

## Analisa Perhitungan Nilai Optimum Kalor Dari Pengujian Pengeringan Bahan Bakar Padat

Terang Ukur HSGM<sup>1</sup>, Budhi Santri Kusuma<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Staf Pengajar Teknik Mesin USU Medan

<sup>2</sup>Staf Pengajar Teknik Mesin STT Harapan Medan

E-mail : dayatgingting@yahoo.com<sup>1</sup>, budhisk@yahoo.com<sup>2</sup>

### Abstrak

Alternatif bahan bakar sudah harus ditemukan dari sekarang sebagai alternatif ketaksediaan bahan bakar minyak. Serabut kelapa sawit, cangkang sawit dan sekam padi merupakan alternatif bahan bakar yang diuji. Hasil pengujian pengeringan ini dapat mengetahui perubahan nilai kalor sebagai akibat dari perubahan kadar air sehingga nilai kalor optimum didapat dari bahan bakar tersebut. Reaksi pembakaran yang digunakan adalah reaksi kimia eksotermis. Dengan memperhatikan prinsip pengeringan maka nilai kalor yang didapat terdiri dari nilai kalor atas dan nilai kalor bawah yang dihitung dengan rumus dulong dan petit. Untuk nilai kalor yang paling tinggi cangkang kelapa sawit dengan nilai kalor tinggi (HHV) adalah 30482,65 kJ/kg

**Kata kunci:** pengeringan, eksotermis, dulong, petit

### Pendahuluan

Sekarang ini energi dapat diciptakan atau di hasilkan dengan mudah yaitu dengan memanfaatkan hasil dari limbah-limbah pabrik sebagai bahan bakar pengganti minyak bumi seperti hasil limbah padat pada pabrik kelapa sawit yaitu serabut dan cangkang yang digunakan sebagai bahan bakar ketel dan limbah hasil pertanian yaitu sekam padi dan masih banyak lagi yang dapat dijadikan sebagai bahan alternatif.

Selain batubara yang digunakan dalam pengoprasian ketel uap sebagai sumber energy, limbah padat pabrik minyak sawit juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi, yaitu sampah serabut, cangkang atau TBK, dapat dipakai sebagai bahan bakar ketel uap untuk memenuhi kebutuhan uap panas (steam) dan listrik dan juga limbah padat pada penggilingan padi yang jumlahnya mencapai  $20 \div 23\%$  dari gabah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif untuk warung dan rumah tangga.

Bahan bakar yang umumnya dipakai untuk pabrik kelapa sawit adalah sampah serabut dengan penambahan cangkang sampai 15 %.

Dalam hal ini nilai kandungan air yang terkandung dalam bahan bakar padat terdiri dari kandungan air internal atau Kristal , yaitu air yang terkait secara kimiawi dan kandungan air eksternal atau air

mekanikal, yaitu air yang menempel pada permukaan bahan dan terkait secara fisis atau mekanis.

Air yang terkandung dalam bahan bakar menyebabkan penurunan mutu bahan bakar karena dapat menurunkan nilai kalor dapat menurunkan titik nyala, memperlambat proses pembakaran, dan menambah volume gas buang. Oleh karena itu, keadaan tersebut dapat mengakibatkan pengurangan efisiensi ketel uap ataupun efisiensi motor bakar, penambahan biaya perawatan ketel, menambah biaya transportasi, dan merusak saluran bahan bakar cair (*fuel line*) dan ruang bakar.

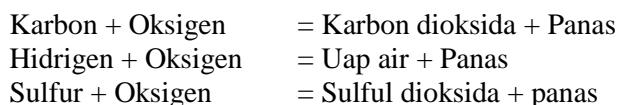
### Studi Pustaka

Reaksi kimia eksotermis yang paling penting dalam produksi energy adalah reaksi pembakaran. Pembakaran adalah reaksi kimia yang cepat antara oksigen dan bahan yang dapat terbakar, disertai timbulnya cahaya dan menghasilkan kalor. Oksigen yang dipakai biasanya dari udara yang terdiri dari 79 % N<sub>2</sub> + 21 % O<sub>2</sub>. Pembakaran dapat dibedakan menjadi 3 tipe pembakaran yaitu :

- a. Pembakaran sempurna (*complete combustion* ) terjadi bila semua unsur C, H dan S yang terkandung dalam bahan bakar breaksi membentuk CO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O dan SO<sub>2</sub>.
- b. Pembakaran persial (*incomplete persial*) terjadi bila proses pembakaran bahan bakar menghasilkan

- intermediate combustion product* seperti CO, H<sub>2</sub> aldehid, disamping CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O.
- c. Pembakaran spontan (*spontaneous combustion*) terjadi jika zat atau bahan mengalami oksidasi perlahan-lahan, kalor yang dihasilkan tidak dilepas, sehingga suhu badan naik secara perlahan juga sampai suhu mencapai titik bakarnya (*ignition point*), maka bahan terbakar dan menyala.

