

Bidang: Teknik Manufaktur Industri Agro Topik: Konversi, Simulasi, dan Pemodelan Energi Terbarukan

RANCANG BANGUN TUNGKU REAKTOR GASIFIKASI MODEL ALIRAN ATAS (UPDRAFT) BERBAHAN BAKAR SEKAM PADI

Masbin Dahlan¹

¹ Politeknik ATI Makassar

masbin.dahlan@atim.ac.id¹

ABSTRAK

Biomassa adalah bahan biologis yang berasal dari makhluk hidup, baik itu masih hidup ataupun yang baru mati. Dapat digunakan sebagai sumber energi, yang mencakup materi tumbuhan dan hewan. Sekam padi adalah kulit terluar dari gabah yang banyak terdapat di penggilingan padi. Sekam padi sendiri merupakan lapisan keras yang membungkus kariopsis butir gabah yang terdiri dari dua belahan yaitu lemma dan pelea yang saling bertautan. Tujuan utama dari penelitian adalah untuk merancang dan membuat reaktor gasifikasi guna mengkonversi sekam padi menjadi bahan bakar gas sehingga menghasilkan alat berupa kompor yang dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga, dalam hal ini berupa kompor. Metodologi penelitian mencakup rancang bangun, dimana langkah awal yang dilakukan peneliti sebelum merencanakan desain kompor yang akan dibuat. Dari riset yang telah dilakukan di dapatkan hasil reaktor yaitu diameter reaktor, $D_d = 11$ cm, tinggi ruang gasifikasi $H_g = 48$ cm, tinggi ruang suplai udara, $H_u = 12$ cm, tinggi total reaktor, $H_{tot} = 60$ cm, tebal dinding reaktor, $T_r = 2,5$ cm diameter lubang suplai udara, $D_u = 8$ cm, dan diameter pori-pori grate, $D_{gr} = 2$ mm, kemudian dilakukan berbagai pengujian seperti kadar air dan suplai udara sehingga di dapat Kadar air, $K = 10,2\%$ Volitel matter, $VM = 22,49\%$ Kadar abu = $37,19\%$ Fixed Carbon = $49,48\%$.

Kata kunci: Sekam padi, biomassa, gasifier, energy terbarukan, kompor reactor.

ABSTRACT

Biomass is biological material that comes from living things, both living and recently dead. can be used as a source of energy, which includes plant and animal matter. Rice husk is the outer shell of the grain that is widely found in rice mills. Rice husk itself is a hard layer that encloses the kariopsis of grain grain which consists of two parts, namely lemma and pelea which are interlocked. The main purpose of the research is to design and manufacture a gasification reactor to convert rice husks into gas fuel so as to produce a stove that can be used for household purposes, in this case a stove. The research methodology includes design, which is the initial step taken by researchers before planning the stove design to be made. From the research that has been carried out, the results obtained are the reactor diameter, $D_d = 11$ cm, the height of the gasification chamber $H_g = 48$ cm, the height of the air supply room, $H_u = 12$ cm, the total height of the reactor, $H_{tot} = 60$ cm, the thickness of the reactor walls, $T_r = 2.5$ cm Diameter of the air supply hole, $D_u = 8$ cm, and the diameter of the grate pores, $D_{gr} = 2$ mm, then carried out various tests such as water content and air supply so that the moisture content, $K = 10.2\%$ Volitel matter, $VM = 22.49\%$ Ash content = 37.19% Fixed Carbon = 49.48% .

Keywords: Rice husk, biomass, gasifier, renewable energy, reactor stove.

