

# KECEPATAN PEMBAKARAN KAYU PADA TUNGKU SEBAGAI FUNGSI DEBIT OKSIGEN

Sunu Herwi Pranolo, Adrian dan Anton Wijaya  
Jurusan Teknik Kimia FT UNS

**Abstract:** One of the wastes of furniture industry is sawdust. The sawdust is a useful waste as a fuel. Generally burning process needs enough oxygen supply. The oxygen and fuel ratio is one of the key factors in gaining efficient burning process. The objective of this research was to get the proper burning process condition in varied oxygen debit. The measured subject of this research is lubricating oil. The temperature of the heated oil was observed in the certain interval of time and in certain oxygen debit used. Using dimension analysis method, the relationship between the velocity of burnt sawdust mass reduction  $\left(\frac{dm_{\text{sawdust}}}{dt}\right)$  with respect to oxygen debit would be developed. The result of the

experiment was:  $\log \frac{dm_{\text{sawdust}}}{dt} = 0,6846 \cdot \log Q_{O_2} - 1,1886$

**Keywords:** sawdust, burnt sawdust mass reduction, oxygen debit

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan serbuk kayu salah satunya adalah sebagai bahan bakar. Pemanfaatannya memerlukan peralatan dan kondisi operasi yang sesuai untuk mencapai tingkat pembakaran yang diinginkan. Perbandingan antara oksigen dan bahan bakar merupakan salah satu faktor penentu untuk mendapatkan pembakaran yang efisien dan maksimal sesuai dengan tingkat pembakaran yang diinginkan.

Untuk mendukung perancangan alat pembakaran atau menentukan kondisi yang sesuai diperlukan tetapan yang merupakan hasil penelitian skala laboratorium.

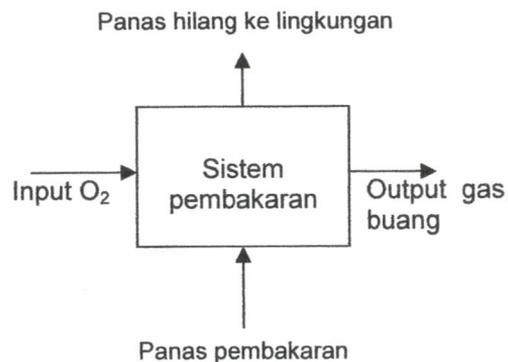
Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan kecepatan pembakaran kayu dengan memvariasikan debit aliran oksigen.

## DASAR TEORI

Pembakaran adalah proses oksidasi bahan bakar menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), air (H<sub>2</sub>O), abu dan energi panas. Bahan bakar yang digunakan dapat berupa zat padat (kayu, batu bara), zat cair (minyak tanah, bensin, solar) dan berupa gas seperti hidrogen, methane dan LPG. Pembakaran baru bisa terjadi jika ada 3 hal berikut, yang lazim disebut dengan segitiga pembakaran, yaitu harus adanya

bahan bakar, panas dan oksigen. Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses pembakaran antara lain rasio O<sub>2</sub> dengan bahan bakar dan kadar air dalam kayu.

Jika ditinjau suatu sistem pembakaran pada tungku untuk memanaskan suatu fluida:



**Gambar 1. Sistem Pembakaran**

$$Q_{\text{input}} - Q_{\text{output}} + Q_{\text{gen}} = \text{Acc}$$

$$Q_{O_2} \cdot \rho_{O_2} \cdot H - Q_{\text{loss}} + \left(\frac{dm_{\text{kayu}}}{dt}\right) \cdot \Delta H_c$$

$$= m_{\text{oli}} \cdot C p_{\text{oli}} \cdot \left(\frac{dT}{dt}\right)$$

Panas yang hilang ke lingkungan ( $Q_{\text{loss}}$ ) berasal dari panas yang keluar dari permukaan panci, permukaan tungku dan panas yang dibawa oleh gas buang. Jika disumsikan panas yang

hilang ke lingkungan adalah n% dari panas masuk dan panas yang dihasilkan, maka persamaan neraca panas tersebut dapat disusun lagi menjadi bentuk berikut:

$$T = \left( \frac{(1 - n/100) \left( Q_{O_2} \cdot \rho_{O_2} \cdot H + \frac{dm_{kayu}}{dt} \cdot \Delta H_c \right)}{m_{oli} \cdot C_{p_{oli}}} \right) t + T_{awal}$$

Dari persamaan ini dapat dilihat bahwa dibutuhkan data T pada berbagai waktu.

