

# Gasifikasi Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Gas Bakar Pada Motor Bakar Empat-Tak

Tiara<sup>1\*)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Lampung  
\*Corresponding Email: tiara.1030@eng.unila.ac.id

## Abstrak

Energi merupakan kebutuhan pokok bagi kegiatan sehari-hari mulai dari kebutuhan rumah tangga sampai dengan kebutuhan di bidang industri. Di Indonesia pada umumnya masih menggunakan sumber energi yang tak terbarukan, sumber energi itu berasal dari minyak bumi, batubara, dan gas bumi. Karena tidak dapat diperbarui, hal ini menyebabkan adanya kekhawatiran akan terjadinya kekurangan energi yang besar di masa depan. Dengan adanya fakta tersebut maka akan dilakukan penelitian untuk memanfaatkan dan mengoptimalkan penggunaan dari energi terbarukan dengan salah satu metode yaitu dengan gasifikasi biomassa. Dengan bahan baku tempurung kelapa. Penelitian ini membahas pengaruh rasio udara bahan bakar terhadap komposisi gas hasil, stabilitas nyala api dan stabilitas nyala engine. Penelitian ini menggunakan rasio udara bahan bakar 0,79, 0,86, 1,086, 1,22, dan 1,30. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kondisi operasi yang optimal pada temperatur 500°C dengan Rasio Udara Bahan Bakar yaitu 0,79 yang menghasilkan warna nyala api yang biru dengan kondisi engine stabil. Kemudian kandungan combustible gas tertinggi yang dihasilkan yaitu (8,067% CH<sub>4</sub>, 33,56% CO, 11,45% H<sub>2</sub>) pada kondisi operasi optimal 500°C dan Rasio Udara Bahan Bakar 0,79.

**Kata Kunci:** biomassa, tempurung kelapa, gasifikasi, *syngas*, energi terbarukan

## PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan energi dirasakan semakin lama semakin meningkat, sementara cadangan sumber energi yang ada, yaitu minyak bumi, makin tambah menipis. "Kesadaran akan betapa berharganya sumber energi minyak bumi ini, telah mendorong manusia untuk memanfaatkan sumber-sumber energi lain yang penggunaannya, walaupun ada, sampai saat ini dirasakan masih kurang efisien" (Smith, 2015). Dengan adanya fakta tersebut maka akan dilakukan penelitian untuk memanfaatkan dan mengoptimalkan penggunaan dari energi terbarukan. "Energi terbarukan ini merupakan energi yang jumlahnya bisa dimanfaatkan" (Brown, 2017). Dalam usaha pemanfaatan sumber energi biomassa tersebut sebagai energi alternatif maka dalam tahun-tahun terakhir ini di beberapa negara telah mulai mencoba kembali suatu proses yang telah lama tidak dimanfaatkan secara maksimal, yaitu proses gasifikasi. "Melalui proses ini bahan bakar padat yang mengandung unsur C dan H diubah secara termokimia menjadi bahan bakar gas dengan komponen utama CO dan H<sub>2</sub> sebagai gas bakarnya" (Johnson, 2018). Proses bersifat autotermal, "di mana kebutuhan panas disediakan dari oksidasi parsial yang terjadi karena hasil pirolisis bersentuhan pada temperatur tinggi dengan udara yang sengaja dialirkan ke dalam gasifier dalam jumlah yang terbatas" (Miller, 2017).

Salah satu energi alternatif yang sedang berkembang adalah energi yang berasal dari bahan – bahan organik, hal ini dikarenakan senyawa organik tersebut dapat diperbarui. Keberadaan bahan organik tersebut mudah didapat dan terjamin kontinuitasnya serta ramah lingkungan. Hal ini menjadi faktor utama keberadaan bahan - bahan organik dipertimbangkan sebagai energi masa depan dalam rangka mewujudkan teknologi hijau (Sutanto, dkk. 2015). Menurut Cahyono (2013), Indonesia memiliki ketersediaan bahan organik berupa sisa pertanian dan perkebunan yang berlimpah. Beberapa contohnya adalah potongan kayu, ranting, daun, sekam padi, ampas tebu, tandan kosong sawit, serbuk

kayu, serta tempurung kelapa. Selain itu, limbah organik dari pemukiman dan industri kecil merupakan potensi besar lainnya yang juga melimpah.

