

# KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BRIKET LIMBAH PENGOLAHAN KAYU SENGON (*ALBAZIA FALCATARIA*)

---

**Danang Dwi Saputro, Widi Widayat, Harwin Saptoadi, Fauzun**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
Email : dwis\_05@yahoo.com

Abstrak. Saat ini pemanfaatan bahan bakar padat sudah jauh berbeda dan mengalami banyak perubahan, pembakaran adalah metode utama untuk mengubah bahan bakar padat menjadi energi. Dalam penelitian ini 3.5 gram briket dibakar dalam reaktor pembakaran tanpa adanya udara paksa. Termokontroler dipasang pada reaktor sebagai pengatur temperatur. Pengujian dilakukan dengan memanaskan briket pada reaktor sampai temperaturnya mencapai temperatur 823K, karakteristik pembakaran diamati dengan melihat perubahan massa briket saat dibakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembakaran briket serbuk kayu sengon sesuai dengan teori pembakaran bahan bakar padat yang menyatakan bahwa pembakaran bahan bakar padat dibagi menjadi tiga tahapan secara berurutan. yaitu pengeringan, devolatilisasi dan pembakaran arang. Perubahan wujud fisis briket sebelum dan sesudah pembakaran tampak bahwa setelah dilakukan uji pembakaran tetap berbentuk silindris tetapi mengalami penyusutan dimensi baik diameter atau tinggi dan terlihat pori-porinya dan diduga bahwa pembakaran sampel dapat didekati dengan Shrinking Core Model (SCM),

Kata kunci : briket, kayu sengon, karakteristik pembakaran

## PENDAHULUAN

Berdasarkan sejarahnya, sebenarnya manusia telah lama akrab dengan biomassa, baik yang bersumber dari alam maupun turunan biologisnya, hanya saja pemanfaatan biomasa sebagai sumber energi masih sangat sederhana. Pada zaman dahulu, khususnya sebelum manusia mahfum akan keberadaan potensi alam seperti batubara, minyak bumi dan gas didalam perut bumi, manusia purba telah memanfaatkan biomassa untuk kelangsungan hidup mereka. Contohnya, untuk memasak, mereka memanfaatkan kayu bakar sebagai sumber energinya.

Penelitian mengenai pembakaran bahan bakar padat antara lain diteliti oleh Chin dan Siddiqui (2000), meneliti laju pembakaran briket yang terbuat dari sampah pengergajian kayu, sekam padi, kulit kacang tanah, serat kulit kelapa dan serat kulit kelapa sawit. Briket dibuat dengan metode piston-press dengan bahan perekat *starch* dan *molasse*. Briket yang dibuat

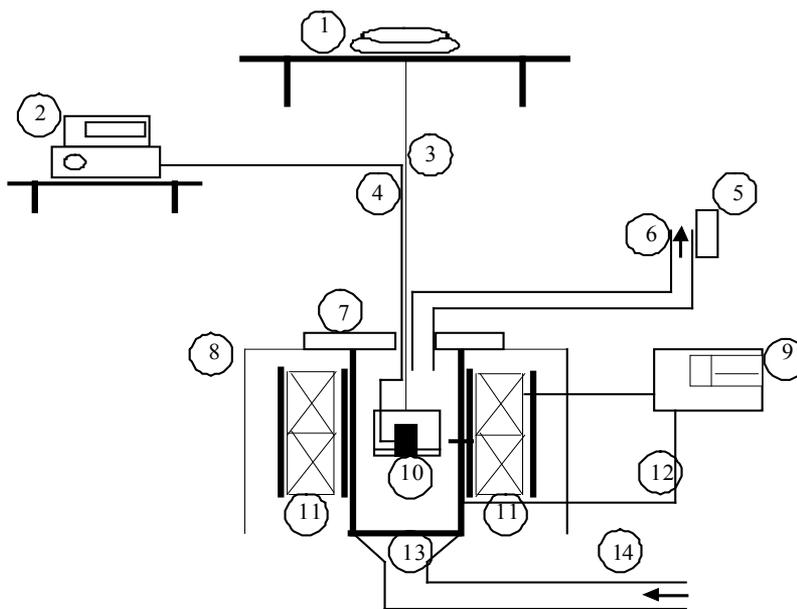
diuji karakteristik pembakarannya. Peneliti menyimpulkan (1) laju pembakaran naik seiring dengan kenaikan *dwell time* dan prosentase perekat. (2) briket dari limbah pengergajian kayu mempunyai sifat paling baik dibandingkan dengan bahan yang lain. Secara umum disimpulkan bahwa briket dari biomassa mempunyai potensi untuk dijadikan bahan bakar, tetapi setiap material mempunyai karakteristik optimum yang berbeda-beda. Sedangkan Rhen dkk(2007) meneliti tentang pengaruh komposisi bahan penyusun pellet biomassa dengan bahan baku kayu terhadap karakteristik pembakaran, menyatakan bahwa pembakaran pellet lebih dipengaruhi oleh komponen penyusun kayu dibandingkan terhadap densitas pellet. Himawanto dkk (2010) dalam penelitiannya tentang analisa thermogravimetri pembakaran *char* bambu mengungkapkan bahwa proses pirolisa mampu menaikkan nilai kalor *char* yang dihasilkan disamping itu akan menurunkan energi aktivasi *char* yang dihasilkan.