Nilai  $\frac{dm_{kayu}}{dt}$  tidak dapat dihitung

langsung dari hubungan T vs. t. Diperlukan lagi persamaan yang

menghubungkan  $\frac{dm_{kayu}}{dt}$  sebagai fungsi

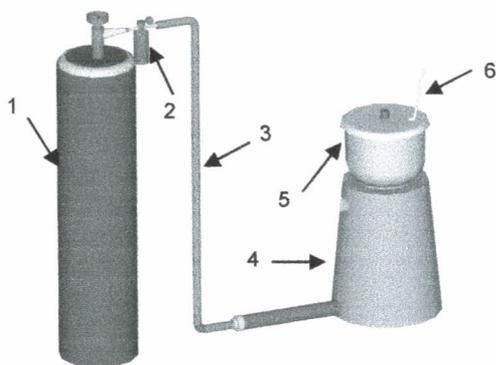
debit O<sub>2</sub>. Persamaan dibuat dengan cara analisa dimensional.

**METODE PENELITIAN**

**Bahan dan Alat**

Bahan-bahan yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu Abasia dengan diameter rata-rata 0,5 mm, oksigen dengan kemurnian 99,7% serta Oli mesin kendaraan bermotor dengan titik didih >600 °F.

Susunan alat dapat dilihat sebagai berikut:



Keterangan Gambar:

- 1. Tabung Oksigen
- 2. Flowmeter
- 3. Selang udara
- 4. Tungku pembakaran
- 5. Panci
- 6. Thermometer

**Gambar 2. Rangkaian Alat**

**Langkah Penelitian**

Setelah semua alat dan bahan disiapkan langkah selanjutnya adalah penentuan kadar air bahan, setelah itu diukur panas pembakaran kayu (dengan pengujian di Laboratorium Kimia MIPA UNS).

Sebelum digunakan sebagai bahan bakar serbuk gergaji ditimbang sebanyak 300 gr dan ditakar oli yang akan dipanaskan sebanyak 400 ml. Kayu dimasukkan ke dalam tungku dan dipadatkan. Oksigen dialirkan dengan debit tertentu kemudian dilakukan penyalaan. Untuk setiap debit oksigen, suhu oli diukur setiap interval waktu tertentu. Pengukuran dihentikan setelah suhu oli mencapai sekitar 250 °C.

Setelah proses pembakaran dihentikan, abu dan kayu yang belum terbakar dipisahkan kemudian kayu yang belum terbakar ditimbang. Selisih antara berat awal dan akhir adalah berat kayu yang terbakar.

Dari percobaan diperoleh data suhu oli pada interval waktu tertentu pada masing-masing variasi debit O<sub>2</sub>. Model matematis neraca panas memberikan nilai suhu oli pada berbagai waktu, jika harga  $\frac{dm_{kayu}}{dt}$  diketahui.

Harga  $\frac{dm_{kayu}}{dt}$  merupakan fungsi debit O<sub>2</sub>

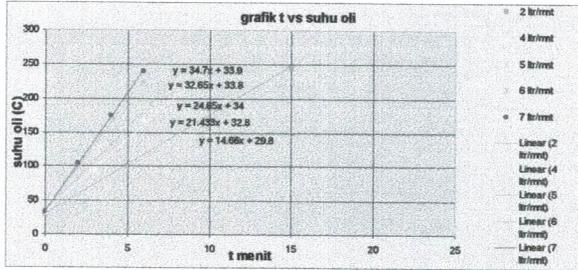
yang dialirkan. Hubungan antara  $\frac{dm_{kayu}}{dt}$  dengan debit O<sub>2</sub> dicari dengan menggunakan analisa dimensional.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Tabel 1. Hasil Pengambilan Data Suhu Oli (°C) Pada Berbagai Debit Oksigen**

t (menit)	Q (L/menit)					
	1	2	4	5	6	7
0	29	29	32	33	32	32
2				85	98	105
3			94			
4				135	172	175
5	52	100				
6			170	176	225	240