PENDAHULUAN

Padi merupakan tanaman pangan utama yang menjadi makanan pokok sebahagian besar rakyat Indonesia. Food and agriculture organization Statistic (FAO) menjabarkan bahwa salah satu penyumbang terbesar biomassa berasal dari sektor pertanian yaitu padi, kemudian disusul kelapa, karet, dan singkong. Data Badan Pusat Statistik Bahan Pangan Indonesia juga menunjukkan bahwa produksi padi di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat [1]. Selain menjadi makanan pokok, Padi juga memiliki manfaat lain dari limbah yang diperoleh saat penggilingan. Setiap ton Gabah Kering Giling (GKG) yang

digiling akan menimbulkan sekam padi kira-kira 200-300 kg [2]. Sekam memiliki bulk density 0,100 g/ml, nilai kalori antara 13800-15000 kJ/kg sekam dengan konduktivitas panas 0,286 kJ. Secara kasar, jika rata-rata sekam yang terkumpul di Sulawesi selatan sebanyak 43jt ton per tahun, maka akan menghasilkan sekam sebanyak 10,75jt ton, sehingga kita mendapatkan total energi sebesar 118, 68 x 10⁹ kJ/tahun atau 13.736.111 kJ/jam [3]. Beberapa peneliti yang telah memanfaatkan sekam padi untuk menghasilkan energi melalui pembakaran langsung antara lain telah memanfaatkan sekam sebagai bahan bakar pengering gabah [4]. Kemudian ada juga yang mengembangkan kompor dari pembakaran sekam. Jika ditinjau dari aspek lingkungan, pemanfaatan sekam padi pada pembakaran langsung kurang ramah lingkungan, karena efek pembakaran langsung menghasilkan karbon dioksida dan gas metana dapat berdampak pada pemanasan global dan perubahan iklim yang memicu berbagai macam penyakit [5]. Maka dari itu dibutuhkan suatu teknologi baru yaitu gasifikasi sekam yang dapat meminimalisir dampak tersebut. Salah satu peneliti di bidang kajian energi biomassa yaitu Bambang Purwantana, memaparkan bahwa teknologi konversi biomassa yang ramah lingkungan dan menghasilkan pembakaran bersih sehingga dapat mereduksi emisi CO₂ adalah Gasifikasi [6]. Gasifikasi merupakan proses pengkonversian bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar (CO, CH₄, H₂) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas yaitu antara 20% hingga 40% udara stoikiometri [7]. Gasifikasi juga dapat dikatakan suatu proses perubahan bahan bakar padat secara termo-kimia menjadi gas, dimana udara yang diperlukan lebih rendah dari udara yang diperlukan untuk proses pembakaran. Sehingga dapat dikatakan bahwa gasifikasi sekam padi dapat menghasilkan gas. Gas ini dapat digunakan sebagai energi untuk memasak dan berpeluang disandingkan dengan bahan bakar minyak dan gas, yang menjadi primadona tiap rumah tangga masyarakat Indonesia saat ini. Jumlah rumah tangga berdasarkan bahan bakar utama untuk memasak yang diperoleh dari badan pusat statistik Nasional menunjukkan bahwa penggunaan Gas masih mendominasi yaitu sekitar 27,5 juta rumah tangga di seluruh Indonesia, disusul bahan bakar kayu sebesar 24,5 juta rumah tangga, dan minyak tanah sebesar 7,1 juta rumah tangga, serta yang menggunakan listrik sebesar 470 ribu rumah tangga. Hal ini tentu menjadi problema di masa yang akan datang. Sebagaimana cadangan Minyak bumi saat ini semakin menipis dan diperkirakan akan habis sekitar 21 tahun lagi, dimana cadangan minyak bumi yang diperoleh dari data ditjen Migas adalah 7.73 milyar barel dan rata-rata penggunaannya 367,050 ribu barel per tahun [8].

METODE PENELITIAN

Riset desain merupakan langkah awal yang dilakukan sebelum merencanakan desain kompor yang akan dibuat. Peneliti mengumpulkan berbagai macam konsep yang diperoleh dari buku bacaan dan jurnal dari internet kemudian menetapkan satu model yang nantinya untuk direncanakan pembuatannya. Berbagai bentuk video yang diperoleh dari internet seperti youtube.com juga menjadi referensi utama untuk desain.