## METODE

Langkah awal dalam penelitian ini adalah pengumpulan dan penyiapan bahan baku. Bahan baku yang dikumpulkan adalah serbuk gergaji kayu sengon yang diambil dari limbah industri pengolahan kayu sengon. Sampel kemudian dikeringkan sehingga kadar air maksimal 10% dan dihaluskan dengan mesin penghalus. Pengujian proksimat (meliputi kadar air, kadar abu, zat yang teruapkan dan kadar karbon) sesuai dengan standar ASTM D 1762-84 dan nilai kalor dilakukan setelah bahan baku terkumpul. Pengujian nilai kalor (*heating value*) sesuai dengan standar ASTM 2015. Tahap selanjutnya adalah pembuatan briket dengan cara menimbang bahan baku sebesar 3,5 gram setiap sampel. Sebelum dilakukan pembriketan, cetakan dipanaskan terlebih dahulu sesuai dengan variasi temperatur yang akan dilakukan. Pengaturan temperatur dilakukan dengan termokontroler (Omron, type E5CZ) sehingga temperatur cetakan sesuai dengan variasinya (373K, 393K dan 413K), setelah temperatur tercapai bahan baku dimasukkan ke dalam cetakan briket. Temperatur bahan baku diseting pada temperatur 353K<sup>0</sup>C untuk temperatur cetakan 373K, 263K untuk temperatur cetakan 393K dan 373K untuk temperatur cetakan 413K. Tahap selanjutnya adalah pembriketan, pembriketan dilakukan dengan cara pengepresan pada tekanan 200 kg/cm<sup>2</sup>, 300 kg/cm<sup>2</sup> dan 400 kg/cm<sup>2</sup> untuk setiap variasi temperatur dengan waktu penahan 1 menit dan dibuat tanpa perekat.

Tahap akhir adalah melakukan pembakaran dengan alat reaktor *pyrolyzer* dengan mengadaptasi dari penelitian Himawanto dkk (2010), terdiri atas tungku pemanas yang dilengkapi dengan termokontroler dengan pembacaan suhu sampai dengan 1500K dan reaktor untuk pembakaran berdiameter 1 inchi dengan tinggi 60 cm. Raektor pemanas dikelilingi kawat nikelin dengan diameter 12 mm sepanjang 12 meter dan dilapisi keramik sebagai isolasi yang dipasang melingkari reaktor pemanas dari bawah sampai dengan tengah reaktor. Reaktor dipasangi termokopel yang terhubung dengan termokontroler yang berfungsi untuk mengatur

temperatur reaktor. Dalam penelitian ini 3.5 gram briket dibakar pada reaktor pembakaran tanpa adanya udara paksa. Termokontroler dipasang pada reaktor sebagai pengatur temperatur. Pengujian dilakukan dengan memanaskan briket pada reaktor sampai temperaturnya mencapai temperature 573K, karakteristik pembakaran diamati dengan melihat perubahan massa briket saat dibakar. Perubahan temperatur dibaca dengan Modul ADAM-4018+BE, perubahan data analog ke digital menggunakan ADC ADAM-4561-CE (USB to RS-232/422/485 Converter). Temperatur pembakaran terbaca setiap 10 detik.