8				234		
9			221			
10	79	185				
15	98	245				
20	130					
Kayu terbakar (gr)	29	51,8	46,7	48,8	49,4	52



Gambar 3 Grafik waktu (t) vs Suhu Oli

Persamaan  $T = bt + T_{awal}$  merupakan persamaan umum dari grafik waktu (t) vs suhu oli (gambar 3), sehingga harga b (slope) dapat secara langsung diketahui. Setelah harga b (slope) didapatkan, maka menggunakan persamaan (a),  $\frac{dm_{kayu}}{dt}$  untuk setiap debit oksigen dapat dihitung.

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai b

(slope) dan  $\frac{dm_{kayu}}{dt}$

Debit O <sub>2</sub> (l/mnt)	b	$\frac{dm_{kayu}}{dt}$ (gr/mnt)	$\frac{dm_{kayu}}{dt}$ (kg/s)
2	14,66	3,489	5,8164E-05
4	21,433	5,034	8,3908E-05
5	24,65	5,765	9,6083E-05
6	32,65	7,675	0,00012792
7	34,7	8,117	0,0001353

Tabel 2. Efisiensi Pembakaran Kayu

Debit l/mt	T awal K	T akhir K	Qoli J	Qc J
1	302	403	79902,45	163196,92
2	302	518	170880,50	291503,464
4	305	494	149520,44	262803,316
5	306	507	159013,80	274621,024
6	305	498	152684,89	277997,512
7	305	513	164551,59	292628,96

Tabel 5. hasil perhitungan menggunakan persamaan

$\log \frac{dm_{kayu}}{dt} = 0,6846 \cdot \log Q_{O_2} - 1,1886$

$Q_{O_2}$ (m <sup>3</sup> /s)	$\log Q_{O_2}$	$\frac{dm_{kayu}}{dt}$ (kg/s)
6,66667E-05	-4,47712125	5,5765E-05
8,33333E-05	-4,17609125	8,9629E-05
0,0001	-4	0,00010442
0,000116667	-3,93305321	0,0001183

Diasumsikan panas hilang ke lingkungan ( $q_{loss}$ ) sebesar (100-57)% dari yang masuk ditambahkan panas yang dihasilkan pembakaran kayu per menitnya = 43%

$$T = \left( \frac{0,57 \left( Q_{O_2} \cdot \rho_{O_2} \cdot H + \frac{dm_{kayu}}{dt} \cdot \Delta H_c \right)}{m_{oli} \cdot C_{p_{oli}}} \right) t + T_{awal}$$

Persamaan ini dapat dituliskan sebagai berikut:

$T = bt + T_{awal}$  atau  $y = bx + c$  (persamaan garis lurus), dimana b adalah slope dan  $c = T_{awal}$  merupakan intercept dengan:

$$b = \frac{0,57 \left( Q_{O_2} \cdot \rho_{O_2} \cdot H + \frac{dm_{kayu}}{dt} \cdot \Delta H_c \right)}{m_{oli} \cdot C_{p_{oli}}} \dots (a)$$

Hasil analisa dimensi dengan metode Buckingham dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\frac{(kadar\ air) \left( \frac{dm_{kayu}}{dt} \right)}{Q_{O_2}} = k \left( \frac{(d)^2 (\Delta H_c)^{1/2}}{Q_{O_2}} \right)^a$$

