

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Biomassa

Biomassa merupakan material biologis berupa tumbuhan dan hewan yang dapat diubah menjadi sumber energi. Berbagai jenis biomassa dari hasil sisa pengolahan bahan pertanian seperti sekam padi, tongkol jagung, ampas tebu, serbuk kayu, yang selama ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Biomassa ini dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi yang cocok dikembangkan di Indonesia karena jumlahnya yang melimpah. (Babu B. V, 2003).

Sebelum digunakan sebagai bahan baku proses gasifikasi tipe *downdraft*, terlebih dahulu serabut kelapa diolah. Untuk mengetahui nilai kandungan kalor diperlukan pengujian komposisi *char*, *ash* dan *synthetic gas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi. Dalam proses gasifikasi terdapat empat tahapan proses dalam menghasilkan *synthetic gas*, yaitu tahap *drying*, *pirolisis*, oksidasi parsial dan reduksi. Masing-masing tahapan tersebut memiliki interval temperatur yang berbeda sebagai indikatornya. Untuk ukuran luasan serabut kelapa (50-100) mm², posisi grafiknya lebih rendah dibandingkan dengan ukuran luasan serabut kelapa ukuran 10-50 mm². Hal ini disebabkan karena dimensi pada ukuran serabut kelapa dengan luasan (50-100) mm² lebih besar, sehingga untuk mencapai temperatur pemanasan membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan variasi serabut kelapa pada luasan (50-100) mm². Berikut adalah grafik distribusi temperatur reaktor pada ukuran luasan serabut kelapa (50-100) mm². Berdasarkan penelitian tersebut penurunan nilai kandungan energi yang ditinjau dari *Lower Heating Value synthetic-gas* diakibatkan oleh peningkatan nilai rasio udara-bahan bakar atau *Air Fuel Ratio* (Sholehul Hadi dan Sudjud Dasopuspito, 2013).

2.1.2 Gasifikasi

Gasifikasi adalah suatu proses konversi senyawa yang mengandung karbon untuk mengubah material baik cair maupun padat menjadi bahan bakar gas mampu bakar (CO , H_2 , CO_2 , CH_4 dan H_2O) melalui proses pembakaran dengan suplai udara terbatas yaitu antara 20% hingga 40% udara stoikiometri. Reaktor tempat terjadinya proses gasifikasi disebut gasifier. Selama proses gasifikasi akan terbentuk daerah proses menurut distribusi temperatur dalam reaktor. Daerah-daerah tersebut adalah pengeringan, pirolisis, pembakaran, dan gasifikasi. Masing-masing daerah terjadi pada rentang suhu antara 25°C hingga 150°C , 150°C hingga 600°C , 600°C hingga 900°C , dan 800°C hingga 1400°C . Gas hasil dari proses gasifikasi disebut syngas (Muhammad Ridwan, 2018).

Tahapan gasifikasi

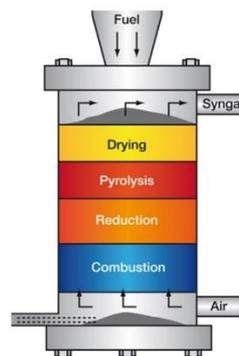
1. Pyrolysis yang terjadi ketika biomassa mulai mengalami kenaikan temperatur. Pada tahap ini volatil yang terkandung pada biomassa terlepas dan menghasilkan arang (*char*).
2. Proses pembakaran (*combustion*) pada tahapan ini volatil dan sebagian arang yang memiliki kandungan karbon (C) bereaksi dengan oksigen membentuk CO dan CO_2 serta menghasilkan panas yang digunakan pada tahap selanjutnya yaitu tahap gasifikasi.
 - Reaksi pembakaran $\text{C} + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{CO}$
 - Reaksi Boudouard $\text{C} + \text{CO}_2 = 2 \text{CO}$
3. Gasifikasi tahapan ini terjadi ketika arang bereaksi dengan CO_2 dan uap air yang menghasilkan gas CO dan H_2 yang merupakan produk yang diinginkan dari keseluruhan proses gasifikasi.
 - Reaksi *water gas* $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2$
4. *Water shift reaction*. Melalui tahapan ini, reaksi termo-kimia yang terjadi di dalam reaktor gasifikasi mencapai keseimbangan. Sebagian CO yang terbentuk bereaksi dengan uap air dan membentuk CO_2 dan H_2 .
 - Reaksi metana $\text{C} + 2 \text{H}_2 = \text{CH}_4$

