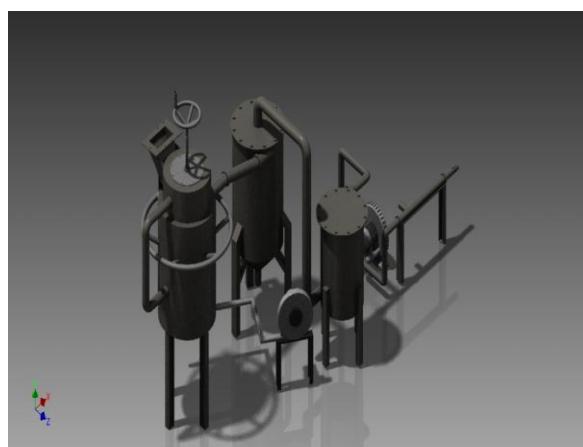
Tabel 1 Proximate & Ultimate analysis

Sekam Padi	
Proximate analysis (%)	
Moisture Content	9,3
Volatile Matter	57,7
Ash Content	17,6
Fixed Carbon	15,4
Ultimate Analysis (%)	
C	36,6
H	5,83
O	16,65

N	3,31
Nilai Kalor (kJ/kg)	15545

Eksperimen Gasifikasi

Sistem gasifikasi terdiri atas sebuah reaktor unggul tetap (Fix-bed Downdraft Gasifier) sebagai tempat pembuatan gas produser, dimana setelah itu dilanjutkan dengan cleaning system pada cyclone. Gas produser yang dihasilkan kemudian disimpan sementara pada Holding tank sebelum berikutnya dikeluarkan melalui burner untuk diaplikasikan untuk tungku pembakaran gerabah.



Gambar 1. Skema alat pengujian

dimana keseluruhan sistem gasifikasi terpasang pada satu kesatuan sistem.

Pada saat eksperimen dilakukan, feeding rate yang digunakan adalah 2,5 gr/s dengan feeding time 3,07 menit per feeding dan feeding value 4,3 gr per feeding. Distribusi temperatur pada reaktor memiliki rata-rata:

- Zona pengeringan = $53,13^{\circ}\text{C}$
- Zona pirolisis = $614,56^{\circ}\text{C}$
- Zona permukaan bahan bakar = $64,54^{\circ}\text{C}$

Hasil

Dari pengujian yang dilakukan, didapat air to fuel ratio yang mewakili rasio perbandingan antara jumlah bahan bakar yakni sekam padi, dengan jumlah udara yang digunakan agar syn gas dapat diproduksi dengan baik di dalam reaktor. Dari hasil tersebut bisa dilihat bahwa kebutuhan udara yang diperlukan untuk menciptakan syn gas didalam reaktor lebih kecil dibandingkan dengan jumlah bahan bakar yang digunakan, yakni dengan AFR sebesar 0,4 yang menunjukkan bahwa kondisi pembakaran ada pada keadaan lean.

Kondisi ini didapat pada keadaan blower tiup bekerja pada flow rate $8,1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ dan blower hisap bekerja pada flow rate $6,16 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$. Serta untuk efisiensi alat gasifikasi ini berada pada kisaran 67,3%.

Hasil Modifikasi Reaktor

Modifikasi dilakukan dengan menambahkan sistem pengaduk, perubahan sistem feeder, dan pembuatan sistem overflow. Setelah dilakukan modifikasi, didapatkan bahwa pengadukan dapat menyelesaikan masalah penyumbatan abu sekam pada grate reaktor. Kelebihan syngas yang terjadi pun dapat ditanggulangi menggunakan sistem overflow, dengan membuka katup yang terdapat pada overflow tersebut.

Proses pengadukan dapat menurunkan abu sekam yang menyumbat grate reaktor. Dengan adanya sistem pengaduk, secara otomatis sistem feeder juga harus dimodifikasi dengan memindahkannya menjadi dari samping reaktor.