**Gambar 1. Skematik peralatan uji pembakaran (Himawanto et. al., 2010)**

Keterangan gambar :

1. timbangan digital
2. thermocouple reader
3. kawat penghubung
4. thermocouple
5. gas analyzer
6. saluran gas
7. tutup furnace
8. furnace
9. thermocontroller
10. sampel briket
11. elemen pemanas
12. thermocouple
13. perata aliran
14. saluran udara

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik pembakaran kayu secara umum dapat dilihat pada gambar 1 Secara teoritis proses pembakaran bahan bakar padat dibagi menjadi tiga tahapan yaitu pengeringan, devolatilisasi dan *char burning*.

### Pengeringan

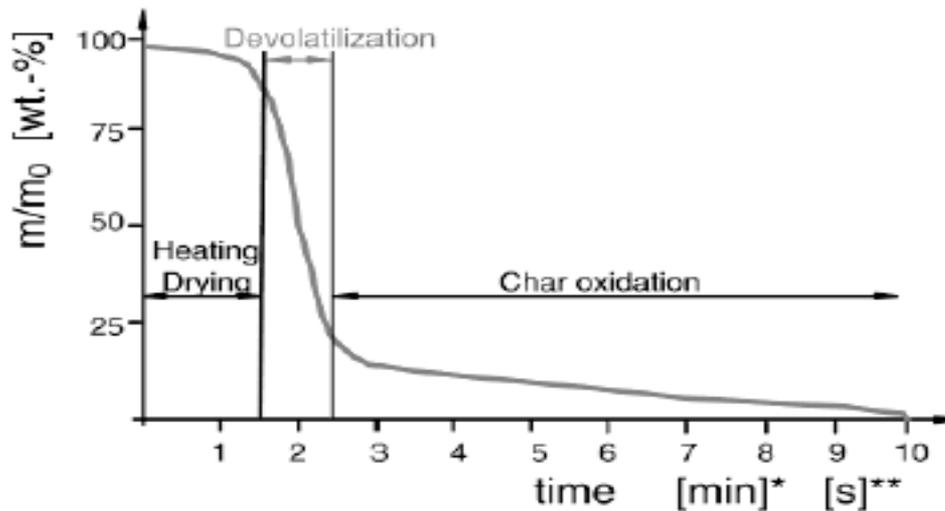
Partikel bahan bakar padat masuk dalam ruang bakar dalam temperatur rendah, partikel bahan bakar mengalami proses pemanasan sehingga bahan bakar mengalami proses kenaikan temperatur yang mengakibatkan menguapnya kandungan air yang berada pada permukaan bahan bakar, sedangkan untuk kadar air yang berada didalam akan menguap melalui pori-pori bahan bakar tersebut. Kandungan air dalam bahan bakar dihindari, karena air merupakan zat yang tidak bisa terbakar. Pada proses ini terjadi penurunan massa yang lambat, dimana laju perubahan energi didalam sistem sama dengan perubahan energi melalui panas dan akibat penguapan air dari dalam partikel.

### Devolatilisasi

Proses pengeringan akan dilanjutkan dengan proses devolatilisasi/pirolisis. Setelah proses pengeringan, bahan bakar mulai mengalami dekomposisi, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan zat terbang (*volatile matter*) akan keluar dari partikel. *Volatile matter* adalah hasil dari proses devolatilisasi. *Volatile matter* terdiri dari gas-gas *combustible* dan *non combustible* serta hidrokarbon. Untuk partikel yang besar hasil devolatilisasi berpindah dari pusat partikel ke permukaan untuk kemudian keluar. Selama perpindahan ini, hasil devolatilisasi bisa retak, mengembun, membentuk polimer dan mungkin membentuk endapan karbon sepanjang lintasannya. Ketika *volatile matter* keluar dari pori-pori bahan bakar padat, oksigen luar tidak dapat menembus ke dalam partikel, sehingga proses devolatilisasi dapat diistilahkan sebagai tahap pirolisis. Proses ini ditandai dengan proses penurunan massa yang cepat.