2.1.3 Kompor Gasifikasi

Kompor gasifikasi adalah salah satu teknologi pemanfaatan biomassa untuk keperluan memasak pada sektor rumah tangga. Gasifikasi biomassa merupakan suatu proses dekomposisi termal dari bahan-bahan organik melalui pemberian sejumlah panas dengan suplai oksigen terbatas untuk menghasilkan synthesis gases yang terdiri dari CO, H₂, CH₄ (selanjutnya disebut dengan syn-gas) sebagai produk utama dan sejumlah kecil arang karbon dan abu sebagai produk ikutan. Gasifikasi pada dasarnya adalah alat yang memungkinkan mengubah bahan bakar padat menjadi bahan bakar gas oleh proses termokimia akibat oksidasi cepat. Proses ini melibatkan oksidasi partial dan temperatur tinggi, reaksi oksidasi dan reduksi diantara bahan bakar padat-udara (Belonio, 2005).

1. Reaktor Gasifikasi Tipe *Updraft*

Pada reaktor gasifikasi tipe ini, zona pembakaran (sumber panas) terletak di bawah bahan bakar dan bergerak ke atas seperti tampak dalam Gambar. Dalam gambar ini tampak bahwa gas panas yang dihasilkan mengalir ke atas melewati bahan bakar yang belum terbakar sementara bahan bakar akan terus jatuh ke bawah. Melalui pengujian menggunakan sekam padi, reaktor gasifikasi ini dapat bekerja dengan baik. Kekurangan dari reaktor.

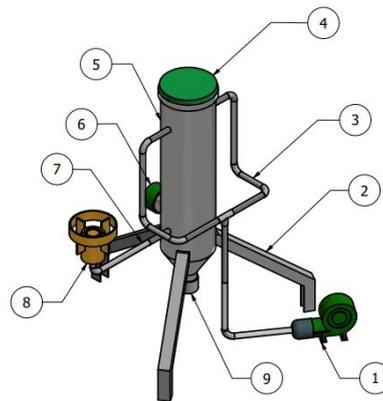


Gambar 2.1 Reaktor Gasifikasi Tipe *Updraft*

2. Reaktor Gasifikasi Tipe *Downdraft*

Pada tipe ini sumber panas terletak di bawah bahan bakar seperti tampak dalam gambar di bawah. Aliran udara bergerak ke zona gasifikasi di bagian bawah yang menyebabkan asap *pyroslisis* yang dihasilkan

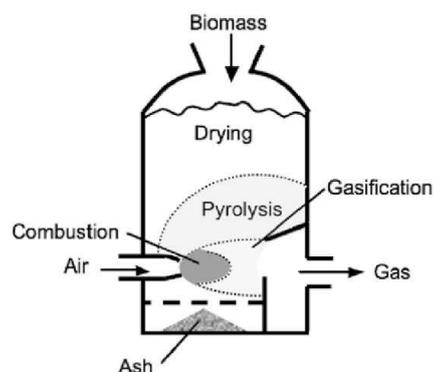
melewati zona gasifikasi yang panas. Hal ini membuat tar yang terkandung dalam asap terbakar, sehingga gas yang dihasilkan oleh reaktor ini lebih bersih. Keuntungan reaktor tipe ini adalah reaktor ini dapat digunakan untuk operasi gasifikasi yang berkesinambungan dengan menambahkan bahan bakar melalui bagian atas reaktor. Namun untuk operasi yang berkesinambungan dibutuhkan sistem pengeluaran abu yang baik, agar bahan bakar bisa terus ditambahkan.



Gambar 2.2 Reaktor Gasifikasi Tipe *Downdraft*

3. Reaktor Gasifikasi Tipe *Crossdraft*

Pada reaktor ini, aliran udara mengalir tegak lurus dengan arah gerak zona pembakaran. Reaktor tipe ini memungkinkan operasi yang berkesinambungan apabila memiliki sistem pengeluaran abu yang baik.



Gambar 2.3 Reaktor Gasifikasi Tipe *Crossdraft*

2.1.4 *Thermodinamika dan Perpindahan kalor secara konduksi*

Thermodinamika adalah ilmu tentang energi yang secara spesifik membahas tentang hubungan antara energi panas dengan kerja. Perpindahan kalor secara konduksi atau hantaran ini terjadi dikarenakan perpindahan energi dari partikel yang memiliki energi lebih tinggi ke partikel yang energinya lebih rendah dikarenakan adanya interaksi antara kedua partikel. Jadi jika pada suatu benda terdapat gradien suhu atau *temperature gradient*, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah sehingga laju perpindahan kalor berbanding dengan gradien suhunya (Raihan. 2022)

Persamaan dasar perpindahan panas konduksi menyatakan bahwa laju perpindahan panas konduksi satu dimensi dalam keadaan setimbang adalah :

(1)

- $q = - kA (dT/dx)$
- k : konduktivitas termal bahan
- A : luas penampang bahan yang diukur tegak lurus terhadap arah lintasan panas
- (dT/dx) : gradien temperatur ke arah perpindahan panas.