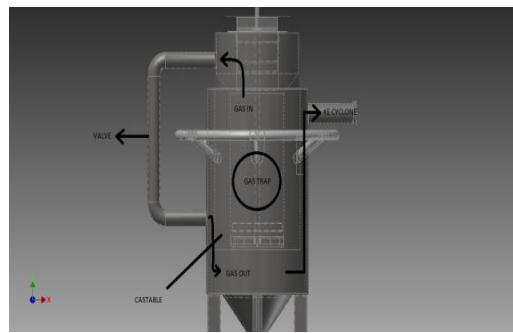
Sistem kerja overflow adalah dengan mengalirkan gas produser yang terperangkap di dalam castable melalui pipa overflow, sehingga tidak terjadi kelebihan tekanan di dalam reaktor.



Gambar 2 Proses Pengadukan pada *Grate*



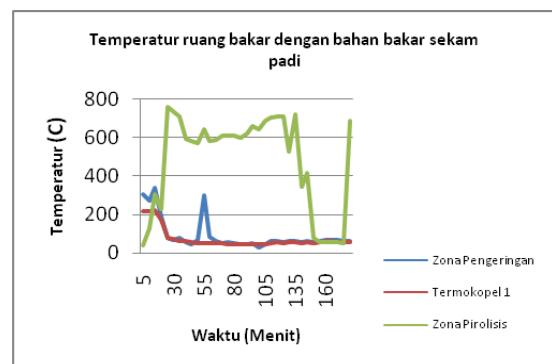
Gambar 3 Sistem *Feeding*



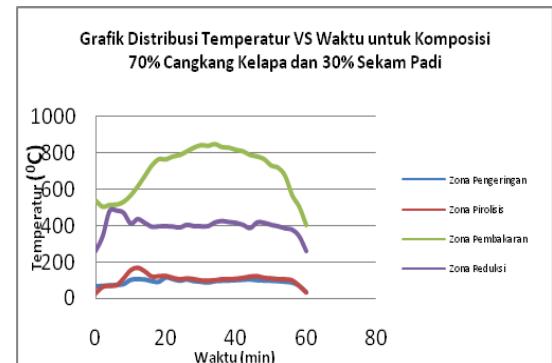
Gambar 4 Sistem *Overflow*

Hasil Pengujian

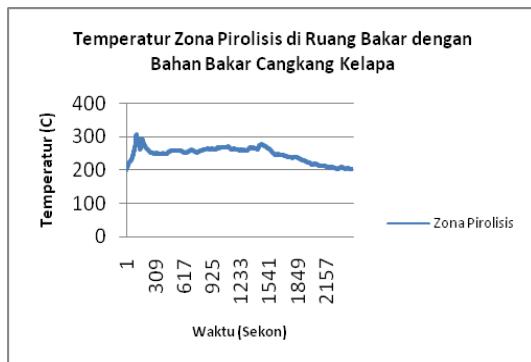
Pada pengujian ini, didapatkan hasil berupa rasio perbandingan udara pembakaran dengan bahan bakar sekam padi yang dibutuhkan sebesar 0,396, dengan nilai efisiensi gasifikasi yang didapat sebesar 67,3%. Perbandingan distribusi temperatur di reaktor antara bahan bakar sekam padi dengan cangkang kelapa ditunjukkan pada grafik – grafik dibawah ini.



Gambar 5 Grafik temperatur ruang bakar sekam padi



Gambar 6 Grafik distribusi temperatur 70% cangkang kelapa dan 30% sekam padi



Gambar 7 Grafik distribusi temperatur pada zona pirolisis

Dari ketiga grafik yang telah disajikan di atas, perbedaan yang sangat jelas dapat terlihat di temperatur zona pirolisis masing-masing jenis bahan bakar. Pada bahan bakar sekam padi, zona pirolisis memiliki temperatur rata-rata sebesar 614,56°C. Untuk bahan bakar cangkang kelapa, temperatur rata-rata di zona pirolisisnya adalah sebesar 247,44°C. Sementara itu temperatur rata-rata di zona pirolisis untuk jenis bahan bakar campuran antara 70% cangkang kelapa dan 30% sekam padi adalah sebesar 103,97°C. Temperatur di zona pirolisis untuk bahan bakar sekam padi adalah yang paling tinggi karena setiap butir sekam memiliki lapisan silica yang terdapat di kulit terluarnya sehingga membutuhkan temperatur yang tinggi untuk sekam terbakar dan memproduksi syn gas.