Perencanaan desain reaktor kompor

Penentuan bahan bakar dari berbagai jenis biomassa yang dapat dikonversi menjadi energi gas mampu bakar, maka dipilih sekam padi sebagai bahan bakar yang akan digunakan mengingat jumlah sekam di daerah peneliti sangat memadai dan hampir tidak mengeluarkan biaya untuk mendapatkannya. Pemilihan model dilakukan dengan beberapa pertimbangan, mulai dari model aliran atas, bawah, dan aliran silang. Namun dengan pertimbangan pada segi mampu proses dan kemudahan dalam pengoperasian, maka peneliti memilih jenis reaktor aliran atas (updraft) terbalik. Perhitungan dimensi reaktor mengacu pada (handbook Belonia 2005) mengenai perancangan ukuran reaktor gasifikasi [9].

$$\text{Kebutuhan Energi} \quad Qn = \frac{m \times cp \times T}{t} \quad (\text{KJ/jam}) \quad (1)$$

$$\text{Laju Konsumsi Sekam} \quad FC = \frac{Qn}{(Cv \times \eta_m)} \quad (\text{kg/jam}) \quad (2)$$

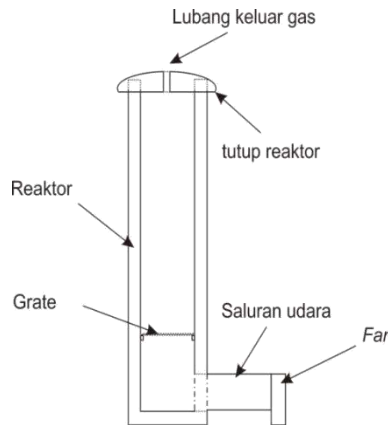
$$\text{Diameter Reaktor} \quad D = \frac{1.27 \times FC^{0.5}}{(SGR)} \quad (3)$$

$$\text{Tinggi Reaktor} \quad H = \frac{SGR \times t}{\rho_{rh}} \quad (4)$$

$$\text{Laju udara penggasifikasi} \quad AR = \frac{0,3 \times 2,9 \frac{\text{kg}}{\text{jam}} \times 4,5 \frac{\text{kg udara}}{\text{kg sekam}}}{1,25 \text{ kg/m}^3} \quad (5)$$

Kecepatan fan minimum $V_s = \frac{4 AFR}{\pi(D)^2}$ (6)

Setelah diperoleh ukuran dari reaktor kompor gasifikasi, maka dilakukan perencanaan gambar desain. Peneliti menggunakan software autoCAD untuk menggambar desain.



Gambar 1. Perencanaan gambar desain tungku reaktor gasifikasi

Pembuatan reaktor dan komponen pendukung kompor gasifikasi

Waktu dan tempat pembuatan reaktor gasifikasi dilakukan oleh pengrajin keramik, bertempat tinggal di Takalar Sulawesi Selatan. Waktu pengerjaannya mulai tanggal 20 Juli 2021 sampai 27 Juli 2021. Sedangkan untuk bagian pendukung kompor yang terdiri dari komponen-komponen tambahan dilakukan di tempat tinggal peneliti di BTP Blok C No.142 serta di kampus peneliti Politeknik ATI Makassar untuk pembuatan komponen lainnya. Bahan yang digunakan untuk reaktor gasifikasi adalah tanah liat yang diproses khusus oleh ahlinya agar tahan pembebanan dan juga tahan panas. Pertimbangan lain memilih tanah liat yaitu mudah di proses dan lebih ekonomis dalam pembiayaannya. Alat pada pembuatan kompor gasifikasi dibutuhkan perkakas bantu untuk membuat dan memodifikasi komponen-komponen dari kompor. Berikut beberapa perkakas yang dimaksud; Bor Listrik: Digunakan untuk membuat lubang pada tungku pengapian. Geregaji Besi: Berfungsi untuk memotong, dimana pada penelitian ini digunakan untuk memotong kaleng yang akan menjadi tungku pengapian. Alat perkakas lainnya seperti; gunting, aluminium foil, plaster, spidol, pisau, dan penggaris. Bagian-bagian kompor gasifikasi terdiri dari; adapter, fan, saringan, tungku pengapian, saluran udara, dan tatakan/dudukan kompor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan dan pembuatan reaktor beserta komponen-komponen pendukung kompor gasifikasi