2.1.5 *Computer-Aided Design*

Computer Aided Design adalah suatu perangkat lunak komputer untuk menggambar suatu produk atau bagian dari suatu produk. Produk yang ingin digambarkan bisa diwakili oleh garis-garis maupun simbol-simbol yang memiliki makna tertentu. CAD bisa berupa gambar 2 dimensi, 3 dimensi dan *solid modeling*. Berawal dari menggantikan fungsi meja gambar kini perangkat lunak CAD telah berevolusi dan terintegrasi dengan perangkat lunak CAE (*Computer Aided Engineering*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). Integrasi itu dimungkinkan karena perangkat lunak CAD saat ini merupakan aplikasi desain produk/komponen dalam bentuk *solid* dan/atau *surface modelling*. Solid model memungkinkan kita untuk memvisualisasikan komponen dan rakitan yang kita buat secara realistis. Selain itu model mempunyai properti seperti massa, volume, pusat gravitasi, luas permukaan dan sebagainya.

Beberapa perangkat lunak CAD yang digunakan di Indonesia yaitu: CATIA, Autodesk® Inventor®, Pro/ENGINEER®, Parasolid®, SolidWorks™ dan Power Shape dan UGS NX (Dicky Seprianto, 2017).

2.1.7 *Computational Fluid Dynamics*

CFD atau singkatan dari *Computational Fluid Dynamics* merupakan cabang ilmu dari mekanika fluida yang menggunakan analisis numerik dan data yang terstruktur untuk menganalisis dan memecahkan permasalahan yang melibatkan fluida. *Computational Fluid Dynamics* adalah metode yang menggunakan angka algoritma dan bantuan komputer untuk melakukan analisis perhitungannya (Dziyad Dzulfansyah, 2014).

2.1.8 *Finite Element Analysis*

FEA atau *Finite Element Analysis* merupakan bagian dari metode numerik yang memanfaatkan operasi matrix untuk menyelesaikan masalah-masalah fisik. Metode lainnya adalah metode analitik, untuk melakukannya diperlukan suatu persamaan matematika yang merupakan model dari perilaku fisik. Semakin rumit perilaku fisiknya (karena kerumitan bentuk geometri, banyaknya interaksi beban, constrain, sifat material, dan lain-lain) maka semakin sulit atau bahkan mustahil dibangun suatu model matematik yang bisa mewakili permasalahan tersebut. Alternatif metodenya adalah dengan cara membagi kasus tadi menjadi bagian-bagian kecil yang sederhana yang mana pada bagian kecil tersebut kita bisa membangun model matematik dengan lebih sederhana. Kemudian interaksi antar bagian kecil tersebut ditentukan berdasarkan fenomena fisik yang akan diselesaikan. Metode ini dikenal sebagai metode elemen hingga, karena kita membagi permasalahan menjadi sejumlah elemen tertentu atau *finite* untuk mewakili permasalahan yang sebenarnya jumlah elemennya adalah tidak berhingga atau *kontinum* (Mohammad Azis M, 2017)

2.1.9 Ansys 2022 R2

Ansys adalah sebuah *software* analisis elemen hingga dengan kemampuan menganalisa dengan cakupan yang luas untuk berbagai jenis masalah. Ansys mampu memecahkan persamaan *differensial* dengan cara memecahnya menjadi elemen-elemen yang lebih kecil. Pada awalnya program ini bernama STASYS *Structural Analysis System*, kemudian berganti nama menjadi Ansys yang ditemukan pertama kali oleh Dr. John Swanson pada tahun 1970. Ansys merupakan tujuan utama dari paket permodelan elemen hingga untuk secara numerik memecahkan masalah mekanis yang berbagai macam. Masalah yang ada termasuk analisa struktur statis dan dinamis baik linear dan non-linear, distribusi panas dan masalah cairan, begitu juga dengan ilmu bunyi dan masalah elektromagnetik. Teknologi Ansys mekanis mempersatukan struktur dan material yang bersifat *non-linear*. Ansys *multiphysic* juga mengatasi masalah panas, struktur, elektromagnetik, dan ilmu bunyi. Program Ansys dapat digunakan dalam teknik sipil, teknik listrik, fisika dan kimia (Tim Langlais, 1999)

ANSYS bekerja dengan sistem metode elemen hingga, dimana penyelesaiannya pada suatu objek dilakukan dengan memecah satu rangkaian kesatuan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan node. Hasil yang diperoleh ANSYS ini berupa pendekatan dengan menggunakan analisa numerik. Ketelitiannya sangat bergantung pada cara memecahkan model tersebut dengan menggabungkannya.