Dalam proses pembakaran ini unsur-unsur yang mempengaruhi adalah Oksigen (O<sub>2</sub>), Hidrogen(H<sub>2</sub>O), dan Sulfur (S) dengan reaksi sebagai berikut :



Karbon merupakan salah satu unsur yang dapat terbakar yang paling penting dan menjadi bagian utama dari setiap senyawa hidrokarbon. Oksidasi karbon agak melambat dan lebih sulit bila dibandingkan dengan unsur hydrogen dan sulfur. Walaupun karbon mempunyai suhu pembakaran yang lebih rendah (407°C).

Hydrogen mempunyai temperatur penyalakan yang tinggi di antara ketiga unsur dapat terbakar tersebut (582°C atau 1080°F), tetapi karena ia berupa gas, kinetika perubahan hidrogen berlangsung sangat cepat. Akibatnya, bila terdapat udara yang cukup, hydrogen akan terbakar sempurna menjadi air.

Sulfur memiliki temperatur penyalakan 243°C atau 470°F, yang merupakan temperatur penyalakan terendah di antara ketiga unsur dapat terbakar tersebut.

Kalor pembakaran adalah kalor yang dihasilkan dari pembakaran sempurna 1 satuan berat bahan bakar padat atau bahan bakar cair atau 1 satuan volume bahan bakar gas kondisi baku (Kondisi baku : tekanan 1 atm, suhu 25°C atau 60 °F atau 0 °C) atau nilai banyaknya panas yang diperoleh (dilepaskan) pada waktu terjadinya oksidasi unsur-unsur kimia yang terdapat dalam bahan bakar pada proses pembakaran 1 (satu) kilogram.

Nilai kalor bahan berbagi atas dua bagian yaitu :

a. Nilai Kalor Atas (*High heating value*)

Kalor yang dihasilkan oleh pembakaran sempurna salah satuan berat bahan bakar padat atau cairan, atau satu satuan volume bahan bakar gas, pada tekanan tetap, suhu 25°C apabila semua air yang bermula-mula berwujud cair setelah pembakaran mengembun menjadi cair kembali.

*Menentukan Nilai Kalor Dengan Rumus Dulong dan Petit*

Perbedaan antara kedua nilai pembakaran ini pada dasarnya sama dengan panas laten penguapan dari uap air yang terdapat dari hasil gas buang ketika bahan bakar dibakar dengan udara kering. Selain berasal dari pembakaran hydrogen, uap air yang terbentuk pada proses pembakaran dapat berasal dari kandungan air yang memang sudah ada dalam bahan bakar (*moisture*). Panas laten pengkondensasi uap air pada tekanan parsial 20 kN/m<sup>2</sup> (tekanan yang umum timbul pada gas buang motor bakar) adalah 2400 kJ/kg. HHV dan LHV merupakan panas laten dari sejumlah uap air yang terjadi dari hasil pembakaran bahan bersangkutan, bila pembakaran memakai udara kering. Perbedaan antara nilai pembakaran tinggi dan rendah dihitung dengan cara pendekatan berdasarkan rumus berikut ini yang dapat dipakai untuk sebarang bahan bakar dalam basis massa.

Nilai HHV dapat ditentukan sebagai berikut :

$$\text{HHV} = 33950 \text{ C} + 144200(\text{H}_2 - \frac{\text{O}_2}{8}) + 9400 \text{ S}$$

kJ/kg

HHV	= Nilai kalor atas
C	= Persentase karbon dalam bahan bakar
H <sub>2</sub>	= Persentase hidrogen dalam bahan bakar
O <sub>2</sub>	= Persentase oksigen dalam bahan bakar
S	= Persentase sulfur dalam bahan bakar

$$\text{Atau : LHV} = 8100 \text{ C} + 29900 (\text{H}_2 - \frac{\text{O}_2}{8}) + 2500 \text{ S} - 600 (\text{M} + 9\text{H}_2)\text{kkal/kg}$$

Dimana :

LHV	: nilai kalor bawah (kJ/kg)
M	: kandungan air dalam bahan bakar (moisture)
H <sub>2</sub>	: fraksi massa hidrogen bahan bakar

Prinsip – Prinsip Pengeringan

Pada umumnya, pengering (*drying*) zat padat berarti pemisahan sejumlah kecil zat atau zat cair lain dari bahan padat, sehingga mengurangi kandungan sisa zat cair di dalam zat padat itu sampai suatu nilai rendah yang dapat diterima. Zat padat yang akan dikeringkan biasanya terdapat dalam berbagai bentuk serpi (*flake*), bijian (*granule*), Kristal (*crystal*), serbuk (*powder*), lempeng (*slab*), ataulembaran senambung (*continuous sheet*) dengan sifat – sifat yang mungkin sangat berbeda satu sama lain.beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam prinsip pengeringan diantaranya adalah laju pengeringan, pola suhu di dalam pengering, perpindahan kalor dalam pengering,

perpindahan massa di dalam pengering, efisiensi pengeringan.

Perpindahan kalor di dalam pengeringan.