Setelah memilih tipe reaktor yang ingin digunakan maka direncanakanlah ukuran utama reaktor yang sesuai dengan karakteristik bahan bakar sekam padi. Dari perhitungan perancangan, telah didapat Ukuran-ukuran utama sebagai berikut:

Tabel 1. Ukuran reactor hasil perhitungan

No.	Nama	Simbol	Nilai
1.	Diameter reaktor	Dd	11 cm
2.	Tinggi Ruang gasifikasi	Hg	48 cm
3.	Tinggi ruang suplai udara	Hu	12 cm
4.	Tinggi total reaktor	Htot	60 cm
5.	Tebal dinding reaktor	Tr	2,5 cm
6.	Diameter lubang suplai udara	Du	8 cm
7.	Diameter pori-pori grate	Dgr	2mm

Proses pembuatan kompor gasifikasi telah melalui beberapa tahap, mulai dari pemilihan jenis reaktor, desain model, penentuan dimensi sampai pembuatan reaktor menjadi benda nyata sehingga dapat digunakan sebagai medium proses terjadinya gasifikasi bahan bakar sekam menjadi gas. Sehubungan dengan jenis bahan bakar yang digunakan adalah sekam padi maka dipilih reaktor tipe aliran atas (Updraft) terbalik, dimana arah bahan bakar ke bawah sedangkan arah gas yang

diproduksi ke atas. Perbedaan dasar dari aliran atas tipe biasa yaitu penyalaan awalnya dilakukan dibagian atas bukan di bagian bawah bahan bakar sehingga lebih mudah dalam pengoperasiannya. Pertimbangan lain peneliti memilih tipe aliran atas yaitu untuk meminimalisir jumlah abu akibat pembakaran yang terbentuk pada bagian aliran masuk udara. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan reaktor adalah tanah liat karena dipandang lebih ekonomis dibandingkan bahan lainnya yang pernah digunakan oleh para peneliti terdahulu. Tanah liat lebih murah dan lebih mudah dibentuk dari bahan lainnya seperti bahan pelat besi dan stainless steel memiliki harga mahal dan membutuhkan proses pengerjaan khusus untuk dibentuk. Sehubungan dengan bahan yang digunakan adalah tanah liat, maka peneliti merencanakan tebal reaktor sebesar, $T = 2,5$ cm. Ini dimaksudkan agar pada saat proses gasifikasi berlangsung dinding dari reaktor kompor tidak terlalu panas sehingga aman di gunakan dalam pengoperasiannya.

Sebelum reaktor dibuat, peneliti melakukan observasi tempat yang cocok untuk pembuatan reaktor kompor. Peneliti juga mendiskusikan desain dengan ahli pembuatan keramik (pengrajin) untuk mengetahui apakah hasil desain mampu mereka kontruksikan (buat) atau tidak. Pada penelitian ini dari empat pengrajin yang kami kunjungi, tiga diantara mereka menolak dengan alasan desain kompor gasifikasi kami tidak mampu mereka kerjakan. Di penghujung pencaharian, didapatkan orang yang bisa membantu kami membuat reaktor kompor gasifikasi. Beliau adalah pengrajin sekaligus ahli pembuatan keramik yang telah banyak merekonstruksi permintaan dari peneliti sebelumnya diantaranya dari Universitas Negeri Makassar.

Komponen-komponen pendukung kompor gasifikasi lainnya seperti fan, saluran udara, grate, lubang keluaran gas didesain dan disetting oleh peneliti sedemikian rupa sehingga kompor dapat beroperasi dengan baik dan dapat digunakan untuk melakukan riset. Fan yang digunakan untuk menyuplai udara adalah fan DC 12 Volt dimana kecepatan kipas dapat diatur berdasarkan tingkatan tegangan dengan bantuan adapter yang memiliki skala 1.3 sampai 12 volt.