Salah satu contoh biomassa yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif adalah tempurung kelapa. Keberadaan biomassa (tempurung kelapa) di Indonesia sangat banyak, mengingat Indonesia merupakan negara kehutanan. Lampung merupakan salah satu daerah penghasil kelapa terbesar di Indonesia. Luas areal pada tahun 2022 mencapai 90.203 ha, dengan total produksi sebesar 82.350 ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2022). Pemanfaatan buah kelapa umumnya hanya daging buahnya saja, sedangkan hasil sampingan berupa tempurung kelapa baru sebatas dibakar untuk dijadikan arang. Bobot tempurung kelapa sekitar 15-19 % dari berat keseluruhan buah kelapa. Dengan demikian secara rata-rata terdapat sekitar 12 ribu ton tempurung kelapa yang dihasilkan. Padahal tempurung kelapa merupakan biomassa yang belum dimanfaatkan sepenuhnya dan memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 3900 – 4500 Kcal/Kg. Biomassa adalah sumber energi terbarukan yang berbasis pada siklus karbon. Kandungan Karbon (C) yang ada pada tempurung kelapa sebesar 47,89 %. Biomassa dapat dikonversi menjadi sumber energi lain melalui proses-proses tertentu, yaitu pembakaran (combustion), pirolisis dan gasifikasi. Oleh sebab itu limbah tempurung kelapa cocok digunakan sebagai bahan bakar biomassa untuk energi alternatif.

Biomassa adalah energi alternatif ramah lingkungan karena tidak mengandung belerang, karbon netral, dan jumlahnya banyak (Natthaya, et al, 2015). Biomassa yang mengacu pada semua bahan yang diproduksi secara biologis dan benda hidup di bumi yang energinya berasal dari sumber tanaman, seperti kayu dari hutan, limbah dari limbah pertanian, kehutanan dan industri, manusia atau hewan. Selain itu, biomassa adalah sumber karbon terbarukan yang dapat dikonversi menjadi bahan bakar padat, cair atau gas (Akhilesh dan Ravindra, 2014). Fischer dan Schrattenholzer (2001) memperkirakan potensi biomassa global menjadi 91 hingga 675 EJ/tahun untuk tahun 1990 hingga 2060. Biomassa termasuk residu tanaman dan kehutanan, tanaman energi, dan limbah hewan dan kota. Total potensi energi dunia dari biomassa secara berkelanjutan menjadi 104 EJ / tahun, di mana biomassa kayu, tanaman energi dan jerami masing-masing mencapai 40,1%, 36% dan 16,6% (Perlack, 2005). Hanya sekitar 40% dari energi biomassa potensial yang saat ini digunakan. Saat ini, total permintaan energi global adalah sekitar 470 EJ/tahun.

Potensi biomassa juga bisa dilihat dari nilai panas yang dihasilkan. Nilai kalor yang dapat dihasilkan dari biomassa dapat digunakan sebagai klasifikasi standar dalam menentukan jenis bahan baku yang diberi prioritas dalam pemanfaatan. Gas hasil proses gasifikasi disebut gas bakar. Selama proses gasifikasi diperlukan ruang bakar tertutup untuk memberikan konsentrasi proses pembakaran yang baik sehingga suhu oksidasi >1000 0C tercapai. Suhu tersebut digunakan untuk mengubah material karbon menjadi gas mampu bakar. Ruang bakar tersebut dinamakan reaktor atau gasifier. Gasifier yang digunakan pada penelitian ini yaitu tipe downdraft gasifier. Untuk jenis gasifier downdraft kelebihanannya adalah gas output lebih ramah lingkungan karena menghasilkan gas output dengan kandungan tar dan abu yang lebih rendah jika dibandingkan dengan jenis gasifikasi yang lainnya. karena hampir 99% tar yang terbentuk mampu dibakar atau dikonsumsi di dalam proses gasifikasi downdraft.