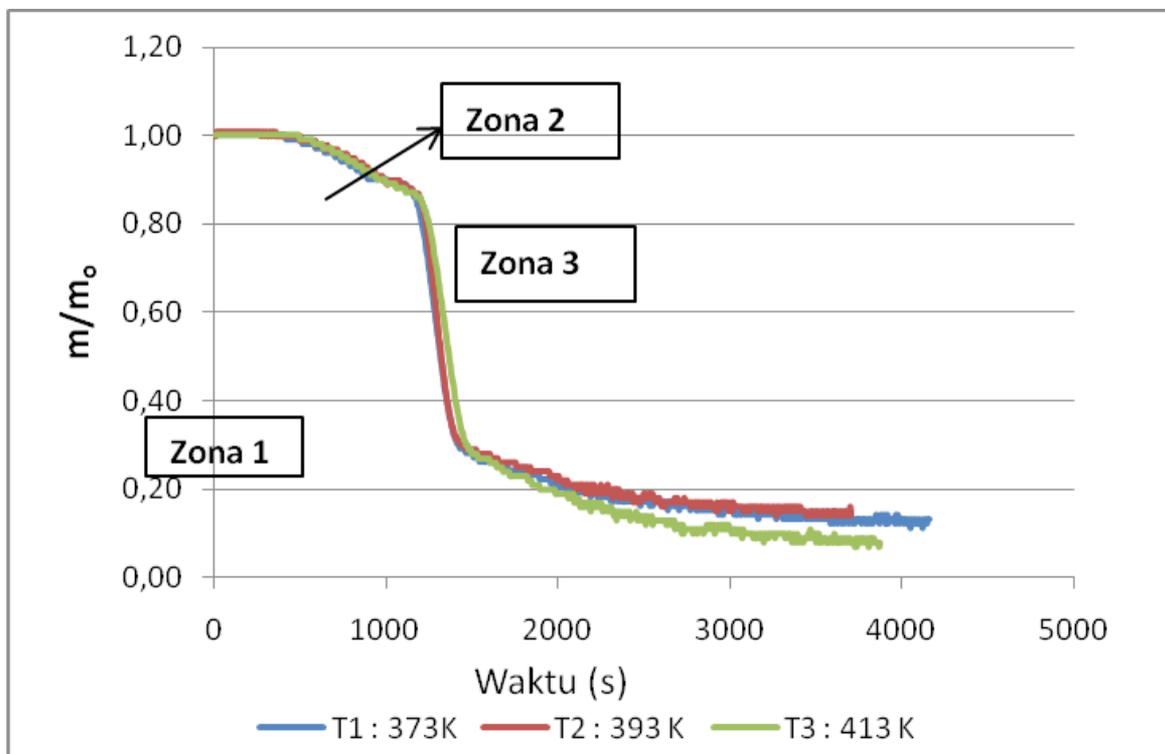
## Char burning

Setelah proses devolatilization selesai maka yang tertinggal adalah arang dan abu. Arang mempunyai porositas tinggi sehingga udara mampu masuk kedalam pori-pori tersebut. Laju pembakaran arang dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen, temperatur udara, *Reynold Number*, ukuran serta porositas arang. Proses ini ditandai dengan penurunan massa melambat.