Gambar 2. Pembuatan reaktor kompor

Variasi tegangan dibutuhkan untuk memperoleh debit udara yang sesuai dengan kebutuhan proses gasifikasi pada tabung reaktor dari kompor. Dibutuhkan saluran udara berdiameter 8 cm agar beradaptasi dengan diameter fan yaitu 8 cm, sehingga dapat meminimalisir loss udara yang akan digunakan dalam penguraian bahan bakar sekam menjadi gas dan sekaligus sebagai udara pembakaran. Kebutuhan udara harus diperhatikan dimana rasio udara bahan bakar aktual (AFR_{act}) harus lebih kecil dari rasio udara bahan bakar stoikiometri (AFR_{stoi}) untuk mendapatkan hasil gasifikasi yang baik. Agar proses gasifikasi berlangsung sempurna di dalam reaktor sekam maka dibutuhkan grate berpori yang terpasang sebagai tempat duduk sekam yang terletak di antara saluran udara masuk dan saluran pembuangan. Grate harus mampu menahan sekam dan memiliki pori yang dapat dilewati udara. Peneliti menggunakan grate dari baja dengan diameter pori $D_g = 2$ mm. Gas hasil proses gasifikasi selanjutnya disalurkan ke ruang pembakaran. Pada ruang pembakaran difasilitasi sebanyak 16 lubang udara sekunder berdiameter 1 cm agar pembakaran dapat berlangsung sebagaimana yang diharapkan. Pekerjaan desain berikutnya adalah merakit kompor gasifikasi dan melakukan uji coba pendahuluan untuk memastikan kelayakan kompor digunakan dalam penelitian.

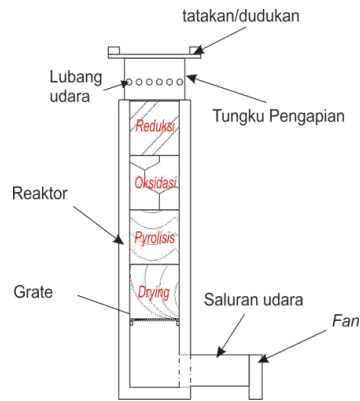
Pembahasan

Lubang keluaran gas tidak memiliki suplai udara yang cukup untuk pembakaran gas secara sempurna. Peneliti mencoba untuk melakukan modifikasi pada lubang keluaran, agar gas yang dihasilkan dapat langsung dimanfaatkan. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan semacam alat bantu pembakaran.

Alat bantu pembakaran ini dinamakan tungku pengapian yang memiliki lubang sekunder di sekelilingnya. Dari hasil trial dan error yang peneliti lakukan maka dengan jumlah lubang 16 buah dengan diameter 1 cm tiap lubang, dengan harapan ada

suplai udara tambahan, sehingga kebutuhan udara untuk pembakaran gas terpenuhi yang ditandai dengan terjadinya pembakaran secara sempurna tanpa menghasilkan asap.

Dengan tungku pengapian ini, sudah terlihat nyala dari proses gasifikasi, namun nyala api masih belum merata dikarenakan faktor lingkungan yang belum terlalu diperhatikan, dimana uji coba diluar ruangan yang notabenenya kondisi ruang tidak konstan. Seperti angin masih mempengaruhi proses uji coba. Jadi peneliti menuruskan melakukan uji coba diruang tertutup dengan berasumsi bahwa kondisi yang terkait ruang penelitian dianggap konstan.



Gambar 3. Penambahan alat bantu tungku pengapian



Gambar 4. Pengujian kompor gasifikasi

Setelah uji coba di lakukan didalam ruangan, durasi nyala dari gas yang dihasilkan kurang lebih 5 menit kemudian padam dan tidak dapat menyala lagi. diduga dikarenakan kondisi bahan bakar sekam terlalu lembab dengan kata lain kadar air mempengaruhi kualitas nyala. Sehingga peneliti melakukan pengeringan dengan jalan menjemur sekam selama delapan jam (09:00-17:00 WITA) dibawah sinar matahari. Kemudian peneliti melakukan uji coba dan hasilnya sangat memuaskan. Nyala api dapat bertahan selama 10-25 menit dimana uji coba dilakukan berulang-ulang.