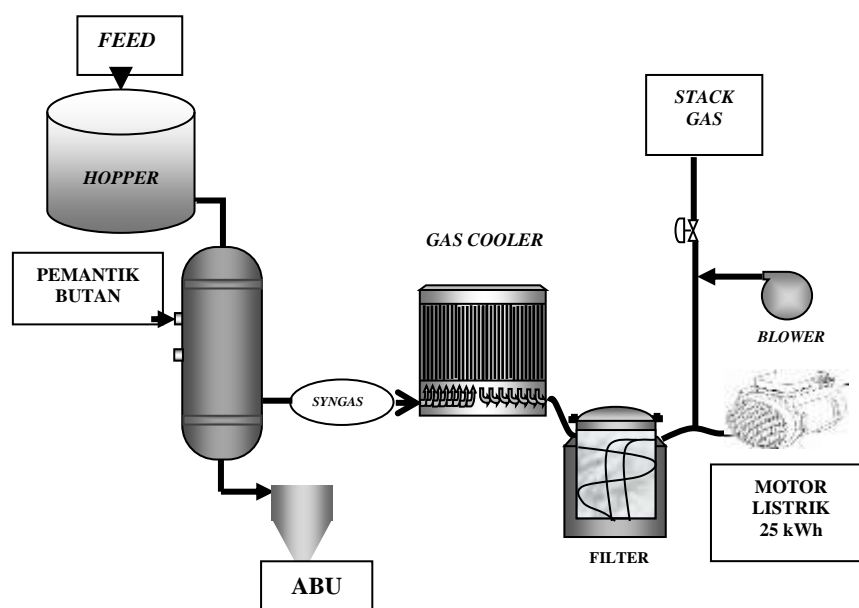
Gasifikasi adalah proses konversi bahan bakar padat menjadi gas mampu bakar ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2$ ) melalui proses pembakaran menggunakan udara yang terbatas yaitu antara 20% hingga 40% udara (Rinovianto, 2012). Gas-gas yang dihasilkan selanjutnya dapat digunakan secara langsung untuk proses pembakaran (Purwantana, 2007). Teknologi gasifikasi ini merupakan salah satu metode pemanfaatan konversi energi biomassa. Gas hasil proses gasifikasi disebut gas bakar. Sehingga, pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan sistem pemrosesan dengan pokok bahasan yang akan diidentifikasi yaitu menentukan kondisi operasi yang optimal pada proses gasifikasi biomassa yang dapat dimanfaatkan pada motor bakar empat tak dengan menganalisa pengaruh rasio udara bahan

bakar terhadap stabilitas nyala api dan engine, dan komposisi gas bakar (syngas). Sebagai objek penelitian digunakan tempurung kelapa.