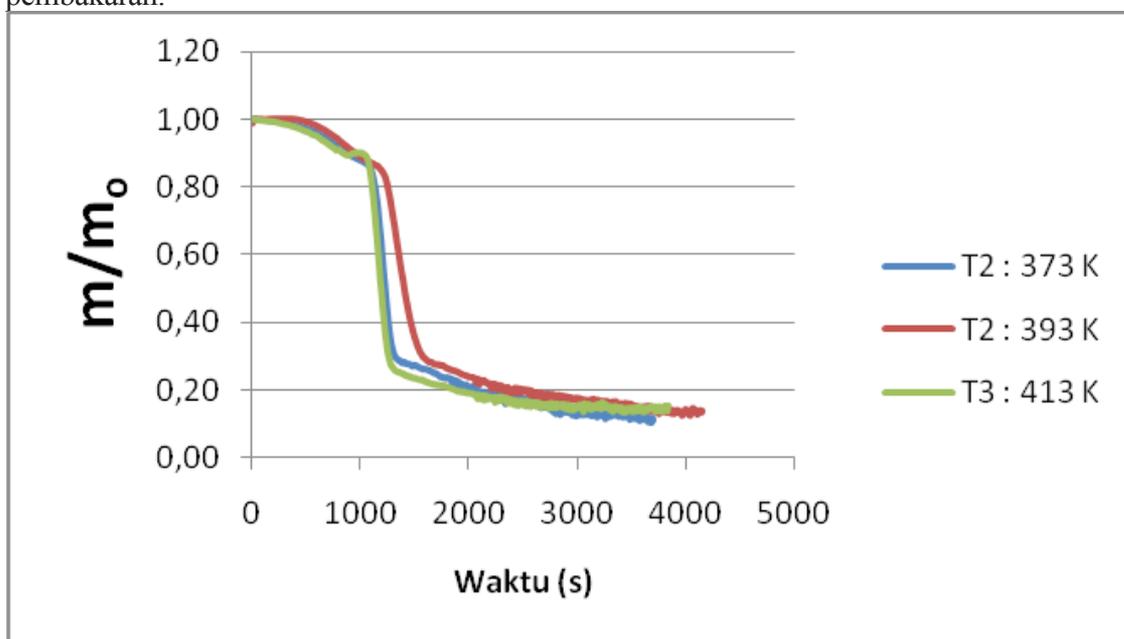
Gambar 2. Tahapan proses pembakaran.

Grafik karakteristik pembakaran briket serbuk kayu sengon dapat dilihat pada gambar 4. Pada gambar tersebut terlihat tahapan proses pembakaran briket serbuk kayu sengon sesuai dengan teori pembakaran bahan bakar padat yang menyatakan bahwa pembakaran bahan bakar padat dibagi menjadi 3 tahapan secara berurutan. Tahap pertama adalah pengeringan yang ditandai penurunan masa secara lambat (Zona 1), tahap kedua adalah devolatilisasi yang ditandai dengan penurunan massa yang cepat dan ditandai dengan hasil akhir pada proses devolatilisasi adalah arang (Zona 2) dan tahap ketiga adalah pembakaran arang yang ditandai dengan penurunan massa yang lambat dan diakhiri dengan perubahan massa yang tetap (zona 3).