Secara umum, suatu solusi elemen hingga dapat dipecahkan dengan mengikuti 3 tahap yaitu:

1. Tahap pendahuluan, langkah yang disiapkan:
 - Mendefinisikan titik poin, garis, luas dan volume
 - Mendefinisikan jenis elemen dan bentuk materi/geometri
 - Menghubungkan garis, luas dan volume sesuai kebutuhan
2. Tahapan Analisa,
 - Menetapkan beban yang ada berupa beban terpusat atau terbagi rata
 - Menetapkan perletakan (translasi dan rotasi)
 - Terakhir menjalankan analisisnya

3. Tahapan Hasil Analisa data, dalam hal ini hasil yang dapat ditampilkan oleh software ini adalah:
 - Tabel perpindahan nodal
 - Tabel gaya dan momen
 - Defleksi (penurunan)
 - Diagram kontur tegangan dan regangan



Gambar 2.4 Ansys 2022 R2

2.7. Kajian Pustaka

Penelitian terkait Optimasi Reaktor untuk meningkatkan temperatur gasifikasi biomassa tipe downdraft berskala kecil telah dilakukan oleh peneliti-peneliti lainnya dengan menggunakan variabel dan parameter yang berbeda.

Menurut Ozkar Homzah, dkk, 2021 dalam penelitiannya dengan judul Design and Performance of Small-scale Downdraft Biomass Gasification: A Case Study of Rice Husks, temperatur *Post Stove* dan *Hot Stove* dapat mencapai temperatur rata-rata 66°C dan 104,9°C dengan waktu pembakaran selama 300 menit.

Menurut Subroto, 2017 dalam penelitiannya dengan judul Kinerja Tungku Gasifikasi Downdraft Continue Bahan Bakar Sekam, Hasil dari penelitian ini adalah temperatur pembakaran tertinggi rata-rata hampir sama dengan isi ulang bahan bakar maupun tanpa isi ulang. Waktu penyalaan awal lebih cepat dengan isi ulang bahan bakar dibandingkan tanpa isi ulang. Lama nyala efektif pembakaran lebih lama dengan isi ulang dibandingkan tanpa isi ulang dan kalor hasil pembakaran lebih besar dengan isi ulang dibandingkan tanpa isi ulang.

Menurut Dziyad Dzulfansyah, dkk 2014 dalam penelitiannya dengan judul Analisis Computational Fluid Dynamics untuk Perancangan Reaktor Gasifikasi Sekam Padi Tipe *Downdraft*, Hasil dari penelitian ini adalah perbandingan hasil simulasi dengan hasil perngukuran dengan data literatur mengenai gasifikasi sekam padi secara umum presentase gas mampu bakar hasil simulasi cukup dekat dengan data literatur mengenai gasifikasi sekam padi.

Menurut Muhammad Ridwan, dkk, 2018 dalam penelitiannya dengan judul Pengujian Kinerja Dan Modifikasi Reaktor *Downdraft* Gasifikasi Biomassa 100 kW, Hasil dari penelitian ini yaitu terdapat peningkatan performa reaktor sesudah dimodifikasi menjadi lebih baik. Salah satu komponen yang mengalami modifikasi ialah saringan *ash grate*. Dilakukannya modifikasi pada penelitian bertujuan supaya temperatur di ruang pembakaran sesuai dengan syarat proses terjadinya *syngas* yaitu diatas 500°C dan Temperatur gasifikasi yaitu 550°C - 600°C.

Menurut Thambarriyaldi Tuina Effendi, dkk, 2019 dalam penelitiannya dengan judul Redesain kompor biomassa tipe *downdraft* sistem *continue* dengan menggunakan bahan sekam padi, Hasil dari penelitian ini yaitu. _Konsumsi bahan bakar berturut-turut didapat sebesar 0.00012; 0.00028; dan 0.00050 kg/hr. Total operating time dari kompor masing-masing sebesar 14, 16 dan 18 menit Power input berdasarkan hasil analisis masing-masing sebesar 0.00037; 0.00088; dan 0.00154 kW. Berdasarkan hasil analisis didapatkan power output terendah sebesar 7.3; 17.1 dan 30.5 kW.