Tempurung kelapa merupakan bagian dari buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah dan terletak di bagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 2-6 mm. Pemanfaatan buah kelapa selama ini baru sebatas daging buahnya untuk dijadikan santan, kopra dan minyak. Untuk tempurung kelapa hanya sebatas dibakar untuk menghasilkan arang aktif sehingga perlu dilakukan pemanfaatan agar tidak mencemari lingkungan serta diharapkan dapat menjadi sumber energi alternatif bagi masyarakat maupun industri. Proses gasifikasi terdiri dari empat tahapan proses atas dasar perbedaan rentang kondisi temperatur, yaitu pengeringan ( $T > 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), pirolisis ( $150 < T < 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), oksidasi ( $700 < T < 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), dan reduksi ( $800 < T < 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (lihat Gambar 1). Proses pengeringan, pirolisis, dan reduksi bersifat menyerap panas (endotermik), sedangkan proses oksidasi bersifat melepas panas (eksotermik). Panas yang dihasilkan dalam proses oksidasi digunakan dalam proses pengeringan, pirolisis dan reduksi. Bahan kering hasil dari proses pengeringan mengalami proses pirolisis, yaitu pemisahan volatile matters (uap air, cairan organik, dan gas yang tidak terkondensasi) dari arang. Hasil pirolisis berupa arang mengalami proses pembakaran dan proses reduksi yang menghasilkan gas produser yaitu,  $\text{H}_2$  dan  $\text{CO}$  (Pranolo, 2010). Urgensi pada penelitian ini adalah memberikan referensi lebih lanjut bagi peneliti untuk dimanfaatkan sebagai pengembangan teknologi konversi energi mengenai gasifikasi biomassa. Dengan didapatkannya produk berupa gas bakar diharapkan dapat menunjang kehidupan masyarakat sebagai energi alternatif dengan teknologi gasifikasi biomassa.

## METODOLOGI PENELITIAN

Percobaan dilakukan preparasi bahan baku tempurung kelapa, dan komposisi gas hasil dianalisa di salah satu Perusahaan Pupuk di Palembang SumSel, pengukuran komposisi gas dilakukan beberapa kali dalam satu tempuhan percobaan. Pada percobaan ini pemasukan udara primer dan skunder dilakukan dengan daya hisap blower. Percobaan diawali dengan pengisian biomasa kedalam tangki penampung sebanyak 50 kg, dengan variasi temperatur sebesar  $350^{\circ}\text{C}$  dan  $500^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya dijalankan srew untuk mengatur laju konsumsi biomassa kedalam gasifier.

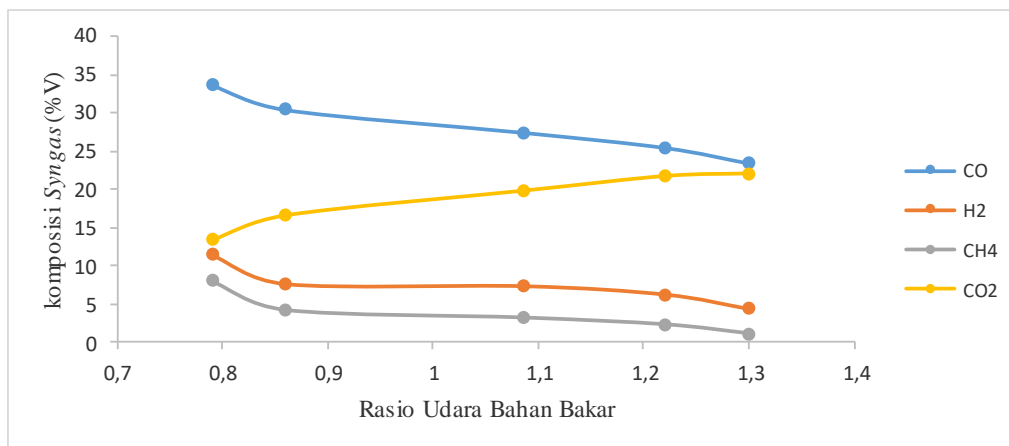


**Gambar 1.** Diagram Alir Proses *Downdraft Gasifier*

Penyalan gasifier menggunakan gas butan sebagai penyulut awal. Setelah reaktor menyala pintu udara primer ditutup sambil menghidupkan blower. Tunggu hingga temperatur reaktor mencapai 700°C. Tutup pintu stack gas, hidupkan motor gas. Amati komposisi gas dengan gas analyzer dan tentukan nilai kalor. Percobaan di ulang untuk rasio udara bahan bakar yang berbeda.