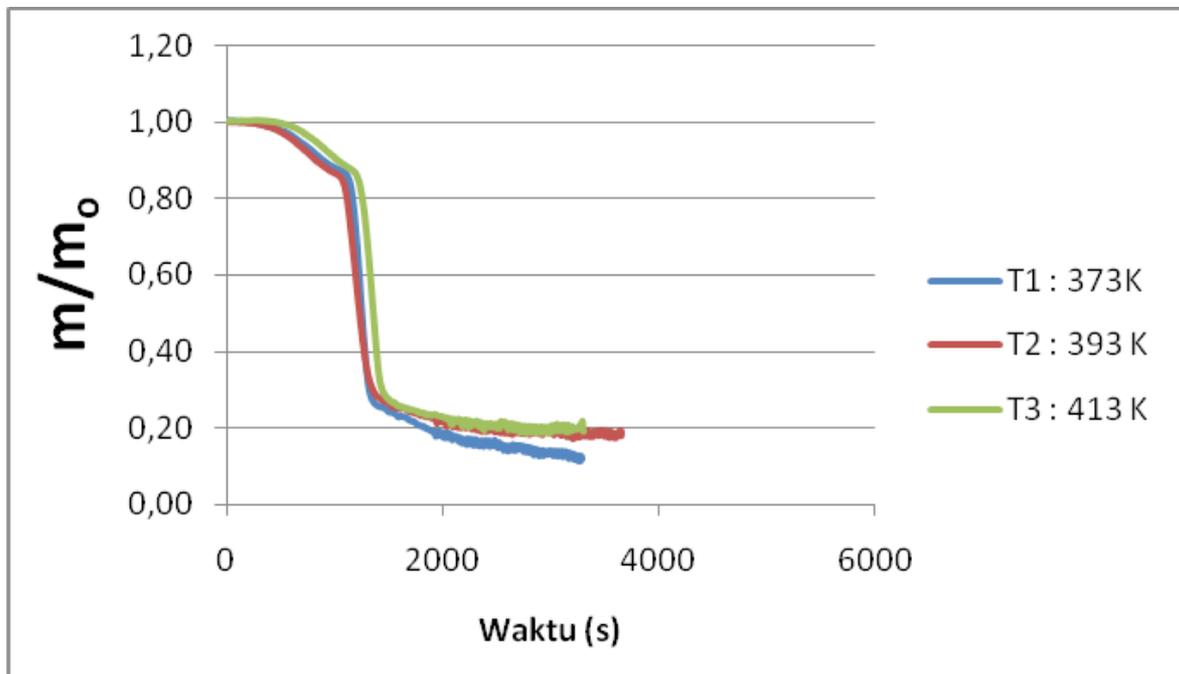


Gambar 3. Pengujian pembakaran pada tekanan 200 Kg/cm<sup>2</sup>

Pada akhir zona 3, tidak terjadi perubahan massa, hal ini diakibatkan pada proses akhir pembakaran menyisakan abu. Abu yang terkandung dalam biomassa mempunyai sifat *non combustible matter* dan mempunyai titik leleh yang rendah, sehingga merugikan pada proses pembakaran.



Gambar 4. Pengujian pembakaran pada tekanan 300 Kg/cm<sup>2</sup>



**Gambar 5. Pengujian pembakaran pada tekanan 400 Kg/cm<sup>2</sup>**

Gambar 2 sampai dengan gambar 5 menyajikan grafik pengaruh tekanan pembriketan terhadap karakteristik pembakaran briket serbuk kayu Sengon dan pengaruh tekanan terhadap karakteristik pembakaran, dalam gambar-gambar tersebut tampak bahwa pada pembakaran briket zona pengeringan dan devolatilisasi berjalan lebih cepat dibandingkan zona pembakaran arang (*char burning*). Pada proses pembakaran arang tampak bahwa grafik perubahan massa berfluktuasi seiring dengan bertambahnya waktu, hal ini diduga akibat adanya abu dipermukaan sampel sehingga menyulitkan proses difusi oksigen masuk ke dalam sampel dan gas hasil pembakaran keluar dari sampel yang menyebabkan sulitnya proses pembakaran.

Pengaruh tekanan pembriketan terhadap karakteristik pembakaran pada pengujian ini nampak bahwa selisih waktu pada zona pengeringan dan devolatilisasi hampir bersamaan, hal ini diakibatkan oleh kandungan organik yang terdapat dalam briket sama, sehingga kandungan air dan bahan organik yang teruapkan mempunyai massa yang sama. Pada proses pembakaran arang (*char burning*) tampak bahwa waktu pembakaran berbeda pada setiap variasi temperature pembriketan. Hal ini diduga kemampuan difusi oksigen ke permukaan sampel berbeda pada setiap variasi sehingga perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pembakaran.

Perubahan wujud fisis briket sebelum dan sesudah pembakaran tampak bahwa setelah dilakukan uji pembakaran tetap berbentuk silindris tetapi mengalami penyusutan dimensi baik diameter atau tinggi dan terlihat pori-porinya. Berdasarkan hasil pengamatan visual diduga bahwa pembakaran sampel dapat didekati dengan *Shrinking Core Model (SCM)*, dimana dalam pemodelan ini reaksi terjadi dari bagian luar permukaan partikel dan zona reaksi bergerak secara

radial menuju inti partikel setelah mengubah partikel yang bereaksi menjadi abu. Model SCM merupakan model yang realistis untuk digunakan dalam pemodelan pembakaran bahan bakar padat. Model ini diungkapkan oleh Yagi dan Kunii (Levenspiel, 1999), mereka mengungkapkan bahwa mekanisme reaksi gas-padat menjadi lima tahapan :