Harga k dan a ditentukan dengan menggunakan metode regresi linier sehingga didapat persamaan sebagai berikut (setelah harga-harga konstanta disubstitusikan):

$$\log \frac{dm_{kayu}}{dt} = 0,6846 \cdot \log Q_{O_2} - 1,1886$$

Kondisi pembakaran yang optimum dapat dilihat pada gambar 3, dimana terlihat bahwa dengan menggunakan debit  $O_2$  sebesar 7 liter/menit dicapai suhu maksimum dengan waktu minimum. Jumlah bahan bakar terbakar diketahui sebesar 52 gram selama 6 menit atau 8,67 gr/menit. Rasio oksigen dengan bahan bakar dapat dihitung sebagai berikut:

$$O_2 = 7 \text{ l/menit} = 7 \frac{\text{l}}{\text{menit}} \cdot 1,3 \frac{\text{gr}}{\text{l}} \\ = 9,16 \text{ gr/menit}$$

Sehingga perbandingan  $O_2$  dengan bahan bakar ( $O_2$  : bahan bakar) = 1,056 : 1.

Dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa persentase error antara hasil regresi dengan data yang diambil relatif kecil (<5%), maka pendekatan persamaan garis lurus untuk data yang ada dapat digunakan.

Analisa dimensional memberikan hasil bahwa semakin besar debit  $O_2$  yang digunakan maka kecepatan pembakaran kayu juga makin besar yang berpengaruh terhadap makin cepatnya kenaikan suhu oli. Kenyataan ini juga terbukti dari hasil eksperimen. Hal ini disebabkan karena kebutuhan oksigen semakin mendekati range kebutuhan yang paling optimum untuk pembakaran. Karena semakin optimum perbandingan antara  $O_2$  dan bahan bakar, kondisi pembakaran juga akan semakin bagus.

Kondisi pembakaran optimum diambil dengan mengacu kepada gambar 3 dimana dengan menggunakan debit  $O_2$  sebesar 7 liter/menit dapat dicapai suhu maksimum dengan waktu minimum. Dari data ini kemudian dapat ditentukan rasio oksigen dengan bahan bakar kayu optimum untuk penelitian ini yaitu sebesar 1,056 : 1.

## KESIMPULAN

Hubungan antara  $\frac{dm_{kayu}}{dt}$  dengan variabel peubah yang mempengaruhi (debit  $O_2$ ) adalah sebagai berikut:

$$\log \frac{dm_{kayu}}{dt} = 0,6846 \cdot \log Q_{O_2} - 1,1886$$

Persamaan berlaku untuk debit  $O_2 = 2$  sampai dengan 7 l/menit dengan ralat rata-rata = 5,99%

## SARAN

1. Untuk penelitian lebih lanjut, dapat digunakan jenis kayu yang berbeda atau dengan ukuran diameter rata-rata kayu yang berbeda dengan menggunakan *range* debit oksigen yang lebih besar.
2. Untuk perhitungan yang lebih akurat perlu diukur suhu dinding luar tungku, suhu panci, suhu gas keluar dan analisa komponen gas buang tiap waktunya, sehingga hasil perhitungan neraca panas bisa lebih akurat.

## DAFTAR LAMBANG

$\rho_{O_2}$	= densitas $O_2$ (gr/l)
$\Delta H_c$	= Panas pembakaran kayu (J/g)
$d$	= Diameter butiran kayu (mm)
$\frac{dm_{kayu}}{dt}$	= laju pengurangan massa kayu yang terbakar (gr/menit)
$n$	= persentase panas yang hilang ke lingkungan
$Q_{O_2}$	= Debit oksigen (l/menit)
$t$	= waktu (menit)
$T$	= Suhu (K)

## DAFTAR PUSTAKA

- Dietrich, F., and Gerd, W., 1995, *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-Reaksi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Hardjono, 1989, *Operasi Teknik Kimia II*, Edisi Pertama, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Perry, R.H. and Green, D.W., 1984, *Perry's Chemical Engineer's Handbook*, 6<sup>th</sup> Edition, McGraw Hill Book Company, Singapore
- Sjostrom, E., 1995, *Kimia Kayu*, Edisi 2, Gajah Mada University Press, Yogyakarta