Dapat di katakan bahwa energy berpindahan konduksi berbanding dengan gradient suhu normal :

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots$$

Jika dimasukkan konstanta proposionalitas atau tetapan kesebandingan, maka :

$$q = -kA_r \frac{\partial T}{\partial x}$$

## 2.2 Analisa Nilai Kalor Bahan Bakar Sebelum Dikeringkan

Data hasil pengujian nilai kalor bahan bakar serabut kelapa sawit sebelum dimasukkan ke dalam alat pengering adalah sebesar :

HHV :

$$T_1 = 24.89^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 25.30^{\circ}\text{C}$$

$$HHV_{\text{serabut}} = 27205,952 \text{ kJ/kg}$$

$$HHV_{\text{rata-rata}} = HHV_{\text{pengujian}} = 24558,8864 \text{ kJ/kg}$$

Data hasil pengujian nilai kalor bahan bakar cangkang kelapa sawit dimasukkan kedalam alat pengering adalah sebesar :

$$HHV_{\text{cangkang}} = 27205,952 \text{ kJ/kg}$$

$$HHV_{\text{rata-rata}} = HHV_{\text{pengujian}} = 25882,4192 \text{ kJ/kg}$$

Data hasil pengujian nilai kalor bahan bakar sekam padi di masukkan kedalam alat pengering adalah sebesar :

$$HHV_{\text{sekam padi}} = 20588,288 \text{ kJ/kg}$$

$$HHV_{\text{rata-rata}} = HHV_{\text{pengujian}} = 19264,7552 \text{ kJ/kg}$$

Analisa nilai kalor padat serabut kelapa sawit sesudah dikeringkan dengan menggunakan persamaan 2.8 :

$$HHV_{\text{serabut}} = 26470,656 \text{ kJ/kg}$$

$$HHV_{\text{rata-rata}} = 27647,13 \text{ kJ/kg}$$

Analisa nilai kalor pada cangkang kelapa sawit sesudah dikeringkan menggunakan persamaan 2.8 didapat nilai HHV :

$$HHV_{\text{rata-rata}} = 27831,99 \text{ kJ/kg}$$

Analisa nilai kalor pada sekam padi sesudah pengeringan menggunakan persamaan 2.8 didapat nilai HHV :

$$HHV_{\text{sekam padi}} = 288,29 \text{ kJ/kg}$$

$$HHV_{\text{rata-rata}} = 19264,755 \text{ kJ/kg}$$

## Kesimpulan

- Untuk nilai kalor yang paling tinggi cangkang kelapa sawit dengan nilai kalor tinggi (HHV) adalah 30482,65 kJ/kg kemudian diikuti dengan serabut kelapa sawit dan sekam padi dengan masing masing nilai kalor 29558,9 kJ/kg dan 25441,24 kJ/kg.

- Pada cangkang kelapa sawit, peningkatan nilai kalor di mulai dari 27831,99 kJ/kg dengan pengurangan kadar air 7,7 % dengan lama waktu pengeringan 1 menit dengan 30482,654 kJ/kg dengan pengurangan kadar air 9,9% dengan lama waktu 5 menit
- Pada serabut kelapa sawit, peningkatan nilai kalor di mulai dari 27500,07 kJ/kg dengan pengurangan kadar air 28,% dengan waktu 1 menit sampai dengan 29558,9 kJ/kg dengan pengurangan kadar air 10% dengan lama waktu pengeringan 10 menit, ini merupakan nilai kalor tertinggi untuk kelapa sawit.
- Pada sekam padi, peningkatan nilai kalor di mulai dari 2044,229 kJ/kg dengan pengurangan kadar air 4,2% dengan lama waktu pengeringan satu menit sampai dengan 25441,242 kJkg dengan pengurangan kadar air 5% dengan lama waktu pengeringan lima menit.

## Daftar Pustaka

- Achie W. Culp, Jr., *prinsip-prinsip konversi energi* diterjemahkan oleh Darwin Sitompul, Erlangga, Jakarta, 1989
- Devahastin, Sakamo, *Panduan praktis majumdar untuk pengeringan industrial*, diterjemahkan oleh Armansyah H.Tambunan, IPB PERS, Bogor, 2001.
- Earle,R.L., *Satuan Operasin Dalam Pengolahan Pangan*, Diterjemahkan oleh Zein Nasution, Sastra Hudaya,1982.
- Goodger,E.M., *Combustion Calculation : Theory, Worked Example & Problems*. The Macmillan Prees LTD, 1977.
- Keey, R.B., *Introduction to Industrial Draying Operations*, Pergamon Press, 1987.
- L.McCabe,Warren,Julian C.Smith, and Peter Harriot, *Operasi teknik kimia* jilid 2 ed. Keempat diterjemahkanoleh E.Jasjfi, Erlangga,1993.
- Muin, Syamsir A., *Pesawat-pesawat Konversi Energi (Ketel uap)*, RajawaliPers.,Jakarta,1988
- Holman, J.P., *perpindahan kalor* cetakan kedua ed. Keenam, Erlangga, 1991.
- Rangkuti, Chalilullah, *panduan pratikum Bomb Calorimeter*, loboratorium Motor Bakar Tehnik Mesin USU, Medan, 1996.
- <http://www.eprnts.ums.ac.id>
- <http://www.chemeng.ui.ac.id>