Hasil Flame Pada Burner

Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan dua jenis bahan bakar, yakni sekam padi dan cangkang kelapa. Perbedaan mendasar bisa terlihat dari berbedanya zona pirolisis keduanya, berbeda pula dengan jenis bahan bakar lainnya seperti dibawah ini :

Tabel 2 Campuran bahan bakar

Bahan Bakar	Zona Pirolisis (°C)
Sekam Padi	614,56
Cangkang Kelapa	247,4
Campuran 1 (cangkang90%+sekam10%)	141,64
Campuran 2 (cangkang80%+sekam20%)	139,48
Campuran 3 (cangkang70%+sekam30%)	103,97

Perbedaan komposisi bahan bakar tersebut juga berpengaruh terhadap pola, bentuk, jenis serta warna api yang dihasilkan, hal ini terjadi karena masing-masing bahan bakar memiliki kandungan penyusun serta unsur-unsur yang berbeda antara satu dan lainnya.



Gambar 8 Hasil api sekam padi

Api sekam padi memiliki warna merah dengan dominasi warna biru dan menghasilkan api dengan suhu sekitar 900°C.



Gambar 9 Hasil api cangkang kelapa

Api dengan bahan bakar cangkang kelapa menghasilkan api lebih tipis dan berwarna merah dominan. Api memiliki suhu sekitar 600-800 °C.



Gambar 10 Hasil api campuran 1



Gambar 11 Hasil campuran 2



Gambar 12 Hasil campuran 3

Campuran 2 menghasilkan api lebih tipis dan berwarna sedikit biru.

Bahan bakar campuran 1 memiliki visualisasi api yang berwarna kuning dominan. Campuran 2 menghasilkan api lebih tipis dan berwarna sedikit biru. Api dengan bahan bakar campuran 3 memiliki api yang lebih tipis lagi dan semakin mengecil ukurannya.

Kesimpulan

Dari penelitian ini kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Sistem gasifikasi biomassa yang telah dikembangkan menggunakan bahan bakar sekam padi berhasil memenuhi target yaitu api pada burner dapat bertahan selama lebih dari 1 jam.
2. Sistem gasifikasi biomassa ini memiliki efisiensi pembakaran sebesar 67,3% menggunakan bahan bakar sekam padi dengan *air fuel ratio* yaitu 0,4
3. Sistem gasifikasi telah dapat berjalan dengan baik tanpa terkendala penyumbatan setelah dilakukan modifikasi berupa sistem pengaduk dan grate yang sesuai untuk bahan bakar sekam padi
4. Sistem gasifikasi dengan bahan bakar sekam padi mampu menghasilkan api berwarna

merah dengan dominasi warna biru dengan suhu api mencapai 900 °C.

5. Sekam padi memiliki temperatur zona pirolisis paling tinggi diantara bahan bakar bimassa lainnya yakni dengan rata-rata 614,56°C.

Daftar Pustaka

- [1] Simon Shackey. *Sustainable Gasification-biochar Systems? A Case-study of Rice Husk Gasification in Cambodia, Part1: Context, chemical properties, environmental and health and safety issues*. Elsevier. 2010
- [2] Anjireddy Bhavanam, R. C. Sastry. *Biomass Gasification Processes in Downdraft Fixed Bed Reactors: A Review*. International journal of chemical engineering and applications. 2011
- [3] Basu, Prabir. *Biomass Gasification and Pyrolysis. Practical Design and Theory, chapter 2 Biomass Characteristics* Elsevier. 2010
- [4] Basu, Prabir. *Biomass Gasification and Pyrolysis. Practical Design and Theory, chapter 6 Design of Biomass Gasifiers* .Elsevier. 2010
- [5] Yoon, Sang Jung. Yung-il Soon. *Gasification and Power Generation Characteristics of Rice Husk Pellet Using a Downdraft Fixed-bed Gasifier*. 2010
- [6] Lin, Kuen Song; H. Paul Wang. *A Process Development For Gasification of Rice Husk*. Tainan, Taiwan. 1998
- [7] Nayyar, Mohinder L. *Piping Handbook: Seventh Edition*. McGraw-Hill Education. 2000
- [8] Peckner, Donald; I. M. Bernstein. *Handbook of Stainless Steel*. 1977
- [9] Wicaksono, Riyanto. *Pengaruh Persentase Campuran Bahan Bakar Cangkang Kelapa dan Sekam Padi Terhadap Kestabilan Flame pada Sistem Gasifikasi Downdraft*. 2013