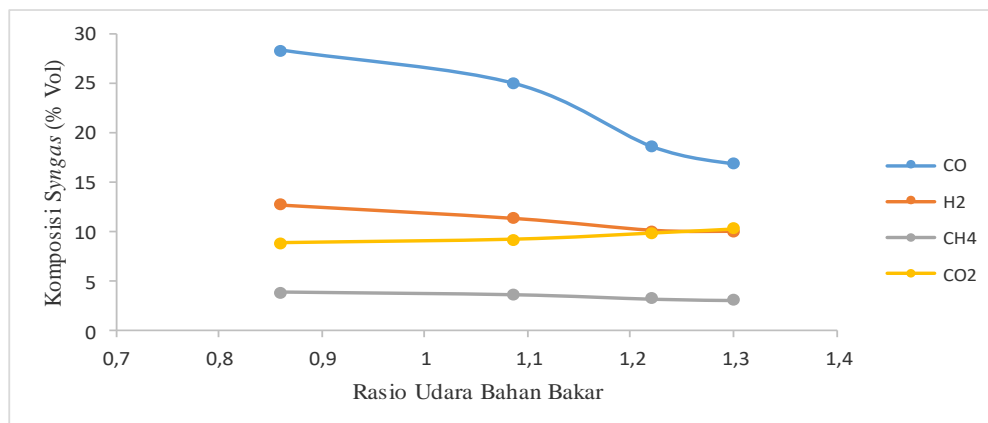
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian mengenai pengaruh rasio udara-bahan bakar terhadap komposisi syngas menunjukkan variasi yang signifikan dalam komposisi gas yang dihasilkan. Gas mudah terbakar (combustible gas) cenderung mengalami penurunan dengan meningkatnya rasio udara-bahan bakar (Air Fuel Ratio). Hal ini dikarenakan peningkatan laju alir massa udara yang masuk melalui pengaturan pada blower yang akan meningkatkan rasio udara-bahan bakar (Air Fuel Ratio), akan tetapi kenaikan laju alir udara yang besar tidak sebanding dengan laju alir biomassa yang lebih kecil menyebabkan udara yang masuk kedalam reaktor gasifikasi ini berlebih, maka akan terbentuk banyak uncombustible gas O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> dan combustible gas berkurang (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>).



**Gambar 2.** Grafik Rasio Udara Bahan Bakar Terhadap Komposisi Syngas

Pada komposisi syngas terdapat combustible gas (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>), O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dimana pada setiap % volume komponen syngas terpengaruh oleh beberapa faktor yaitu Air Fuel Rasio (AFR) dan temperature pembakaran. Berikut merupakan grafik pengaruh Air Fuel Rasio (AFR) Vs Komposisi Syngas pada temperatur 350°C dan 500°C. Pada temperatur 350° dan 500°C dapat dilihat bahwa semakin besar nilai AFR semakin kecil komposisi Combustible gas (CO, H<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>) sedangkan komposisi nilai CO<sub>2</sub> semakin tinggi hal ini dikarenakan semakin banyak supply udara pada proses pembakaran maka akan terjadi pembakaran yang sempurna dengan nilai CO<sub>2</sub> semakin meningkat.