1. Difusi reaktan gas dari lingkungan ke permukaan partikel
2. Penetrasi dan difusi reaktan melalui selimut abu ke permukaan yang belum bereaksi
3. Reaksi reaktan dengan partikel yang belum bereaksi
4. Difusi produk gas melewati/melalui abu kembali ke permukaan luar padatan
5. Difusi produk gas ke lingkungan

Jenis pemodelan SCM merupakan pemodelan yang tepat dalam hasil penelitian ini, melihat bentuk fisik briket setelah dibakar menunjukkan bahwa proses difusi oksigen ke dalam reaktan yang belum bereaksi dipengaruhi oleh lapisan abu yang terbentuk dipermukaan sampel. Laju reaksi komponen A dinyatakan oleh laju difusi pada permukaan reaksi dengan persamaan

$$-\frac{dN_A}{dt} = 4\pi r^2 Q_A = 4\pi r R^2 Q_{As} = 4\pi r_c^2 Q_c$$

Fluks A di dalam lapisan abu dinyatakan dalam hukum Fick's

$$Q_A = D_e \frac{dC_A}{dr}$$

Dimana  $D_e$  adalah koefisien difusi efektif reaktan gas pada lapisan abu.

$$-\frac{dN_A}{dt} = 4\pi r^2 Q_A$$

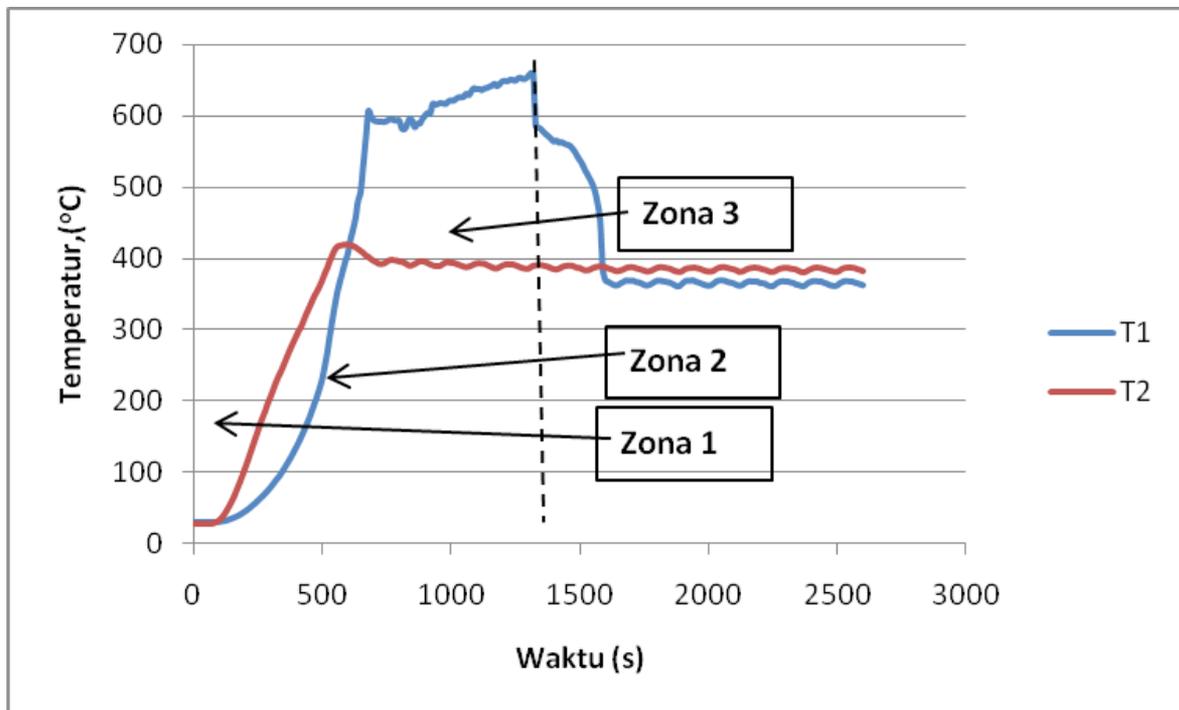
$$-\frac{dN_A}{dt} = 4\pi r^2 D_e \frac{dC_A}{dr}$$