Sebagaimana pertimbangan dari keseluruhan hasil uji coba yaitu dengan adanya tungku pengapian maka kegiatan dapat dilanjutkan ke tahap eksperimental untuk riset selanjutnya. Kompor juga telah dilengkapi tatakan atau dudukan. Tatakan ini berfungsi sebagai penyangga panci agar ada ruang antara api dengan panci. Jarak api dengan panci dihitung dari lubang pengapian ke permukaan bawah panci adalah 7 cm.

KESIMPULAN

Kompor gasifikasi terdiri dari reaktor, grate, fan, saluran udara, tungku pengapian, dan tatakan/dudukan. Reaktor kompor gasifikasi telah di desain sesederhana mungkin dengan dimensi sebagai berikut; diameter reaktor $D_d = 11$ cm, tinggi ruang gasifikasi $H_g = 48$ cm, tinggi ruang suplai udara $H_u = 12$ cm, tinggi total reaktor $H_{tot} = 60$ cm, tebal dinding reaktor $T_r = 2,5$ cm, diameter lubang suplai udara $D_u = 8$ cm, diameter pori-pori grate $D_{gr} = 2$ mm, kemudian kadar air sekam padi yang baik untuk keperluan gasifikasi adalah 9%. Serta reaksi gasifikasi diperoleh pada debit udara $4,52 - 3,46$ m³/jam dengan Equivalent Ratio $0,23 - 0,33$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta karunia yang tidak ternilai harganya dan tak akan mampu terbalas dengan apapun juga. Salam dan shalawat tak lupa pula penulis haturkan kepada junjungan Rasulullah SAW atas semua hadits dan sunah – sunahnya yang masih sering penulis ingkari. Sembah sujud dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua yang telah memberikan kasih sayang tulus dan tanpa pamrih. Karya ini kami persembahkan kepada keduanya sebagai wujud bakti kami kepada mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim., Wood gas as engine fuel. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Forest Industries Division, M-38 ISBN 92-5-102436-7 FAO 1986, <http://www.fao.org>
- [2] Agung, W.W., Pranolo, S.H., Gede Noorochadi, G., dan Ratna M.L., Perancangan dan Uji Kinerja Reaktor Gasifikasi Sekam Padi Skala Kecil, Ekuilibrium Vol.9.No.1 Januari:29–33. 2010.
- [3] Houston,. Rice Husk Gas Stove Handbook. University Of Vietnam. Vietnam. 1972.
- [4] Jamal,. Karakteristik Dan Efektivitas Alat Pengering Gabah Dengan Memanfaatkan Bahan Bakar Biomassa Berupa Sekam Padi, tahun ke 7 no.1 Politeknik Negeri ujung pandang. 2009.
- [5] Mulyani, D dkk, Perancangan dan proses kinerja gasifikasi biomassa sekam padi, Bumi Rasahaya Vol 2. Jakarta. 2009.
- [6] Purwantana, B., dan Prastowo, B, Gasifikasi Tandan Kosongkelapa Sawit: Konversi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Sumber Energi Terbarukan, Prosiding seminar nasional inovasi perkebunan. 2011.
- [7] Vidian, F., Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran, Jurnal Teknik Mesin Vol 10. No 2 Oktober: 88–93. 2008
- [8] Yulistiani, Fitria, Kajian Tekno Ekonomi Pabrik Konversi Biomassa menjadi Bahan Bakar Fischer-Tropsch melalui Proses Gasifikasi, presentasi final metodologi dan usulan penelitian: ITB. 2009.
- [9] Belonia, Alex T. Rice Husk Gas Stove Handbook. Central Philippine University.Philippines. 2005