**Gambar 3.** Grafik Rasio Udara Bahan Bakar Terhadap Komposisi Syngas (Temperatur 350 °C)

Pada temperatur 350° dan 500°C dapat dilihat bahwa semakin besar nilai AFR semakin kecil komposisi *Combustible* gas (CO, H<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub>) sedangkan komposisi nilai CO<sub>2</sub> semakin tinggi hal ini dikarenakan semakin banyak supply udara pada proses pembakaran maka akan terjadi pembakaran yang sempurna dengan nilai CO<sub>2</sub> semakin meningkat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Gasifikasi Limbah Tempurung Kelapa maka dapat disimpulkan : Kondisi operasi pada Gasifikasi Limbah Tempurung Kelapa sebagai Gas Bakar pada Motor Bakar Empat Tak sebagai berikut : Temperatur yaitu 500°C, Rasio Udara Bahan Bakar (Air Fuel Ratio) 0,79 dengan ukuran bahan baku tempurung kelapa menghasilkan nyala api biru dan engine stabil. Komposisi Combustable Gas pada saat kondisi operasi pada temperatur 500 oC, Rasio Udara Bahan Bakar (Air Fuel Ratio) 0,79 yaitu 33,65% CO, 11,45 % H<sub>2</sub>, 8,067% CH<sub>4</sub>, yang ditandai dengan nyala engine stabil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhilesh, K., and Ravindra, R.2014. Experimental Analysis of a Producer Gas Generated by a Chir Pine Needle (Leaf) in a Downdraft Biomass Gasifier. *Journal of Engineering Research and Applications*.Vol. 4, 122-130
- Arief, T.2015. Panduan Penilaian Potensi Biomassa Sebagai Sumber Energi Alternatif di Indonesia. Penabulu Alliance
- Brown, R. 2017. Renewable Energy Utilization and Efficiency. *Renewable Energy Review*, 8(2), 45-59.
- Cahyono, M.S. 2013. Pengaruh Jenis Bahan pada Proses Pirolisis Sampah Organik menjadi Bio-Oil sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* Volume 5, Nomor 2, Juni 2013 Hal. 67-76.
- Davis, K. 2016. Advantages of Renewable Energy Sources. *Sustainable Energy*, 14(1), 101-115.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2022. Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2019-2021. <https://ditjenbun.pertanian.go.id/template/uploads/2021/04/> [Diakses tanggal 23-07-2022].
- Fischer, G.; Schrattenholzer, L.2001.Global bioenergy potentials through 2050. *Biomass Bioenergy*, 20, 151 – 159.
- Johnson, L. 2018. Biomass Gasification: A Review. *Biomass and Bioenergy*, 22(4), 321-337.
- Lee, H. 2019. Thermochemical Conversion of Biomass. *Chemical Engineering Progress*, 25(6), 233-250.
- Miller, S. 2017. Autothermal Processes in Gasification. *Chemical Engineering Journal*, 29(7), 209-220.
- Natthaya, et all. 2015. Low Temperature Gasification of Coconut Shell with CO<sub>2</sub> and KOH: Effects of Temperature, Chemical Loading, and Introduced Carbonization Step on the Properties of Syngas and Porous Carbon Product.*International Journal of Chemical Engineering* 481615, 16 pages
- Perlack. (2005). "Global Potential of Biomass for Sustainable Energy." *Biomass and Bioenergy*, 28(6), 385-410.
- Pranolo, H. 2010. Potensi Penerapan Teknologi Gasifikasi Tongkol Jagung sebagai Sumber Energi Alternatif di Pedesaan, Prosiding dalam Seminar Nasional Energi Terbarukan Indonesia di Universitas Jendral Sudirman Purwokerto.
- Purwantana, B. 2007. Pengembangan Gasifier untuk Gasifikasi Limbah Padat Pati Aren (Arenaga Pinnata Wurmb). *Jurnal Agritech*, Vol. 27, no.3 September 2007.
- Rinovianto, G. 2012. Karakteristik Gasifikasi Pada Updraft Double Gas Outlet Gasifier Menggunakan Bahan Bakar Kayu Karet. Depok: Universitas Indonesia.
- Smith, J. 2015. Energy Consumption and Future Projections. *Energy Policy Journal*, 12(3), 123-135.

- Sutanto, et all. 2015. Pengaruh Laju Aliran Agent Gas pada Proses Gasifikasi Kotoran Kuda terhadap Karakteristik Syngas yang Dihasilkan. Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTMXIV).
- Wang, T. (2020). Advances in Gasification Technology. Energy Technology, 11(5), 87-102.