$$-\frac{dN_A}{dt} \frac{dr}{r^2} = 4\pi D_e dC_A$$

$$-\frac{dN_A}{dt} \int_R^{r_c} \frac{dr}{r^2} = 4\pi D_e \int_{C_{A,g}}^{C_{A,c}} dC_A$$

$$-\frac{dN_A}{dt} [r^{-1}]_R^{r_c} = 4\pi D_e [C_A]_{C_{A,g}}^{C_{A,c}}$$

Persamaan di atas menggambarkan kondisi reaksi partikel pada setiap waktu, dimana  $N_B =$  Molar density (mol/m<sup>3</sup>),  $R =$  Radius partikel (m),  $r_c =$  Radius inti yang belum bereaksi (m),  $C_{a,g} =$  Konsentrasi reaktan gas (mol/m<sup>3</sup>) dan  $D_e =$  koefisien difusi efektif reaktan gas pada lapisan abu (m<sup>2</sup>/s).



Gambar 6. Temperatur pembakaran

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Pengaruh tekanan pembriketan terhadap karakteristik pembakaran pada pengujian ini nampak bahwa selisih waktu pada zona pengeringan dan devolatilisasi hampir bersamaan, hal ini diakibatkan oleh kandungan organik yang terdapat dalam briket sama, proses pembakaran briket serbuk kayu sengon sesuai dengan teori pembakaran bahan bakar padat yang menyatakan bahwa pembakaran bahan bakar padat dibagi menjadi tiga tahapan secara berurutan. yaitu pengeringan, devolatilisasi dan pembakaran arang. Perubahan wujud fisis briket sebelum dan sesudah pembakaran tampak bahwa setelah dilakukan uji pembakaran tetap berbentuk silindris tetapi mengalami penyusutan dimensi baik diameter atau tinggi dan terlihat pori-porinya dan diduga bahwa pembakaran sampel dapat didekati dengan *Shrinking Core Model (SCM)*,

### DAFTAR PUSTAKA

- Borman G.L., Regland K.W., 1998, *Combustion Engineering*, McGraw-Hill.  
 Chengel Y.A., Boles Y.A., *Thermodynamics an Engineering Approach Fifth Edition*, McGraw-Hill

- Cussler E.L., 2007, *Diffusion Mass Transfer in Fluid Systems-Third Edition*, Cambridge University Press
- Himawanto D.A., Indarto, Saptoadi H., Rochmat T.A., Pratama R. S., 2010, Analisis Thermogravimetry Pembakaran Briket Char Bambu, *Jurnal Teknik Mesin-ITS*.
- Levenspiel O., 1999, *Chemical Reaction Engineering Third Edition*, John Willey & Son.
- Miller B., Tillman D. A., 2008, *Combustion Engineering Issues for Solid Fuel System*, Academic Press.
- Nussbaumer T, 2003, *Combustion and Co-combustion of Biomass: Fundamentals, Technologies, and Primary Measures for Emission Reduction*, *Energi & Fuels*, 17, pp. 1510-1521
- Parikh J, Channiwala S.A., Ghosal G.K., 2005, *A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels*, *Fuel*, 84, pp. 487–494.
- Rhen C., Gref R. Sjostrom M., Wasterlud I., 2005, *Effect Raw Material, Moisture Content, Densification Pressure and Temperatur on Some Properties of Norway Spruce Pellets*, *Fuel Processing Technology*, 87, pp. 11-16.
- Turns S.R., 2000, *An Introduction to Combustion*, McGraw-Hill, Second Edition.
- Werther J., Saenger M., Hartgea E.U., Ogada T., Siagi Z., 2000, *Combustion of Agricultural Residues*, *Progress in Energi and Combustion Science*, 26 , pp. 1–27